

# FORUM HOLZBAU URBAN KÖLN

**11. Europäischer Kongress (EBH 2018)**

**16./17. Oktober 2018**

**Gürzenich Köln (DE)**

Bauen mit Holz im urbanen Raum

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





## Inhalt

### Bauwirtschaft: Heute – Morgen

- Neue Gesetze – neue Rahmenbedingungen** 13  
**Denkanstöße für die deutsche Wohnungspolitik**  
*Wendy Verweij, BPD Immobilienentwicklung, Frankfurt am Main, Deutschland*
- Wie lange treibt der Neubau noch den Holzbau an?** 25  
**Ein Ausblick bis 2021**  
*Martin Langen, B+L Marktdaten, Bonn, Deutschland*

### BLOCK A1

#### Architektur «Geschossbau – modulare Bauweise im städtischen Kontext»

- Modulares Bauen – Technologien und Konstruktionen im industriellen Holzbau** 31  
*Jutta Albus, Technische Universität Dortmund, Juniorprofessur Ressourceneffizientes Bauen, Dortmund, Deutschland*
- Universal Design Quarter, Hamburg – Modulares Bauen mit Holz** 41  
*Jürgen Bartenschlag, Sauerbruch Hutton Architekten, Berlin, Deutschland*
- Üstra-Siedlung, Hannover**  
**Mehrgeschossiger Wohnungsbau in Holzmassivbauweise** 49  
*Kay Marlow, MOSAIK Architekten BDA, Hannover, Deutschland*

### BLOCK A2

#### Potenziale serieller Gebäudekonzepte zur Quartiersnachverdichtung

- GdW Rahmenvereinbarung serielles und modulare Bauen** 57  
*Fabian Viehrig, GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. Berlin, Deutschland*
- Serielles Bauen: Ausgeführte Beispiele und Wettbewerbsbeitrag GdW** 63  
*Karl-Heinz Roth, ZÜBLIN Timber, Aichach, Deutschland*
- "Achtung: Hybrid"** 69  
*Andreas Hirschmüller, Hirschmuellerschmidt Architektur, Darmstadt, Deutschland*

### BLOCK B1

#### Feuchte- & Wärmeschutz

- Sommerlicher Wärmeschutz** 81  
*Norbert Rüther, Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, Braunschweig, Deutschland*
- Der Sockelanschluss im Holzbau: Anforderungen – Herausforderungen – Ausführungen** 93  
*Anton Kraler, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, AB Holzbau, Universität Innsbruck, Austria*
- Feuchteschutz im Holzbau – Alte Erkenntnisse und aktuelle Regelwerke** 101  
*Daniel Kehl, Büro für Holzbau und Bauphysik, Leipzig, Deutschland*

**BLOCK B2****Leistungsfähige Deckensysteme**

**Hohlkasten – Leistungsfähig durch Kombinationen** 111  
*Ralf Harder, LIGNOTREND Produktions, Weilheim, Deutschland*

**Holz-Beton-Verbund Deckensysteme** 117  
**Optimierung für kosteneffiziente Holz-Hybrid-Bauten**  
*André Haßmann, Berlinovo Grundstücksentwicklungs (BGG), Berlin, Deutschland*  
*Carsten Hein, Arup Deutschland, Berlin, Deutschland*

**Wegweisende Impulse für den Holzbau in NRW**

**Bürogebäude «The Cradle» im Düsseldorfer Medienhafen** 129  
*Antonino Vultaggio, HPP Architekten, Düsseldorf, Deutschland*

**BLOCK C1****In Zukunft mit Holz – die Novelle der Landesbauordnung in NRW**

**Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen – Baurechtsmodernisierungsgesetz (Bau-ModG NRW)** 141  
*Dr. Michael Schleich, Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Deutschland*

**Hamburg Holzbaustadt – Auswirkungen der neuen HBauO** 149  
*Henning Klattenhoff, Fachbereichsleiter  
 Holzbauplanung, ASSMANN BERATEN+PLANEN,  
 Hamburg, Deutschland*

**Nachweis der geforderten Feuerwiderstandsdauer sowie der Brand- und Rauchdichtheit in mehrgeschossigen Gebäuden** 159  
*Volker Nees, nees Ingenieure, Münster, Deutschland*

**Der erste Fünfer** 167  
*Dr. Hendrik Seibel, Seibel Architektur . Consult, Düsseldorf, Deutschland*

**BLOCK C2****Baurecht**

**Das neue Anordnungsrecht des Bestellers gemäss § 650b ff. BGB – Unterschiede zu §§ 1, 2 VOB/B** 177  
*Dr. Matthias Orłowski, Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft, Düsseldorf, Deutschland*

**Mängelhaftung bei Baustofflieferungen – Bedenkenanmeldung/Ersatz von Aus- und Einbaukosten** 193  
*Stephan Eichner, Rechtsanwälte Eichner & Kollegen, Köln, Deutschland*

**Intelligente und effiziente Fassaden in Modernisierung und Neubau Chancen und Risiken der fiktiven Abnahme nach neuem gesetzlichen Bauvertragsrecht** 199  
*André Bußmann, Bußmann & Feckler Rechtsanwälte PartmbB, Köln, Deutschland*

## **BLOCK D1**

### **Intelligente und effiziente Fassaden in Modernisierung und Neubau**

**Vorgehängte und hinterlüftete Fassade – der Energiemanager:  
aktiv, passiv, nachhaltig** 215

*Prof. Jörn P. Lass, Technische Hochschule Rosenheim, Rosenheim, Deutschland*

**Durch Fassadensanierung zur Autarkie?** 221

*Karl Viridén, Viridén + Partner, Zürich, Schweiz*

**Energetische Fassadensanierung mit Passivhauskomponenten im  
laufenden Schulbetrieb. Eine logistische und technische Herausforderung.  
Gesamtschule Niederwalgern, Hessen** 227

*Dominik Wowra, Rubner Holzbau, Augsburg, Deutschland*

**Grösser, schneller, besser?**

**Über 8 Stockwerke im industriellen Holzbau sind Tagesgeschäft –  
wie geht es weiter?** 237

*Martin Joos, Renggli International, Winterthur, Schweiz*

## **BLOCK D2**

### **Konzepte und Konstruktionen für den Mehrgeschossigen Holzbau**

**Skelett-/Rahmen- und Brettsperrholzbauweise im direkten Vergleich** 251

*Alexander Holl, Pirmin Jung Deutschland, Sinzig, Deutschland*

**Hybridkonzepte für den mehrgeschossigen Büro- und Verwaltungsbau** 265

*Konrad Merz, merz kley partner, Dornbirn, Österreich*

### **Holzarchitektur im urbanen Raum – BENELUX**

**Strategie zum nachhaltigen Bauen – eine holistische Herangehensweise  
am Beispiel des Wohnbauprojektes KIEM2050 Kirchberg, Luxemburg** 275

*Pit Kuffer, witry & witry architecture urbanisme, Echternach, Luxemburg*

**Ki-etude Building – Folded Wood** 285

*Perrine Ernest, Specimen Architects, Namur, Belgium*



## Moderatoren

### **Bartlomé Olin**

LIGNUM – Holzwirtschaft Schweiz  
Mühlebachstrasse 8  
CH - 8008 Zürich

Tel.: +41 41 267 47 84  
E-Mail: olin.bartlome@lignum.ch

### **Prof. Birk Stephan**

Birk Heilmeyer und Frenzel  
Gesellschaft von Architekten mbH  
Adlerstrasse 31  
DE - 70199 Stuttgart

Tel.: +49 711 6648220  
E-Mail: S.Birk@bhundf.com

### **Prof. Germerott Uwe**

Berner Fachhochschule AHB  
Solithurnstrasse 102  
CH - 2504 Biel

Tel.: +41 32 344 03 50  
E-Mail: uwe.germerott@bfh.ch

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

Fachhochschule Aachen  
Bayernallee 9  
DE - 52066 Aachen

Tel.: +49 241 600951147  
E-Mail: moorkamp@fh-aachen.de

### **Rose Christof**

Architektenkammer Nordrhein-Westfalen  
Zollhof 1  
DE - 40221 Düsseldorf

Tel.: +49 211 496734  
E-Mail: rose@aknw.de

### **Prof. Schiermeyer Volker**

Fachhochschule Bielefeld  
Artilleriestrasse 9  
DE - 32427 Minden

Tel.: +49 5731 9827070  
E-Mail: volker.schiermeyer@fh-bielefeld.de

### **Prof. Dr. Becker Jörg**

Fachhochschule Dortmund  
Emil-Figge-Strasse 40  
DE - 44227 Dortmund

Tel.: +49 231 7554426  
E-Mail: joerg.becker@fh-dortmund.de

### **Frühwald-König Katja**

Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Liebigstrasse 87  
DE - 32657 Lemgo

Tel.: +49 5261 7025827  
E-Mail: katja.fruehwald@hs-owl.de

### **Heemann Christoph**

Ingenieurkammer-Bau NRW  
Zollhof 2  
DE - 40221 Düsseldorf

Tel.: +49 211 13067117  
E-Mail: heemann@ikbaunrw.de

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

Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Emilienstrasse 45  
DE - 32756 Detmold

Tel.: +49 5231 7696612  
E-Mail: dirk.noosten@hs-owl.de

### **Ruhrort Frederik R.**

VdW Rheinland Westfalen e. V.  
Goltsteinstrasse 29  
DE - 40211 Düsseldorf

Tel.: +49 211 1699814  
E-Mail: f.ruhrort@vdw-rw.de

## Begrüssung

### **Bimberg Ulrich**

Spar- und Bauverein Solingen Eg  
Kölner Strasse 47  
DE - 42651 Solingen

Tel.: +49 212 2066 201  
E-Mail: bimberg@sbv-solingen.de

### **Wiebe Andreas**

Landesbetrieb Wald und  
Holz Nordrhein-Westfalen  
Albrecht-Thaer-Strasse 22  
DE - 48147 Münster

E-Mail: andreas.wiebe@wald-und-holz-nrw.de

## Referenten

### **Prof. Dr. Albus Jutta**

Technische Universität Dortmund  
August-Schmidt-Strasse 8  
DE - 44227 Dortmund

Tel.: +49 231 755 4263  
E-Mail: jutta.albus@tu-dortmund.de

### **Bartenschlag Jürgen**

Sauerbruch Hutton  
Lehrter Strasse 57  
DE - 10557 Berlin

Tel.: +49 30 3978 2128  
E-Mail: jb@sauerbruchhutton.com

### **Bußmann André**

Bußmann & Feckler PartmbB  
Pierstrasse 1  
DE - 50997 Köln

Tel.: +49 2236 929870  
E-Mail: rechtsanwaelte@bussmann-feckler.de

### **Ernest Perrine**

Specimen architects sprl  
Rue Dewez 22  
BE - 5000 Namur

Tel.: +32 476 57 44 89  
E-Mail: perrine@specimenarchitects.com

### **Harder Ralf**

LIGNOTREND Produktions GmbH  
Landstrasse 25  
DE - 79809 Weilheim-Bannholz

Tel.: +49 7755 92000  
E-Mail: r.harder@lignotrend.de

### **Hein Carsten**

Arup Deutschland GmbH  
Joachimstaler Strasse 41  
DE - 10623 Berlin

Tel.: +49 30 8859100  
E-Mail: carsten.hein@arup.com

### **Holl Alexander**

Pirmin Jung Deutschland GmbH  
Entenweiherweg 12  
DE - 53489 Sinzig

Tel.: +49 2642 90518126  
E-Mail: aholl@pirminjung.de

### **Kehl Daniel**

Büro für Holzbau und Bauphysik  
Nixenweg 14  
DE - 04277 Leipzig

Tel.: +49 341 52941138  
E-Mail: kehl@holzbauphysik.de

### **Arns Michael**

MichaelARNSArchitektBDA  
Unterstrasse 24  
DE - 57258 Freudenberg

Tel.: +49 2734 3368  
E-Mail: m.arns@arns-architekten.de

### **Dr. Bottermann Heinrich**

Umweltministerium NRW  
Schwannstrasse 3  
DE - 40476 Düsseldorf

### **Eichner Stephan**

Rechtsanwälte Eichner & Kollegen  
Amsterdamer Strasse 206  
DE - 50735 Köln

Tel.: +49 221 97305200  
E-Mail: eichner@rae-eichner.de

### **Hanf Kathrin**

SeARCH architecture and urban planning  
Hamerstraat 3  
NL - 1021 JT Amsterdam

Tel.: +31 20 788 99 00  
E-Mail: hanf@search.nl

### **Haßmann André**

Berlinovo Grundstücksentwicklungs GmbH  
Hallesches Ufer 74 – 76  
DE - EC2A 4QS Berlin

Tel.: +49 30 25441 4120  
E-Mail: hassmann@berlinovo.de

### **Hirschmüller Andreas**

Hirschmuellerschmidt Architektur GmbH  
Liebigstrasse 50 – 52  
DE - 64293 Darmstadt

Tel.: +49 6151 130210  
E-Mail: hirschmueller@hirschmuellerschmidt.de

### **Joos Martin**

Renggli International AG  
Bürglistrassen 33  
CH - 8400 Winterthur

Tel.: +41 52 224 44 33  
E-Mail: martin.joos@renggli.swiss

### **Klattenhoff Henning**

Assmann Beraten + Planen AG  
Vorsetzen 50  
DE - 20459 Hamburg

Tel.: +49 40 51497133  
E-Mail: h.klattenhoff@assmann.info

**Assoz. Prof. Dr. Kraler Anton**

Universität Innsbruck  
Technikerstrasse 13  
AT - 6020 Innsbruck

Tel.: +43 512 50763206  
E-Mail: anton.kraler@uibk.ac.at

**Langen Martin**

B+L Marktdaten GmbH  
Markt 26  
DE - 53111 Bonn

Tel.: +49 228 6298720  
E-Mail: ml@BL2020.com

**Linegar Matthew**

Stora Enso Division Wood Products  
Kanavaranta 1  
FI - 00160 Helsinki

Tel.: +44 7741 296951  
E-Mail: matthew.Linegar@storaenso.com

**Merz Konrad**

merz kley partner ZT GmbH  
Sägerstrasse 4  
AT - 6850 Dornbirn

Tel.: +43 5572 3603111  
E-Mail: k.merz@mkp-ing.com

**Dr. Orlowski Matthias**

Mütze Korsch Rechtsanwalts-gesellschaft mbH  
Trinkausstrasse 7  
DE - 40213 Düsseldorf

Tel.: +49 211 882929  
E-Mail: orlowski@mkrg.com

**Rüther Norbert**

Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI  
Bienroder Weg 54 E  
DE - 38108 Braunschweig

Tel.: +49 531 2155402  
E-Mail: norbert.ruether@wki.fraunhofer.de

**Schwarz Martin**

I.D.E.E e.V.  
Carl-Aue-Strasse 91 a  
DE - 59939 Olsberg

Tel.: +49 2962 802840  
E-Mail: martin.schwarz@idee-nrw.de

**Verweij Wendy**

BPD Immobilienentwicklung GmbH  
Lyoner Strasse 15  
DE - 60528 Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 5095791071  
E-Mail: w.verweij@bpd-de.de

**Kuffer Pit**

witry & witry S.A.  
32, rue du Pont  
LU - 6471 Echternach

Tel.: +352 72 88 57 1  
E-Mail: pk@witry-witry.lu

**Prof. Lass Jörn P.**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
DE - 83024 Rosenheim

Tel.: +49 8031 8052529  
E-Mail: joern.lass@fh-rosenheim.de

**Prof. Marlow Kay**

MOSAİK Architekten BDA PartG mbB  
Hornemannweg 5  
DE - 30167 Hannover

Tel.: +49 511 2707490  
E-Mail: kay.marlow@mosaik-architekten.de

**Nees Volker**

nees Ingenieure GmbH  
Hafenweg 14  
DE - 48155 Münster

Tel.: +49 251 41458310  
E-Mail: v.nees@nees-ingenieure.de

**Roth Karl-Heinz**

ZÜBLIN Timber Aichach GmbH  
Industriestrasse 2  
DE - 86551 Aichach

Tel.: +49 8251 908131  
E-Mail: karl-heinz.roth@zueblin.de

**Dr. Schleich Michael**

Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Gleichstellung des Landes NRW  
Jürgensplatz 1  
DE - 40219 Düsseldorf

Tel.: +49 211 8618 5725  
E-Mail: michael.schleich@mhkbg.nrw.de

**Dr. Seibel Hendrik**

Seibel Architektur. Consult  
Liesegangstrasse 7  
DE - 40211 Düsseldorf

Tel.: +49 211 83028500  
E-Mail: seibel@architekturconsult.com

**Viehrig Fabian**

GdW Bundesverband deutscher  
Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.  
Klingelhöferstrasse 5  
DE - 10785 Berlin

Tel.: +49 30 82403 173  
E-Mail: viehrig@gdw.de

**Viridén Karl**

Viridén + Partner AG  
Zweierstrasse 35  
CH - 8004 Zürich

Tel.: +41 43 456 80 80  
E-Mail: viriden@viriden-partner.ch

**Prof. Winter Wolfgang**

Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/259.2  
AT - 1040 Wien

Tel.: +43 1 5880125410  
E-Mail: winter@iti.tuwien.ac.at

**Vultaggio Antonio**

HPP Architekten GmbH  
Kaistrasse 5  
DE - 40221 Düsseldorf

Tel.: +49 211 8384240  
E-Mail: antonino.vultaggio@hpp.com

**Wowra Dominik**

Rubner Holzbau GmbH  
Am Mittleren Moos 53  
DE - 86167 Augsburg

Tel.: +49 821 71064100  
E-Mail: dominik.wowra@rubner.com



**Dienstag, 16. Oktober 2018**

**Bauwirtschaft: Heute – Morgen**



# Neue Gesetze – neue Rahmenbedingungen

Denkanstöße für die deutsche Wohnungspolitik

Wendy Verweij  
BPD Immobilienentwicklung GmbH  
Frankfurt am Main, Deutschland





# Neue Gesetze – neue Rahmenbedingungen

## Denkanstöße für die deutsche Wohnungspolitik

### 1. Mehr (bezahlbarer) Wohnraum bitte!

Das ist für die nächsten Jahre die große Aufgabe der deutschen Bauwirtschaft. Über den Bedarf an Wohnungen und dabei besonders bezahlbare Wohnungen hören und lesen wir momentan täglich in den Medien. Dieser Wunsch und auch die Sorge nach der Machbarkeit sind gerechtfertigt. Seit 2011 wird in Deutschland fleißig gebaut und die Baubranche floriert. Die bundesweite Nachfrage nach Wohnraum ist aber nach wie vor noch größer als die vorhandene Produktionskapazität und die Preise für Wohnraum, besonders in den Ballungsgebieten, steigen stets weiter. Die Wohnungsbauwirtschaft ist herausgefordert zu reagieren. Parallel sollten wir uns aber auch die Frage stellen, wie die richtigen Rahmenbedingungen geschaffen werden können, um diese Aufgabe gemeinsam zu lösen.



Abbildung 1: Bezahlbares Wohnen 1947 und 2017. Einst begonnen mit einem innovativen Finanzierungssystem für bezahlbaren Wohnraum ist das Thema bezahlbares Wohnen nichts Neues für BPD. Das Unternehmen wurde in 1946 in den Niederlanden gegründet, als drei Mitarbeiter eines lokalen Bauamtes sich zusammensetzten mit dem Plan, die durch den Krieg entstandene Wohnungsnot mithilfe von Spargeldern von Privatanlegern zu bekämpfen. 27 Gemeinden partizipierten und das Kapital wurde in einer Bausparkasse eingezahlt: Bouwspaar-kas Drentsche Gemeenten. Das erste Einfamilienhaus aus dieser Initiative wurde ein Jahr später gebaut: Typ «Ruinen» (Dorf in den Niederlanden); Baukosten f12.875 Niederländischen Gulden (entspricht einer heutigen Kaufkraft von ca. 61.000 Euro; [www.iisg.nl](http://www.iisg.nl)).



Das Konzept schien zu funktionieren, der Staat gab grünes Licht und weitere Gemeinden legten ihr Geld in den Fonds an. 1957 wurde aus dieser Bausparkasse Bouwfonds Nederlandse Gemeenten. Einfamilienhäuser wurden zu Reihenhäusern, Reihenhäuser wurden zu Wohngebieten. Zuerst nur in den Niederlanden und später auch in Europa.

Heute beschäftigt Bouwfonds Property Development Europe als einer der führenden europäischen Gebietsentwickler im Wohnungsbau sich wiederholt intensiv mit der Frage nach der Bezahlbarkeit des Wohnraumes. Wir lassen uns inspirieren durch unsere eigene Historie und die neu gewonnenen Erfahrungen mit unseren Projekten, hier: Bad Kreuznach, 2017. Besuchen Sie für Einblicke in unsere Projekte und Publikationen gerne: [www.bpdeurope.com](http://www.bpdeurope.com)

In den Niederlanden hat die Finanzkrise 2008 eine Wohnungsmarktkrise ausgelöst, die daraufhin die Neubautätigkeit von Wohnungen fast komplett stillgelegt hat. Die Kaufkraft nahm ab, die Preise für Wohnraum konnten nicht mehr bezahlt werden und die Neubauproduktion stockte. Um den wenigen Initiativen die es noch gab Schwung zu geben und neuen Initiativen den Weg zu erleichtern, entschied die Politik einzugreifen.

Nach zwanzig Jahren Wohlstand und einer Lawine an Vorschriften, Regeln und Gesetzen war es höchste Zeit, die gesetzliche Rahmenbedingen für das Bauen in den Niederlanden kritisch zu überdenken. Zurück zu den Grundbedürfnissen und dem gesunden Menschenverstand. Das Bauen sollte einfacher und schneller gehen. Die angestrebten Ziele der neuen Niederländischen Wohnungspolitik waren:

- Das Senken der Herstellungskosten / Allgemeine Kosten für das Wohnen
- Das Beschleunigen der Entwicklungszeit von Wohnbauvorhaben

So unterschiedlich die Ausgangssituationen in den Niederlanden und in Deutschland auch sind, die Aufgabe für die Bauwirtschaft und die Politik ist heute aber dieselbe: Mehr bezahlbaren Wohnraum schaffen. Mit Beispielen von Strategien aus der niederländischen Wohnungspolitik tragen wir gerne zur aktuellen Debatte in Deutschland mit unserem Beitrag bei.

## 2. Wohnungsmärkte im Vergleich

Neubautätigkeit	Deutschland	Frankreich	Niederlande
Durchschnittliche Jahresproduktion (2000 - 2015)	203.000	378.000	64.000
Pro 1.000 Einwohner	2,5	5,9	3,9

2015	Deutschland	Frankreich	Niederlande
Gesamter Wohnungsbestand	41.200.000	34.900.000	7.600.000
Zahl der Wohnungen pro 1.000 Einwohner	504	519	449
Gliederung nach Wohnungstyp			
Einfamilienhaus	48%	57%	65%
Wohnung	52%	43%	35%
Gliederung nach Eigentumsverhältnis			
Eigentum	45%	58%	56%
Private Vermietung	50%	24%	14%
Sozialwohnung	5%	19%	30%
Einwohner insgesamt	81.800.000	64.300.000	16.900.000

Abbildung 2: Vergleich der Wohnungsmärkte in Deutschland, Frankreich und den Niederlanden.

In einem groben Vergleich der Wohnungsmärkte beider Länder erkennt man den Einfluss unterschiedlicher politischer Weichenstellungen. Wo in der niederländischen Wohnungspolitik mit Förderungen und Steuererleichterungen der Schwerpunkt auf Wohnungseigentum und den sozialen Wohnungsbau gelegt wird, ist in Deutschland nur bei vermieteten Immobilien mit einer Kostenerleichterung durch Steuern zu rechnen. Das hat Einfluss auf die Eigentumsverhältnisse und die vorherrschenden Wohnungstypologien. Der Anteil an Sozialwohnungen ist auf dem deutschen Wohnungsmarkt im Vergleich mit Frankreich und den Niederlanden sehr niedrig.

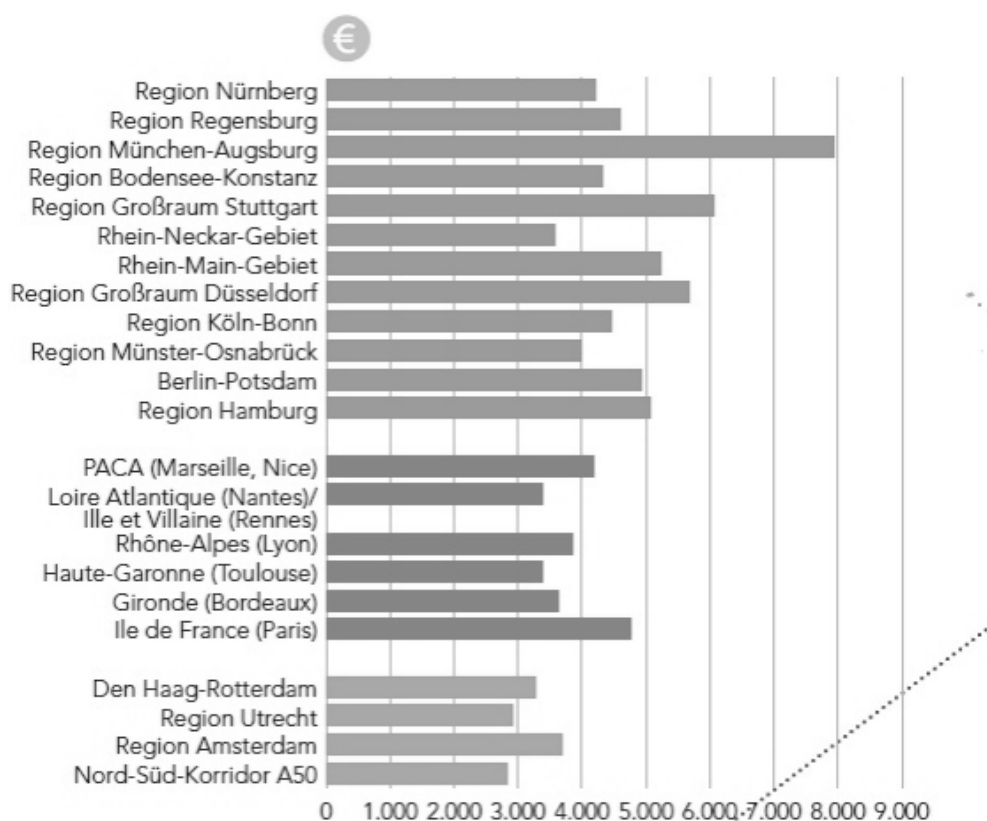


Abbildung 3: Beispiel von durchschnittlichen Verkaufspreisen pro m<sup>2</sup> Wfl. von Neubauwohnungen in europäischen Ballungsgebieten (2016). Quelle: Spotzi, TRIMAG/Immoscout, Notaires (Bien et Perval) - Bearbeitung BPD.

Die Bezahlbarkeit der Wohnung, gemessen als Anteil der Wohnkosten am Haushaltseinkommen, wird in den europäischen Ballungsgebieten immer problematischer. Wobei in Deutschland die Baukosten und Verkaufspreise pro Quadratmeter Wohnfläche durchschnittlich sogar noch etwas über die der Niederlande liegen. Dahingegen sind die durchschnittlichen Quadratmeterpreise für baureife Grundstücke in den Ballungsgebieten (mit Ausnahme des Münchener Raumes) vergleichbar. Ein Mangel an baureifen Grundstücken und die damit verbundene Preissteigerung für Bauland ist in beiden Ländern ein besorgniserregender Trend.

Ein weiterer gemeinsamer Trend ist die wachsende Nachfrage nach Wohnraum in den städtischen Ballungsgebieten. Unter anderem verursacht durch schrumpfende Haushaltsgrößen bedingt durch geänderte Lebensentwürfe aber auch durch eine wieder wachsende Attraktivität der Stadt als Wohnlage. In Deutschland wird die Nachfrage nach Wohnungen in den Ballungsgebieten ausgehend von Prognosen noch bis 2021 erheblich ansteigen. Ab 2026 schwächt die Kurve sich ab (Abb. 4).

In Berlin ist der Bedarf an Neubauwohnungen mit 17.000 Wohnungen pro Jahr am größten. Es folgen Stuttgart, München und das Rhein-Main-Gebiet mit etwa 12.000 Wohnungen pro Jahr. In diesen Prognosen ist der Flüchtlingsstrom in den einzelnen Gebieten noch nicht berücksichtigt. Das Institut für Wirtschaft in Köln hat im Juni 2016 berechnet, dass in ganz Deutschland bis 2020 die Nachfrage nach 380.000 Wohnungen pro Jahr besteht und das zusätzlich für die Unterbringung der Flüchtlinge zwischen 68.000 und 158.000 Wohnungen pro Jahr benötigt werden. Die tatsächliche Neubauproduktion lag in den meisten Städten bei 35 – 50% des realen Bedarfs (Abb. 5).

Ein Großteil dieses Bedarfs wird in den wirtschaftlich starken Regionen gedeckt werden müssen. Im Sinne der positiven Ökobilanz von zentralen Lagen sind in erster Linie die vorhandenen innerstädtischen Konversionsflächen und Nachverdichtungsmöglichkeiten (wie z.B. die Aufstockung vorhandener Wohnbebauung oder Innenhofbebauung) zu berücksichtigen. Studien zeigen aber, dass das vorhandene Entwicklungspotenzial dieser innerstädtischen Verdichtungsflächen nicht ausreicht um den Wohnungsbedarf zu erfüllen. Dazu kommt, dass die Wohnnutzung in Konkurrenz mit weiteren Nutzungen (wie Gewerbe

und Industrie) steht und in vielen Fällen die Entwicklungskosten für diese Bauvorhaben relativ hoch sind (komplizierte Verfahren, verunreinigter Boden, schwierige Logistik etc.). Das spiegelt sich in den späteren Verkaufspreisen wieder.

Um den Bedarf zu erfüllen sollten wir uns also parallel mit der Entwicklung von neuen Wohngebieten am Stadtrand beschäftigen. Auch diese Erkenntnis gilt gleichermaßen für die Niederlande wie für Deutschland. Für weitere Informationen über die Wohnungsmärkte in Europa verweisen wir auf unsere online Publikation «Wohnungsmärkte im Vergleich 2016» [www.bpdeurope.com](http://www.bpdeurope.com).

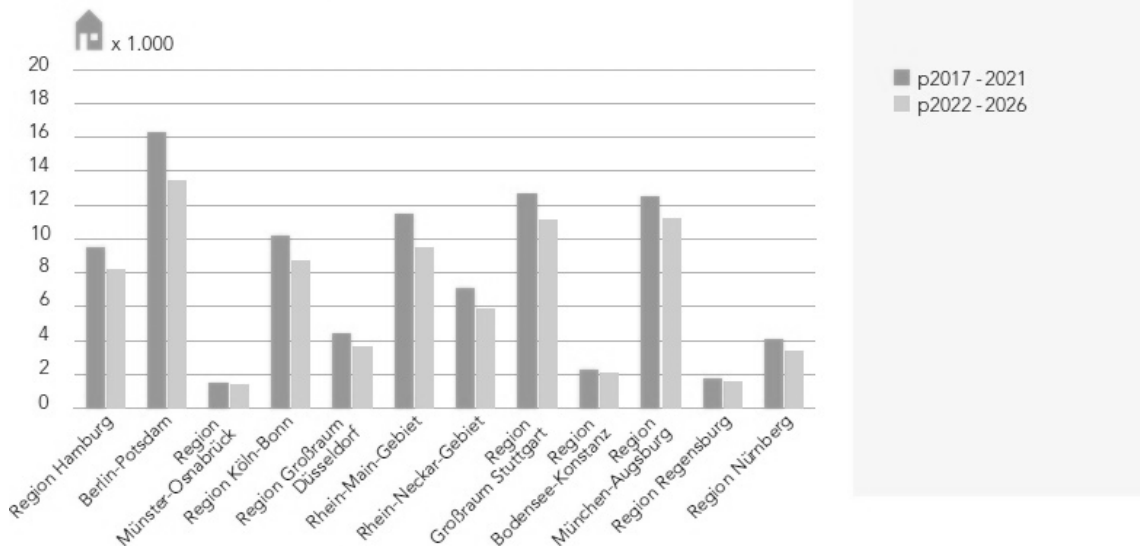


Abbildung 4: Nachfrage Neubauwohnungen in den deutschen Ballungsgebieten (pro Jahr).  
Quelle: BBSR – Wohnungsmarktprognose 2030

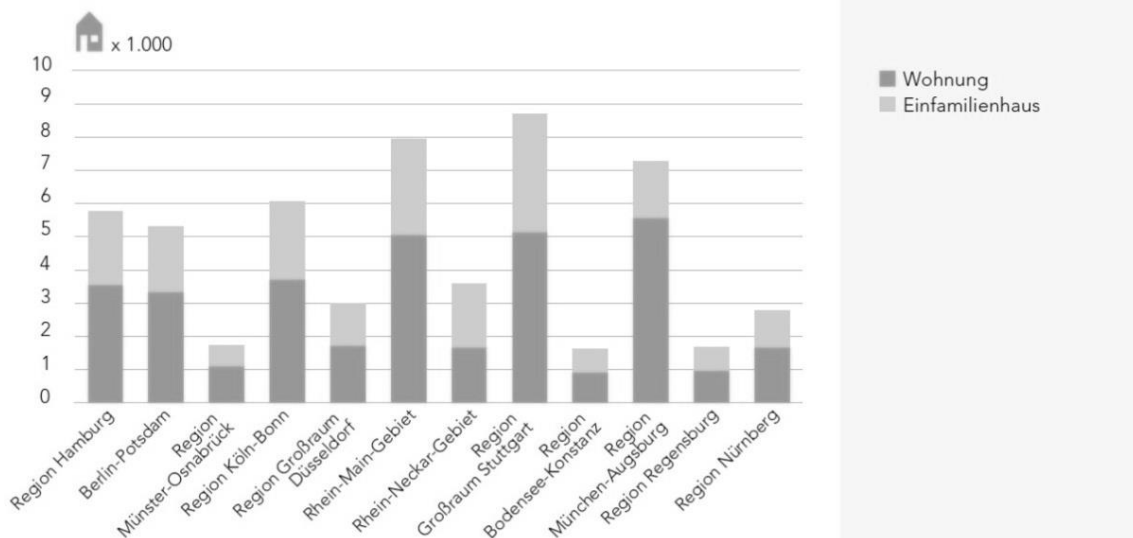


Abbildung 5: Durchschnittliche Bauproduktion in den deutschen Ballungsgebieten (pro Jahr 2010 – 2014).  
Quelle: Statistisches Bundesamt, Bearbeitung BPD



### 3. Beispiele von Strategien zur Erhöhung der Bauproduktion und zur Senkung der Wohnkosten

Die Diskussion über bezahlbaren Wohnraum konzentriert sich in Deutschland auf die Baukosten und die Thematik der Grundstückspreise. Die Baukostensenkungskommission des *Bündnisses Bezahlbares Wohnen* beschäftigt sich hauptsächlich mit bautechnischen Maßnahmen, die die Baukosten reduzieren sollen. Diese Baukosten und Grundstückskosten sind aber nur ein Teil der Herstellungskosten, die wiederum ein Teil der allgemeinen Kosten für das Wohnen bzw. Wohnkosten sind, siehe Abbildung 6. Um auf die Trends auf dem deutschen Wohnungsmarkt zu reagieren, sollten wir auf alle Ebenen agieren. Die nachfolgenden Strategiebeispiele spielen eine wichtige Rolle in der niederländischen Wohnungspolitik.



Abbildung 6: Wohnkosten: Kosten für die Immobilie + Nebenkosten + Energie / Wasser + Mobilität.

#### 3.1. Gebietsentwicklungen auf großen Arealen

Gebietsentwicklungen im Wohnungsbau sind in den Niederlanden durchschnittlich größer als in Deutschland. Das ist nicht nur von Vorteil für das Schaffen von Wohneinheiten, aber auch für das Reduzieren der Baukosten. Projektübergreifende Kostenvergleiche zeigen, dass Optimierungen in einem frühen Entwicklungsstadium zu einer Einsparung auf die Kosten für Grundstückserschließung, Energieversorgung und Gemeinschaftsanlagen von ca. 20–30% führen können. Die Möglichkeiten für Optimierungen der Wohnkosten bei Gebietsentwicklungen auf großen Arealen sind sehr vielfältig, u.a.:

- das Realisieren eines günstigen Verhältnisses zwischen Wohnfläche und Verbrauch der Grundstücksfläche
- Optimierung der Infrastruktur (z.B. Straßen und Versorgungsleitungen)
- ein intelligentes Energiekonzept (z.B. Blockheizkraftwerk)
- Optimierungsmöglichkeiten bei der Größe der Eigentümergemeinschaften
- Senkung der Planungs- und Entwicklungskosten
- Senkung der Mobilitätskosten durch smarte ÖPNV-Lösungen
- Optimierungsmöglichkeiten bei der Planungsmethode (Building Information Modeling)
- Bessere Verhandlungsposition bei der Vergabe
- Eine Plattform für «Shared Economy»-Konzepte

Für das Erschließen von größeren Arealen ist eine intensivere Zusammenarbeit zwischen privaten und öffentlichen Parteien essentiell. Eine aktive Liegenschaftspolitik und eine Bürgerbeteiligungspolitik, die gesellschaftliche Ziele unterstützt anstelle privater Interessen, beschleunigen die Prozesse. Außerdem ist für eine nachhaltige Entwicklung der öffentlichen Räume, der Infrastruktur und der Wohnungsmischung die Risikobereitschaft zur finanziellen Beteiligung der Kommunen und Baudezernate notwendig. Die deutsche Wohnungspolitik distanziert sich momentan eher von Gebietsentwicklungen auf großen Arealen.



Abbildung 7: Gebietsentwicklung *Leidsche Rijn* - Utrecht, NL (Teil der VINEX-Strategie für Raumplanung): Areal: 2.500 ha; 30.000 Wohneinheiten. Start Entwicklung: 1996; geplante Fertigstellung: 2025

### 3.2. Entschlackung der Bauvorschriften

«Was würde passieren, wenn 30 Prozent aller Vorschriften gestrichen werden? Würde die Welt zusammenbrechen, die Wohnungen nicht mehr bewohnbar sein, sich die Bürger benachteiligt fühlen und unglücklich werden?»

Das niederländische Innenministerium BZK, das für Wohnungspolitik zuständig ist, hat im Jahr 2009 ein Aktionsprogramm «Bau» gestartet, um die Krise zu bewältigen. Einer der konkreten Vorschläge war die Gründung einer **Arbeitsgruppe Entschlackung** (bewusst «Aktionsteam» genannt) unter der wissenschaftlichen Leitung von Professor Friso de Zeeuw (TU Delft). Hauptaufgabe war es, die wenigen Wohnungsbauinitiativen, die es in der Krise gab, nicht durch Vorschriften und Regeln zu bremsen.

Das Projekt lief sehr zügig an: Im Jahr 2012 meldeten sich acht Gemeinden mit Pilotprojekten an, 2013 und 2014 wieder jeweils acht. Die Kosten wurden vom Ministerium übernommen. Die Webseite [www.ontslakkengemeente.nl](http://www.ontslakkengemeente.nl) schaffte und schafft immer noch Transparenz. Das Grundgerüst für die Entschlackung steht auf zwei Säulen:

1. Starke Reduzierung der Vorschriften, Normen, Leitfaden usw.
2. Einstellung, Mentalität, Benehmen, Kommunikation usw. der Verwaltung

Jedes Pilotprojekt beinhaltet eine kritische Betrachtung aller Vorschriften: Welche Regeln sind kontraproduktiv oder bremsen sich gegenseitig aus? Sektorale Strategieberichte (zum Beispiel Umwelt, Verkehr oder Wohnen) sind oft kaum auf einander abgestimmt und machen die Realisierung von Bauprojekten unnötig schwer. Entschlacken bedeutet: schneller – preiswerter – flexibler. Die meisten Initiativen waren erfolgreich und führten zur generellen Streichung von Vorschriften und sogar von kompletten Strategieberichten. Aber vielleicht noch wichtiger war der Fokus auf einer Kulturveränderung in der Arbeitsweise der Baubehörde. Die gemeinsamen Ziele sollten im Mittelpunkt stehen und nicht die Vorschriften. Der gesunde Menschenverstand sollte wieder an erster Stelle kommen. Kreativität bei der Lösung von Konflikten, Mitdenken im Sinne der Bürger und die Art der Kommunikation werden auf der Probe gestellt.

### 3.3. Planungsverfahren mit dem Fokus auf gemeinsamen Zielen

Inzwischen arbeitete das Ministerium an einem neuen Gesetz für die Realisierung von Planungs- und Bauprojekten, am sogenannten **«Umgebungsgesetz»** (Omgevingswet). Ziel dieses Gesetzes ist es, die verschiedenen Konzepte für Regional- und Stadtplanung, Umwelt und Natur besser aufeinander abzustimmen und den Gemeinden und Provinzen mehr Spielraum zu geben, ihre Planungspolitik auf die örtlichen Bedürfnisse und Ziele abzustimmen, ohne durch Bundesgesetze daran gehindert zu werden.

Weiterhin schafft dieses Gesetz den Freiraum für private Initiativen, die ohne detaillierte Genehmigungen mit langen Verfahrenswegen jetzt möglich geworden sind. Dabei steht immer das Ziel an erster Stelle, nicht mehr die Vorschriften.

Politischer Leitfaden: Im Prinzip soll vieles möglich sein, nur wenn es wirklich nicht geht, muss darauf verzichtet werden.

- 26 Gesetze werden aufgehoben und in das sogenannte Umgebungsgesetz integriert.
- 350 statt 5.000 Paragraphen
- 10 statt 120 Bundesvorschriften
- Ein Gesetz für alle Themen, die sich mit der Lebensumgebung beschäftigen.
- Nur noch ein Umgebungsplan mit wenigen Festlegungen statt mehrere Bebauungspläne
- Möglichkeit für Gemeinden, von Abläufen und Vorschriften abzuweichen, wenn das Ergebnis für die Betroffenen besser ist.

Für alle neuen Aktivitäten sowie Bauinitiativen, die von einem festgesetzten Umgebungsplan abweichen, muss eine Abweichungsgenehmigung beantragt werden. Diese Genehmigung kann nur von einem Baudezernenten/Baustadtrat erteilt werden. Ein Einspruch durch den Gemeinderat oder die Bürger ist nicht möglich. Im Prinzip darf diese Abweichungsgenehmigung nicht abgelehnt werden. Nur wenn das Vorhaben nicht im Einklang mit dem Inhalt UND mit den Zielen des Umgebungsplanes ist, ist innerhalb von acht Wochen eine Ablehnung gestattet. Das neue Gesetz ist mit einer großen politischen Mehrheit aus fast allen Lagern 2015 im Parlament verabschiedet worden und wird bis 2020 in Phasen eingeführt.

### 3.4. Digitalisierung des Genehmigungsvorganges

Unternehmen und Bürger, die ein Projekt initiieren wollen, müssen sich in den Niederlanden nur noch an eine einzige Einrichtung wenden, und das auch nicht mehr persönlich, sondern nur noch digital. Die Zustimmung wird von einer Stelle erteilt (zum Beispiel von der Gemeinde) und höhere Verwaltungsebenen sind nicht mehr zuständig. Die Bürger und Unternehmen brauchen keine weiteren Genehmigungen einzuholen.

Ein sehr großer Vorteil der Digitalisierung ist, dass alle Daten und Informationen für alle Bürger, Unternehmen und Behörden rund um die Uhr verfügbar, sogar auf Grundstücks- und Gebäude-Ebene. Das geltende Baurecht, die Daten aus dem Grundbuch, die Umgebungspläne, Kanalisierungspläne, es ist alles zentralisiert gespeichert und zugänglich.

Der Genehmigungs- oder Abweichungsantrag erfolgt digital, mit einer digitalen ID die in allen Behörden bereits eingeführt wurde (DigiD). Die Genehmigungsrelevanz für Bautätigkeiten kann vorher über dieselbe Webseite mit einem Fragebogen geprüft werden (der «Genehmigungs-Check»). Intuitiv und für alle verständlich. Während des ganzen Vorgangs wird der Bearbeitungsstand des Antrages für alle Beteiligten transparent angezeigt.

Wenn das neue Umgebungsgesetz und die digitale Infrastruktur vollständig im Jahr 2020 implementiert sind, werden viele Genehmigungsverfahren nur noch wenige Tage und höchstens acht Wochen dauern. Die Prüfung und Abstimmung findet fast nur noch digital statt.

Abbildung 8: Das digitale Bauamt: www.omgevingsloket.nl

### 3.5. Fördermaßnahmen durch Finanz- und Steuerpolitik

Sowohl in den Niederlanden als auch in Deutschland übt der Staat über Steuer- und Förderungsmaßnahmen Einfluss aus. Die Größe und die Auswirkungen sind jedoch sehr unterschiedlich. In den Niederlanden ist der staatliche Einfluss sehr groß und in allen Bereichen des Wohnungsmarktes spürbar: Ein riesiger Bestand an Sozialwohnungen (30%), steuerliche Absetzbarkeit der Hypothekenzinsen, Obergrenzen für die Gewährung von Hypotheken mit Tilgungszwang der Finanzaufsichtsbehörde, Förderdarlehen für junge Eigenheimbesitzer und staatliche Mietzuschüsse. Trotz der stark gesunkenen Zinsen ist es für Einsteiger auf dem Wohnungsmarkt der Niederlande schwer, ein Eigenheim zu erwerben.

		Köln	Amsterdam
<b>Kaufpreis</b>	80 m <sup>2</sup> Eigentumswohnung Baujahr 2016 neu	320.000	320.000
<b>Grunderwerbsteuer</b>	(NRW 6,5%; NL 0%)	15.600	0
<b>Maklerhonorar</b>	(NRW 6,0%; NL 0%)	14.400	0
<b>Notar- und sonstige Gebühren</b>	(NRW 2,5%; NL 0,5%)	6.000	1.600
<b>Gesamtkosten</b>		<b>356.000</b>	<b>320.800</b>
<b>Eigenkapital</b>	(NRW 25%; NL 4%)	89.000	12.832
<b>Zu finanzieren</b>		267.000	307.968
<b>Tilgung Jahr 1</b>		5.350	6.158
<b>Zinsen Jahr 1</b>	2%	5.350	6.158
<b>Steuerrückerstattung</b>	30 Jahr alt, brutto Einkommen €40.000	0	-2.000
<b>Monatliche Belastung Jahr 1</b>		<b>892</b>	<b>859</b>

Abbildung 9: Kauf einer Neubauwohnung in Köln oder in Amsterdam (Kosten in €, Stand 2017).

Diese Einmischung des Staates wird in Deutschland klar abgelehnt. Seit 2000 hat die Politik kaum in den Wohnungsmarkt eingegriffen, in den meisten Städten wurde sogar der Bau von Sozialwohnungen auf Eis gelegt. 2015 hat das Parlament unter dem Druck der linken

Parteien das Gesetz zur Mietpreisbremse verabschiedet. Mit dieser Maßnahme erhoffte man, die Bezahlbarkeit von Mietwohnungen in beliebten Vierteln aufrechterhalten zu können. Heute besteht schon Konsens darüber, dass die Mietpreisbremse nicht funktioniert.

In den Kauf von Wohnimmobilien mischt sich der Staat praktisch nicht ein. Es gibt keine Steueranreize und die Banken hatten bis April 2016 freie Hand, ihren Kunden so viel zu leihen, wie sie selbst für akzeptabel hielten. In der Praxis müssen Immobilienkäufer 20 – 30% des Kaufpreises ihrer Wohnung aus eigener Tasche finanzieren. Ein neu verabschiedetes Gesetz wird diese Freizügigkeit der Banken beschränken, weil nicht mehr der Wert des Immobilienobjektes, sondern nur die finanzielle Absicherung der Kreditnehmer für die gesamte Laufzeit zugrunde gelegt werden darf. Für sehr junge und alte Personen wird es deshalb noch schwieriger, Wohneigentum zu erwerben.

Ein weiterer großer Unterschied ist die Grunderwerbsteuer beim Grundstücks- und Immobilienkauf. In den Niederlanden ist der Kauf einer Neubauimmobilie von der Grunderwerbsteuer befreit. In Deutschland ist der Unterschied in der Steuerbelastung beim selbstgebauten Eigenheim im Vergleich zum Kauf einer fertigen Neubauwohnung vom Bauträger groß. Im ersten Fall wird nur die Grunderwerbsteuer auf den Grundstückspreis erhoben. Im zweiten Fall zahlt der Bauträger die Grunderwerbsteuer. Diese Kosten fließen in den Kaufpreis der Immobilie ein. Der Erwerber bezahlt am Ende über den gesamten Kaufpreis (Grundstücksanteil + Immobilie + Sonderwünsche) erneut Grunderwerbsteuer. Mit einem Steuersatz von 3,5% bis 6,5% kommt einiges zusammen. In allen deutschen Bundesländern (außer Sachsen und Bayern) wurde dieser Steuersatz über die letzten Jahre erhöht.

## 4. Zusammenfassung

Die deutsche Wohnungswirtschaft steht momentan vor einer großen Herausforderung. Die Produktion von Wohneinheiten soll deutlich erhöht werden und die Kosten für das Wohnen sollen sinken. Für eine Verbesserung der Situation sind Strategien auf allen Einflussebenen notwendig.

In der aktuellen Debatte in Deutschland liegt der Fokus auf den steigenden Grundstückspreisen (kaum beeinflussbar) und den Baukosten (nur ein kleiner Anteil der Kosten für das Wohnen). Die Wohnungspolitik kann aber auch wesentlich zu diesen Zielen beitragen. Aus dem Vergleich mit der Herangehensweise der Wohnungspolitik in den Niederlanden, die momentan vor ähnlichen Herausforderungen stehen, ergeben sich verschiedene Denkansätze für die Bundesrepublik:

- Maßstabsvergrößerung in Gebietsentwicklungen am Stadtrand
- Flexiblere Planungsverfahren mit dem gemeinschaftlichen Nutzen im Vordergrund
- Entschlackung der Bauvorschriften zur Beschleunigung der Entwicklungszeit und Vereinfachung des Bauverfahrens
- Zukunftsorientierte Behörde mit transparenten und effizienten Genehmigungsabläufen (zum Beispiel durch Digitalisierung)
- Fördermaßnahmen durch Finanz- und Steuerpolitik

Die Trends in der Bundesrepublik zeigen schon viele Jahre in eine andere Richtung: Die Bürgerbeteiligungspolitik ist fast nur auf die eigenen Interessen fokussiert, anstatt gesellschaftliche Ziele zu unterstützen. Die Steuerpolitik erhöht die Wohnkosten anstelle sie zu erleichtern. Es gibt immer mehr statt weniger Vorschriften und Gesetze, die auch oft kontraproduktiv sind und nicht mit bereits existierenden Vorschriften im Einklang stehen. Es wird an verschiedenen Landesbauordnungen festgehalten statt sich auf eine Bauordnung auf Bundesebene zu beschränken. Es wird nach mehr Geld für Personal in den Bau- und Planungsämtern gerufen, statt zukunftsorientiert und effizient in die Digitalisierung zu investieren.

Wenn der Wind des Wandels weht, bauen die Einen Schutzmauern, die Andern bauen Windräder. Mit den heutigen außergewöhnlich positiven wirtschaftlichen Bedingungen, ist es höchste Zeit für Windräder in den Bauämtern. Wo kann ich diese Genehmigung beantragen?

*WV 08.11.2017 - Mit vielem Dank für die Beiträge und Unterstützung von Han Joosten und Birgit Schnarz.*



# **Wie lange treibt der Neubau noch den Holzbau an? Ein Ausblick bis 2021**

Martin Langen  
B+L Marktdaten GmbH  
Bonn, Deutschland







# Wie lange treibt der Neubau noch den Holzbau an?

## Ein Ausblick bis 2021

In Deutschland ist es seit 2013 zu einer deutlichen Verschiebung bei den Gebäudetypen gekommen. Bei einer Stagnation Genehmigungszahlen im Einfamilienhausbau beobachten wir einen starken Anstieg der genehmigten Wohnungen in Mehrfamilienhäusern. Abbildung 1 stellt diese Entwicklung dar. Zwar hat sich der Anteil der genehmigten Wohnungen in Einfamilienhäusern seit 2015 auch in der Schweiz und Österreich reduziert, jedoch weniger deutlich als in Deutschland.

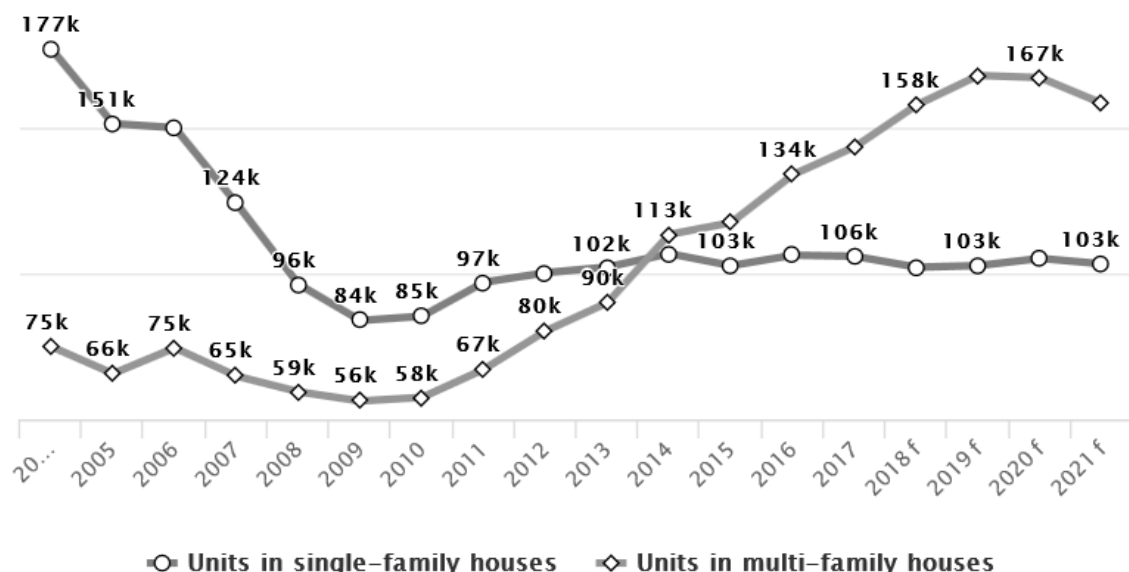


Abbildung 1: Wohnungsfertigstellungen EFH und MFH bis 2021 Deutschland  
Quelle: NSO / B+L

Diese Verschiebung wirkt sich auch auf den Holzbau aus: Bauweisen und eingesetzte Materialien verändern sich und größere Projekte stellen zunehmend mehr Anforderungen an die Verarbeiter, da Kleinbetriebe bei bestimmten Projektgrößen an ihre Grenzen stoßen. Gleichzeitig findet in vielen Bereichen eine Verschiebung innerhalb der Gewerke statt, so dass Verarbeiter zunehmend auch Aufgaben anderer Gewerke übernehmen. Begrenzte Kapazitäten im Handwerk führen zudem zu einem Aufschub der Sanierung in Deutschland mit Konsequenzen für die Absätze der Bauzulieferindustrie. Die Verarbeiter verlagern ihre Aufträge immer stärker auf Neubauprojekte, sodass Verarbeiter für Sanierungsprojekte deutlich schwieriger zu finden sind. Laut einer Handwerkerbefragung der B+L haben rund 53 % aller Handwerksbetriebe in 2017 Aufträge abgelehnt. Von diesen abgelehnten Aufträgen waren über 80 % Bestandsmaßnahmen. D.h. wenn Handwerker Aufträge ablehnen betrifft das in erster Linie Renovierung und Sanierungsleistungen. Damit bekam die schon länger vermutete Einschätzung der Branchenteilnehmer erstmals eine fundierte Datenbasis.

Beim Einfamilienhaus ist zusätzlich eine Veränderung der Dachformen im Gange. Die nachfolgende Abbildung zeigt die aktuelle Einschätzung von Planern und Holzbaubetrieben zur Entwicklung der Dachformen im Einfamilienhausbau.

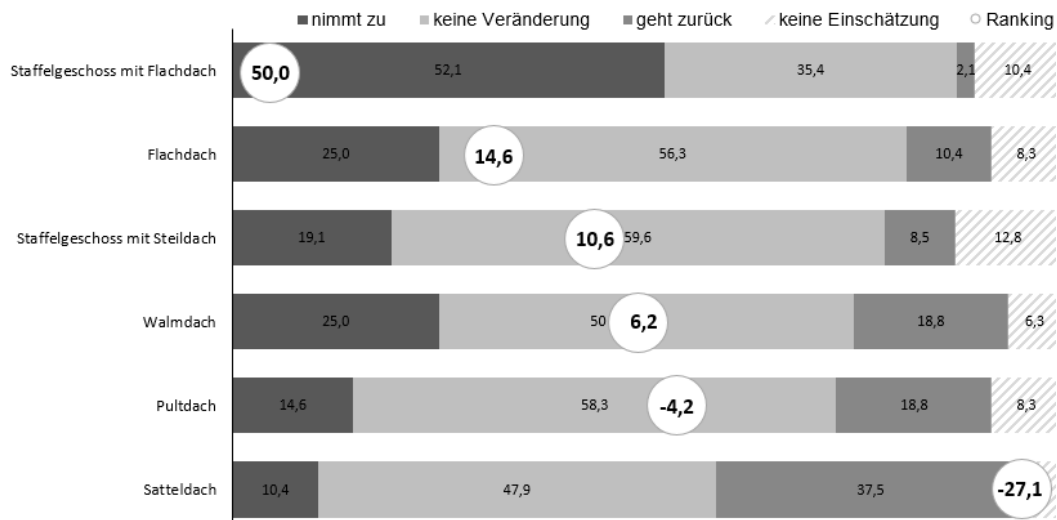


Abbildung 2: Entwicklung Dachform (aus Planer- und Holzbauersicht)  
Quelle: B+L Befragung

Die Ergebnisse zeigen, dass die maßgeblichen Entscheidungsträger davon ausgehen, dass das Flachdach oder Staffelgeschoss mit Flachdach mittelfristig an Bedeutung weiter gewinnen wird. Aktuell ist davon auszugehen, dass der Flachdachanteil (inkl. Staffelgeschoss mit Flachdach) im Einfamilienhausneubau bei knapp 20% liegt.



Abbildung 3: Staffelgeschoss mit Flachdach liegt im Trend  
Foto: B+L

Wir bei der B+L geht davon aus, dass wir den vorläufigen Höhepunkt der Neubaubaugenehmigungen in Deutschland 2018 sehen werden. Somit gehen wir davon aus, dass ab 2020 das Gesamtvolumen des Wohnungsneubaus schrittweise bis 2025 rückläufig sein wird.

Das Positive an dieser Einschätzung ist, dass dieser Rückgang im Neubau Kapazitäten für die Sanierung freisetzt. Dies wird insbesondere Kapazitäten für aufgeschobene Renoviermaßnahmen an der Gebäudehülle und somit auch bei Dacharbeiten schaffen.

## **Block A1**

### **Architektur**

**«Geschossbau – modulare Bauweise  
im städtischen Kontext»**



# Modulares Bauen – Technologien und Konstruktionen im industriellen Holzbau

Jutta Albus  
Jun. Prof. Dr. Ing. Architektin  
Technische Universität Dortmund  
Juniorprofessur Ressourceneffizientes Bauen  
Dortmund, Deutschland





# 1. Bauweisen und Typologien

## 1.1. Herkunft von Konstruktionen

Vorfertigung und serielle Bauweisen wurden von jeher mit Begriffen wie Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit in Verbindung gebracht. Krisensituationen, wie beispielsweise nachkriegsbedingte Wohnungsnot, unterstützen den Einsatz dieser Bauweisen, um schnell und zügig Abhilfe zu schaffen. Zugunsten eines effizienten Planungsablaufs wurden gestalterische und ästhetische Aspekte häufig vernachlässigt und tragen zum eher widrigen Ruf von vorgefertigten Gebäuden bei.

Architekten und Planer haben sich dennoch kontinuierlich der, teilweise fast kontroversen Aufgabe gestellt, neben wirtschaftlichen Aspekten eine hohe architektonische Qualität und Vielfalt von vorgefertigten Bauten zu erreichen. Dadurch konnte bis heute durch innovative und gestalterisch anspruchsvolle Ansätze ein architektonischer Mehrwert geschaffen und baulich umgesetzt werden. Je nach lokaler Verortung beeinflussen insbesondere traditionelle Techniken sowohl Konstruktion als auch Formfindung und geben klar Aufschluss über die Herkunft der architektonischen Gestalt. Prägnante Vorbilder, wie etwa Alvar Aalto's Finnenhäuser aus der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg (Abbildung 1) oder Shigeru Bano's Entwurfsansätze für Notunterkünfte an unterschiedlichen Standorten dieser Welt als Beispiele von heute, (Abbildung 2) zeugen von der Vielschichtigkeit der früher oftmals eher als zweckmäßig bezeichneten Bauten. Neben der Auseinandersetzung mit lokalen Gegebenheiten und dem Ort stehen weiterhin die funktionalen Anforderungen eines Gebäudes in direktem Zusammenhang mit der architektonischen Gestaltfindung und seiner technischen Umsetzung. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, wie sich Bautypologie und strukturelle Logik einer Konstruktion auf die Effizienz von Gebäudeerstellung und Montageprozessen auswirken kann. Demnach kann die Entwicklung der architektonischen Form nicht ausschließlich nach gestalterisch ästhetischen Kriterien erfolgen. Um einen ganzheitlichen Entwurfs- und Planungsansatz zu gewährleisten, ist die Auseinandersetzung mit materialtechnischen Aspekten, sowie Bau- und Fertigungsprozessen von großer Bedeutung und beeinflusst grundsätzlich eine konsequente Entwicklung von Gebäuden.

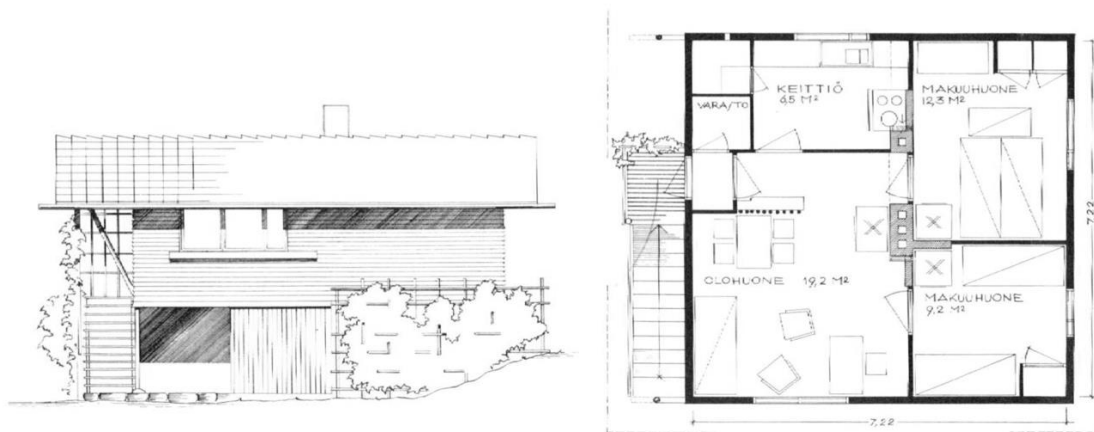


Abbildung 1: Finnenhaus, Alvar Aalto 1941.  
Quelle: Adolph Stiller: Finnland im 20. Jahrhundert. Wien 2000

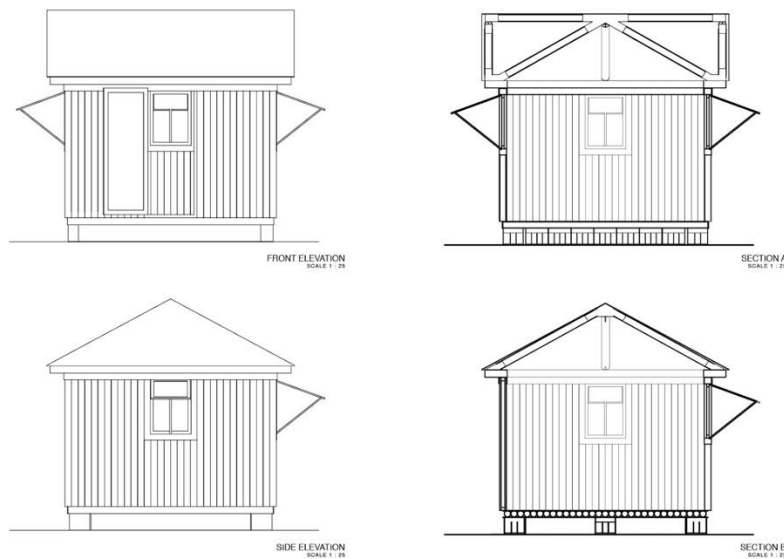


Abbildung 2: Paper Log House, Notunterkünfte in Kobe (JP) 1995 und Bhuj (Indien) 2001, Shigeru Ban  
Quelle: Shigeru Ban Architects

Die Beschaffenheit der Teile sowie die Größe einer Serie haben bis heute Einfluss auf Produktions- und Fertigungsprozesse und sind von hoher Relevanz für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes. Wie insbesondere ökonomische Abläufe dazu beitragen, den Planungsprozess zu verbessern und gleichzeitig zum beispielhaften Bauen beitragen können, erfordert eine intensive Auseinandersetzung mit Materialität und Fertigungsablauf und ergänzt damit einen ganzheitlichen und intelligenten Entwicklungsprozess.

## 1.2. Kategorisierung von Systembauweisen

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Anforderungen, seien diese ökonomische, ökologische, technische, topologische, klimatische oder rein nutzerspezifische Faktoren, sind Architektur und Gebäude entsprechend eines optimierten Gebrauchs ausgelegt. Während die Planung eines Gebäudes zu Beginn einer Entwicklung anhand von lokalen, gestalterischen und gebrauchsspezifischen Parametern beeinflusst wird, müssen weiterhin eine wirtschaftliche Amortisation, die technische Leistungsfähigkeit sowie eine ganzheitliche Betrachtung von Lebenszyklus und Nachhaltigkeitsfaktoren gewährleistet sein, die entscheidend für den Gebrauch und die Effizienz einer Konstruktion sind. Im Vergleich zu leichten Ständer- oder Skelettbauweisen, die sowohl in den nordischen Ländern Europas, in Großbritannien und den USA, aber auch in erdbebengefährdeten Regionen wie in China oder Japan vermehrt zum Einsatz kommen, sind Konstruktionen in Massivbauweise häufiger ein Resultat aus Kosteneffizienz, klimatischen Anforderungen oder lokalen Bautypologien. Die folgende Grafik stellt den Anteil von Holzbauweisen je Land dar (Abbildung 3).

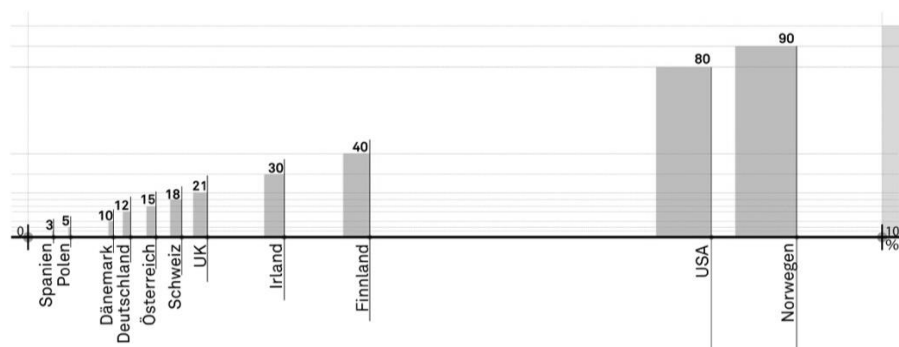


Abbildung 3: Übersicht Holzbauweisen nach Herkunftsland  
Quelle: Albus 2017, nach: Holzzentralblatt (2013); Schneider, Oswald, TU Wien

*Die Quellenangaben sind unterschiedlicher Herkunft und Jahr und können daher abweichen. Grundsätzlich sind Entwicklungen als annähernd zu betrachten.*



Fertigung, Herstellung und Montage eines Gebäudes können auf mehrere Arten unterschieden werden. Eine Einteilung erfolgt je nach Planungsansatz in Bezug auf die Bauweise, also materialbezogen, und unterscheidet dabei leichte, mittlere oder schwere Fertigungsverfahren (Abbildung 4). Diese Zuordnung, die in direktem Bezug zum jeweiligen Material einer Konstruktion, wie z.B. Holz, Stahl, Beton und Mauerstein, steht, beschreibt grundsätzlich den für tragende Bauteile verwendeten Werkstoff. Holzbauweisen, bezugnehmend auf Ständer- oder Skelettbauweisen, gelten im Großen und Ganzen als leichte Konstruktionen. Insbesondere in den letzten zehn Jahren erfreut sich der Holzmassivbau immer größerer Beliebtheit. Das Einsatzspektrum von Holz für Gebäudeklasse 5 erlaubt mittlerweile Bauten mit bis zu 20 Geschossen. Aufgrund von massiven Querschnitten qualifizieren sich Bauteile auch für erhöhte Anforderungen im Schall- und Brandschutz und bieten dadurch auch für den Bereich des mehrgeschossigen Bauens effiziente Lösungsansätze. Die tragenden, großformatigen Scheiben bestehen aus kreuzweise verleimten Brettern, deren Tragverhalten dem von Fertigteilen aus Stahlbeton ähnelt. Im Vergleich zu Ständer- oder Tafelbauweisen, die durch den Abstand der Tragständer als leichte Bauweisen gelten, werden Bauteile mit massivem Querschnitt als mittelschwere Bauweisen bezeichnet.

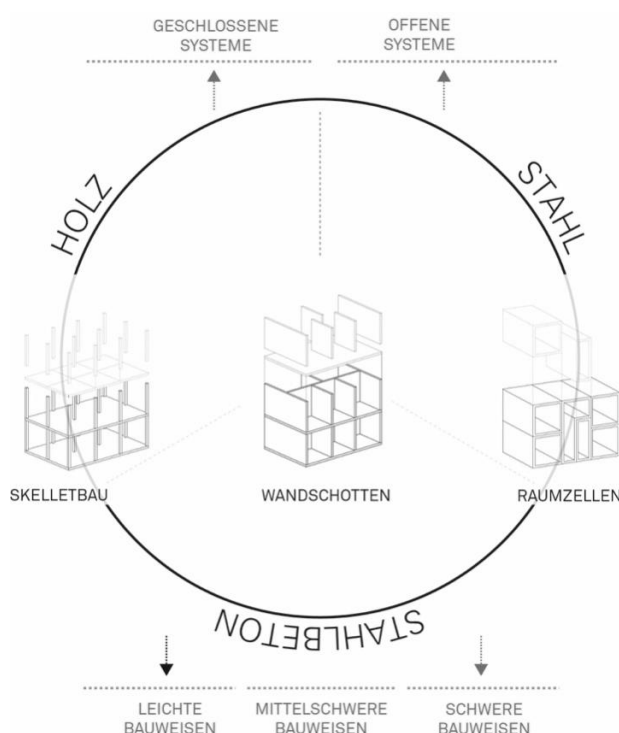


Abbildung 5: Klassifizierung von Bauweisen und Konstruktionstypologien

Quelle: Jutta Albus 2015

Je nach Planungsansatz und Gebäudetypologie können Vorteile durch eine Bauweise erreicht werden. Im Wohnungsbau sind maximale Spannweiten von zehn bis zwölf Metern zu erwarten. Schottenbau oder tragende Wandscheiben eignen sich insbesondere, um großflächige Fassaden- oder Fensterflächen zu gewährleisten, und schaffen ausreichend Fläche für Installationen. Um eine effiziente Montage oder Installation zu gewährleisten, muss der Vorfertigungsgrad von zweidimensionalen Bauteilen entsprechend berücksichtigt und vorgeplant werden.

Raumzellen und dreidimensionale Einheiten, wie etwa Apartmentmodule oder Sanitärzellen, eignen sich vorzugsweise um Abläufe auf der Baustelle zu erleichtern. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads der vorinstallierten Einheiten, können äußerst einfache und zügige Montageprozesse, insbesondere bei mehrgeschossigen Gebäuden, realisiert werden. Zusätzlich wird eine hohe Qualität in der Ausführung durch das witterungsgeschützte Umfeld der Produktionsstätten möglich. Welche Bauweise für die Umsetzung einer Planung sinnvoll ist, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Die Berücksichtigung der baulichen Ausführung ist demnach schon im Entwurfsstadium relevant und Grundlage eines ganzheitlichen

Planungsansatzes, dessen hohe vorplanerische Leistung dazu beiträgt, Fehler zu Baubeginn zu reduzieren und Schwachstellen durch eine Vielzahl unterschiedlicher aufeinanderfolgender Gewerke zu vermeiden.

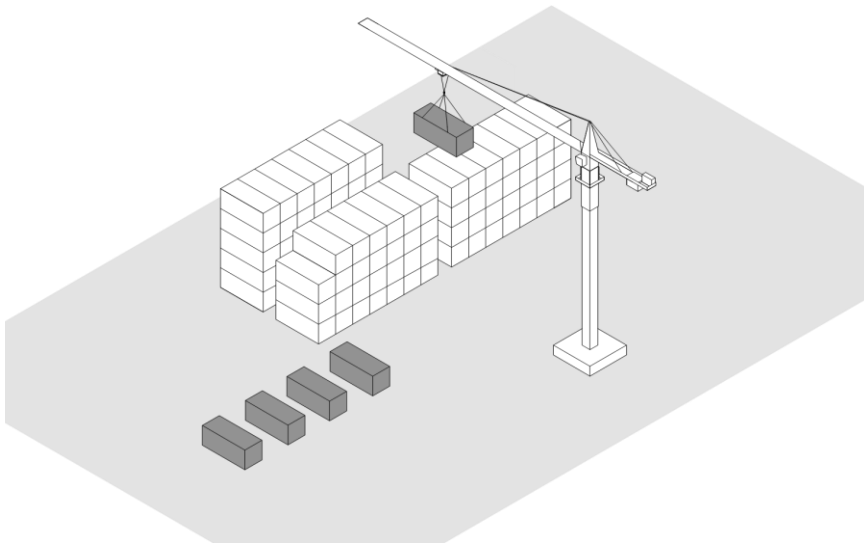


Abbildung 5: Elementierung, Transport und Montage eines vorgefertigten Holzbausystems für mehrgeschossige Gebäude. Quelle: Jutta Albus 2017

Eine Differenzierung auf Basis von Konstruktionstypologien definiert ein Gebäude sowie dessen Bauteilfertigung und Montage anhand von baukonstruktiven oder gar bauteilbezogenen Eigenschaften. Eine derartige (bauteilbezogene) Klassifizierung beschreibt die Konstruktionstypologie anhand der tragenden Elemente eines Gebäudes. Man unterscheidet für den Wohnungsbau grundsätzlich zwischen Skelettbau, tragenden Wandscheiben und Raumzellenbauweise (Abbildung 4). Im Bereich Massivbau gelten Stahlbeton oder Mauerwerk als tragende Materialien, die ausschlaggebend für eine Typologisierung sind. Im Bereich der leichten und mittelschweren Bauweisen, insbesondere im Holz- und Holzverbundbau werden folgende Systemkategorien relevant: Skelettbau (System aus Stütze und Träger), Schottenbauweise (System aus tragenden Wandscheiben als Rahmen-, Tafel- oder Massivbauteil) oder dreidimensionale Raumzellen. Im Holzmassivbau werden die zweidimensionalen Komponenten aus Brettstapel-, Brettsperr-, Furnierschichtholz oder Blockbau hergestellt und als horizontale oder vertikale Bauteile zur Montage vorbereitet. Weiterhin kommen kastenförmige Wand- und Deckenbauteile, die sich durch große Aufbauhöhen und zusammengesetzte Querschnitte auszeichnen, vorwiegend im Bereich großer Spannweiten zum Einsatz. In diesen Fällen tragen die Hohlkörper der Querschnitte zur Materialersparnis und Gewichtsreduzierung bei und sind weiterhin geeignet, die horizontalen oder vertikalen Elemente für erhöhte Brand- oder Schallschutzanforderungen zu ertüchtigen. Für einen hohen gestalterischen Anspruch ist die Berücksichtigung von Abmessungen und Einsatzmöglichkeiten der streng geradlinigen Elemente schon im frühen Planungsstadium notwendig. Fertigungs- und bauteilbedingte Kriterien beeinflussen einen flexiblen architektonischen Einsatz und den Funktionsgrad der Komponenten.

Eine Einteilung der Konstruktionstypologien erfolgt auf Grundlage der Bauteilaufbauten und ermöglicht je nach Einsatzbereich die Umsetzung unterschiedlicher struktureller Konzepte. Insbesondere im Wohnungsbau waren Schottenbauweisen aus tragenden Wandscheiben eine gängige Herangehensweise. Um eine höhere Flexibilität bereits durch die konstruktive Gliederung zu ermöglichen, kann die Kombination aus Bauteilen, z.B. massiven und skelettartigen Komponente, zur Erweiterung der Grundrissvarianz beitragen. Entsprechend müssen Füge- und Montagemöglichkeiten angepasst und hinsichtlich einer schlüssigen Kraftweiterleitung entwickelt werden.

Um einen Einsatz auch bei erhöhten Anforderungen, insbesondere im Brandschutz oder gebäudetechnischen Bereichen, zu gewährleisten, sind Bauteilertüchtigungen möglich, die durch Zusatzschichten oder als Materialverbund zur Optimierung der Leistungsfähigkeit beitragen. Beispiele wie der Life-Cycle Tower One in Dornbirn oder das Illwerke Zentrum

von Hermann Kaufmann Architekten zeigen, wie durch eine konsequente Planungssystematik gleichermaßen gestalterisch architektonische Aspekte berücksichtigt, als auch die hohen Anforderungen an Brandschutz oder die Integration von gebäudetechnischen Systemen gewährleistet werden können. Die Entwicklung von intelligenten Bauteilaufbauten, deren Füge-, Herstellungs- und Montageprinzipien weiterhin eine hohe Qualität der Fertigung und vor Ort ermöglichen, sollten grundsätzlich in diese Überlegungen miteinfließen.

Um gerade durch die Verwendung von vorgefertigten Komponenten einen, mit einer konventionellen Planung vergleichbaren, architektonischen Mehrwert zu erreichen, müssen Baukonstruktion und technische Besonderheiten, der größtenteils seriell zum Einsatz kommenden Teile, wohl überlegt werden. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der einzelnen Anwendungen bieten Planungskonzepte durchaus großes gestalterisches Potential.

## 2. Raumzellen aus Holz

Als gängige Materialien im Holzbau werden in Deutschland vorwiegend Nadelholzkonstruktionen aus Fichte und Kiefer eingesetzt, da diese Hölzer zu den schnell nachwachsenden Rohstoffen zählen. Außerdem sind Lärche und Weißtanne verbreitet, werden aber deutlich weniger eingesetzt. Aus der Kategorie der Laubhölzer kommen Buche und Eiche in Betracht, die zusammen mit Fichte und Kiefer etwa drei Viertel des Waldbodens prägen.

Insbesondere in den vergangenen zehn Jahren kamen im Holzbau für höhere Beanspruchungen immer häufiger Laubholzkonstruktionen zum Einsatz. Die hohe Steifigkeit führt zu deutlich besseren tragkonstruktiven Eigenschaften und schlankeren Bauteilquerschnitten. Im Gegensatz zu Nadelholzkonstruktionen sind Bauteilquerschnitte aus Laubholz extrem schlank, so dass ein Vergleich zu Tragkomponenten aus Stahl naheliegt. Horizontale Träger oder vertikale Stützen sind trotz extrem reduzierter Abmessungen hoch effizient und tragen zur verbesserten Leistungsfähigkeit einer Gebäudestruktur bei. Erhöhte Kosten von Laubhölzern, die außerdem aufgrund der Härte und Steifigkeit des Materials Mehrkosten bei der Bearbeitung verursachen, amortisieren sich wiederum durch einen extrem wirtschaftlichen Einsatz der Bauteile. Es ist jedoch notwendig, diese noch relativ neuen Einsatzmethoden und damit einhergehende technologische Barrieren bei Herstellung, Bearbeitung und Montage zu berücksichtigen und im Planungsfortschritt einzukalkulieren.

### 2.1. Holzbausysteme im Wohnungsbau

Um eine Einteilung der im Wohnungsbau verwendeten Konstruktionen darzustellen, werden im folgenden Bauweisen und Gebäudetypologien erläutert. Neben der Verwendung von tragenden Wandscheiben, die in Kombination mit lastabtragenden Deckenelementen vorwiegend das statische System der Gebäude bilden, erlauben Skelettkonstruktionen eine höhere Flexibilität und Zonierungsvielfalt. Die Systeme bestehen aus vertikalen Stützen mit massiven Querschnitt sowie horizontalen Deckenbauteilen, die je nach Anforderung und Konstruktion massiv oder mit Hohlräumen ausgebildet werden. Vertikale Wandscheiben, die zur Aussteifung eingesetzt werden, sind je nach Anforderungen der Gebäudeklasse und der zugrundeliegenden Richtlinien entsprechend aufgebaut bzw. beplankt.

Insbesondere die Entwicklungen im kostengünstigen Wohnbau haben eine Anpassung von herkömmlichen Bauweisen der vergangenen Jahre angestoßen und Planer und Hersteller zur Optimierung der bisherigen Verfahren veranlasst. Um eine Beschleunigung eines Großteils der Ablaufszenarien am Bau zu erreichen, wurde die Verwendung von modularen, dreidimensionalen Raumeinheiten, die sich durch einen hohen Vorfertigungsgrad auszeichnen, vorangetrieben. Im Gegensatz zu Skelettsystemen und zweidimensionalen Wand- und Deckenbauteilen bestimmen vor allem Wirtschaftlichkeit und schnelle Abläufe diese Bauart. Innovative Technologien haben zu Verbesserungen geführt, die je nach Konstruktion mittlerweile auch mehrgeschossige Gebäude über die Hochhausgrenze hinaus ermöglichen. Konträr zur hohen Effizienz dieser Bauweise ist der relativ geringe Gestaltungsspielraum, da die Raumeinheiten an ein strenges Grundraster gebunden sind.

## 2.2. Modulare Raumzellen aus Holz

Der starke Anstieg für den Einsatz von dreidimensionalen Raumeinheiten im Wohnungsbau ist sicherlich auf den hohen Wohnraummangel zurückzuführen, der in den letzten Jahren vor allem in Ballungsgebieten stattgefunden hat. National wie international hat der Zuzug in das urbane Umfeld zur Folge, nachhaltige Maßnahmen der Nachverdichtung zu entwickeln und diese im Sinne einer energetisch effizienten, technologisch und ökonomisch adäquaten baulichen Umsetzung zu gewährleisten.

Aufgrund ihrer hohen Wirtschaftlichkeit – der Einsatz von vorgefertigten, fast vollständig installierten Wohneinheiten bietet zeitliche und kostenrelevante Vorteile für Produktionsmethoden und Abläufe am Bau – hat die Verwendung von fast vollständig im Werk komplettierten Raummodulen deutlich an Bedeutung gewonnen. Durch die hohe Nachfrage konnten Materialsysteme und Konstruktionsmethoden weiterentwickelt werden und entsprechend eines optimierten Einsatzes verbessert werden. Nichtsdestotrotz ist die Kostenstruktur ein relevanter Faktor, der unter Berücksichtigung von Material und Konstruktion eine ganzheitliche Betrachtung einer Planung erforderlich macht. Dadurch können die nachhaltigen Eigenschaften eines Holzbaus im Vergleich zu anderen Bauweisen adäquat gegenübergestellt und geprüft werden.

Im Vergleich zu massiven Bauweisen geht man bei Holzbausystemen von einer Kostensteigerung von bis zu 15% aus .

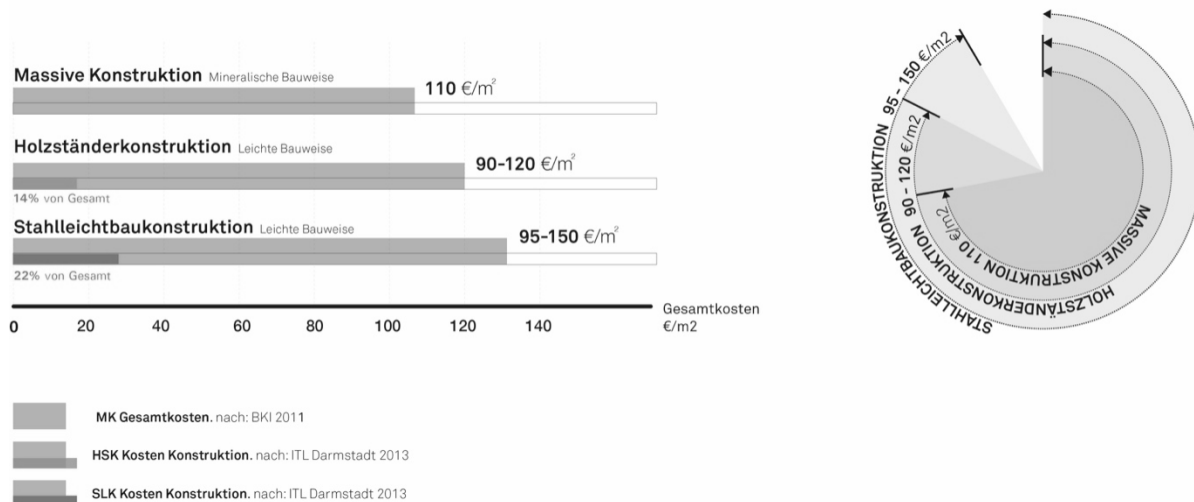


Abbildung 5: Vergleich Kostenstruktur von Außenwandkonstruktionen in Massiver Bauweise, Holzständerbauweise und Stahlleichtbau. Quelle: Jutta Albus 2015 nach BKI & ITL Darmstadt

Je nach Planungsansatz unterscheiden sich die konstruktiven Aufbauten der dreidimensionalen Raumeinheiten. Um die stringenten bautechnischen Anforderungen hinsichtlich Brand-, Schall- und Wärmeschutz zu gewährleisten, ist eine entsprechende Umsetzung eines Gebäudes erforderlich. Ob es sich hierbei um Module handelt, deren Wand- und Deckenelemente in Holzmassivbauweise oder als Holzständerkonstruktion ausgeführt werden, muss sowohl unter technischen, funktionalen, gestalterischen, als auch ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet werden. Hier kann die frühe Zusammenarbeit mit einem Industriepartner helfen, um planungsrelevante Parameter entsprechend einer günstigen Realisierung im Vorfeld zu prüfen und zu etwaige Schwachstellen zu klären. Systeme aus Materialkombinationen, bei denen der Holzbau durch Deckenelemente in Massivbauweise oder eine zusätzliche Betonlage die Brandschutzanforderungen einer höheren Gebäudeklasse gewährleistet, sind daher keine Seltenheit mehr. Während in Großbritannien Wohngebäude von acht und mehr Geschossen komplett in Holz ausgeführt werden können, sind aufgrund gebäudetechnischer Richtlinien für Deutschland, Österreich und die Schweiz alternative Maßnahmen nötig. Je nach Gebäudeklasse sind Treppenkerne und Erdgeschoßbereiche massiv auszubilden, um Flucht- und Rettungswege für den Brandfall zu schützen.

So auch für den Bau der THW-Bundesschule in Neuhausen, Nähe Stuttgart. Hier wurden 30 Apartmentmodule vorgefertigt und komplettiert zur Montage auf die Baustelle geliefert. Ursprünglich als dreigeschossiges Gebäude in Stahlbetonkonstruktion geplant, das durch das Bundesbauamt Baden-Württemberg in Auftrag gegeben und in den Jahren 2014/15 fertiggestellt wurde, führte der Einsatz von modularen Wohneinheiten für die beiden Obergeschosse zu zeitlichen und damit kostentechnisch so bedeutsamen Einsparungen, dass eine bauliche Umsetzung der Apartments als dreidimensionale Einheiten in Brettsperrholzkonstruktion erfolgte. Im Laufe von ca. 6 Wochen wurden die jeweils 14m<sup>2</sup> großen Module inklusive Sanitäreinheit, Stauraum, und Arbeitsplatz in der Produktionsstätte komplettiert und innerhalb von 6 Tagen auf der Baustelle montiert. Die niedrige Geschoßhöhe und die konstruktive Dopplung von Boden- und Wandbauteilen machte zusätzliche Brandschutzmaßnahmen unnötig. Für die Einhaltung schallschutztechnischer Richtlinien war eine zusätzliche Schüttung im Deckenbereich von 5 cm notwendig, die zu einem Gewicht der Module von ca. 5 Tonnen pro Einheit führte. (Abbildung 6)

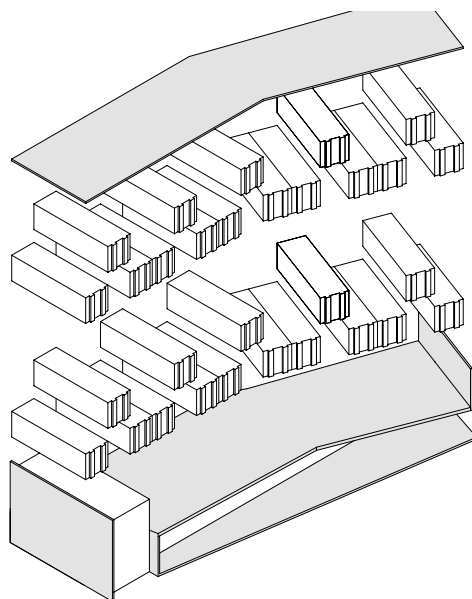


Abbildung 6: Konstruktionstypologie THW-Bundesschule, Neuhausen (D).  
Quelle: Jutta Albus 2017 nach Hochbauamt Reutlingen

Alternativ zu BSP-Wand- und Deckenelementen können auch Holztafelelemente eingesetzt werden. Besonders im mehrgeschossigen Wohnungsbau müssen aufgrund der Brandschutzvorschriften Richtlinien eingehalten werden, die bei dieser Bauweise eine Kapselung der Bauteile erforderlich machen. Kaden Lager Architekten, die schon im Jahr 2008 mit einem Wohnhaus an der Esmarchstrasse in Berlin mit dieser Bauweise Erfahrung gesammelt haben, optimieren ihre Herangehensweise und nutzen die Vorteile einer Hybridkonstruktion aus Holz- und Stahlbeton für Ihr neuestes Wohnungsbauprojekt J1 in Heilbronn. Das 34m hohe Haus, dessen primärer Baustoff Holz sein wird, hat 10 Geschosse und markiert den Eingang des neuen Stadtteils, der im Zuge der Bundesgartenschau geplant wird.

Neue Materialkombinationen und technische Fortschritte haben zu höchst innovativen Lösungen im Wohnungsbau mit Holz geführt. Der Baustoff birgt vor allem im Bereich des nachhaltigen Bauens große Potentiale, und der immer größer werdende Zuspruch unter Architekten und Planern sorgt für eine Anpassung baulicher Regelwerke um einen häufigeren Einsatz zu begünstigen und Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern.

### 2.3. Bauteilverhalten bei Hybridkonstruktionen

Ökonomische und energetische Faktoren sind im Hochbau heutzutage nicht mehr wegzudenken. Im Geschoßwohnungsbau wurden Konzepte entwickelt, die diese Eigenschaften berücksichtigen und zum eigentlichen Treiber in der Entwicklung machen. Durch die intelligente Kombination von Materialien werden insbesondere für den neuen Holzbau neue Konzepte durch innovative Konstruktionstechnologien möglich.

Mittels Materialkombinationen, wie z.B. die Verbindung von Holzmassivbauweisen und Stahlbetonelementen werden die zuvor rein wirtschaftlichen Aspekte von industriellen Bauweisen durch ökologische Qualitäten verbessert und gewährleisten so einen zukunftsfähigen Einsatz.

Ausgehend von Hermann Kaufmanns frühem Beispiel des Life-Cycle Towers in Dornbirn hat sich die Holz-Betonverbundbauweise in einigen Bereichen etabliert, und internationale Beispiele zeigen den progressiven Umgang mit Verbundbauteilen im Geschoßbau. Prototypische Studien, wie z.B. die vom US-amerikanischen Architekturbüro SOM aus Chicago, in der ein Einsatz von Hybridbauteilen im mehrgeschossigen Wohnungsbau vergleichend zu einem 40-geschossigen Bestandsbau aus Stahlbeton betrachtet wird, sind genauso aktuell wie bereits realisierte Projekte, z.B. das 14-geschossige Studentenwohnheim Brock Commons in Vancouver, Canada. Beide Projekte, das Case-Study Projekt des 40 Stockwerke hohen Timber-High Rise aus Chicago genauso wie das primär aus Brettsperrholz bestehende Wohnheim in Vancouver stellen anschaulich dar, wie die Kombination aus vorgefertigten Komponenten und neue Materialkombinationen zu hervorragenden Ökobilanzen, und gleichzeitig zur gesteigerten Akzeptanz bei Baubeteiligten und Nutzern führen.

### **3. Zukunftsfähigkeit von Konstruktionen**

Um bei der Konzeption und Umsetzung von Gebäuden in der heutigen Zeit nicht nur den hohen Anforderungen auf energetischer, technologischer und ökonomischer Ebene nachzukommen, sondern gleichzeitig gestalterische und architektonische Qualität sowie soziokulturelle Akzeptanz zu erreichen, ist für Planer und Bauschaffende die sehr umsichtige und besonders vielseitige Entwicklung einer Bauaufgabe essentiell. Inwieweit im Vorfeld über Maßnahmen aus dem Bereich Vorfertigung oder industrialisierte Bauprozesse nachgedacht wird bzw. diese in die Planung integriert werden, ist individuell verschieden und je nach entwurfstechnischer Aussage mehr oder weniger leicht umsetzbar. Generell kann man jedoch sagen, dass eine Herangehensweise, die durch systematisierte Bauweisen und der Berücksichtigung von bauindustriellen Produkten zur Steigerung von wirtschaftlicher Effizienz und qualitativen Arbeitsausführung führt, unterstützt wird. Auch wenn Form und Umfang, in der eben solche Verfahren eingesetzt werden, anpassbar ist, so ist eine frühe Berücksichtigung für die architektonische Entwicklung von Bedeutung und hat demnach einen großen Einfluss auf die architektonische Gestalt. Durch die Kenntnis von Materialanwendungen, Bauweisen und spezifischen Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Systeme können sowohl die Architektur als auch der gesamte Bauprozess für die Zukunft optimiert und verbessert werden.

# Universal Design Quarter, Hamburg – Modulares Bauen mit Holz

Jürgen Bartenschlag  
Sauerbruch Hutton Architekten  
Berlin, Deutschland







# Universal Design Quarter, Hamburg – Modulares Bauen mit Holz

## Universal Design Quartier, Hamburg, 2014 – 2017

**Bauherr:** Dritte PRIMUS Projekt GmbH – ein Joint-Venture von Primus und Senectus

**BGFa:** 13 200 m<sup>2</sup>

**Wettbewerb:** 1. Preis, 2014

**Fertigstellung:** 10/2017

## Modulares Wohnheim für Studierende, Universal Design Quartier, Hamburg

In Hamburg ist das derzeit weltweit größte Wohnbauprojekt in Holz-Modulbauweise entstanden. Das Wohnheim für 371 Studierende ist Teil des neuen Wohnquartiers im Stadtteil Wilhelmsburg, das an den experimentellen Charakter der IBA 2013 anknüpft und sich den Grundsätzen des Universellen Designs verschreibt: nachhaltig, einfach, flexibel, inklusiv.

Mit seiner kammartigen Struktur bindet sich der Neubau in den kleinteiligeren Maßstab seiner Umgebung ein und schreibt damit die städtebauliche Figur der benachbarten Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen entlang einer vielgenutzten Fußweg- und Fahrradverbindung fort.

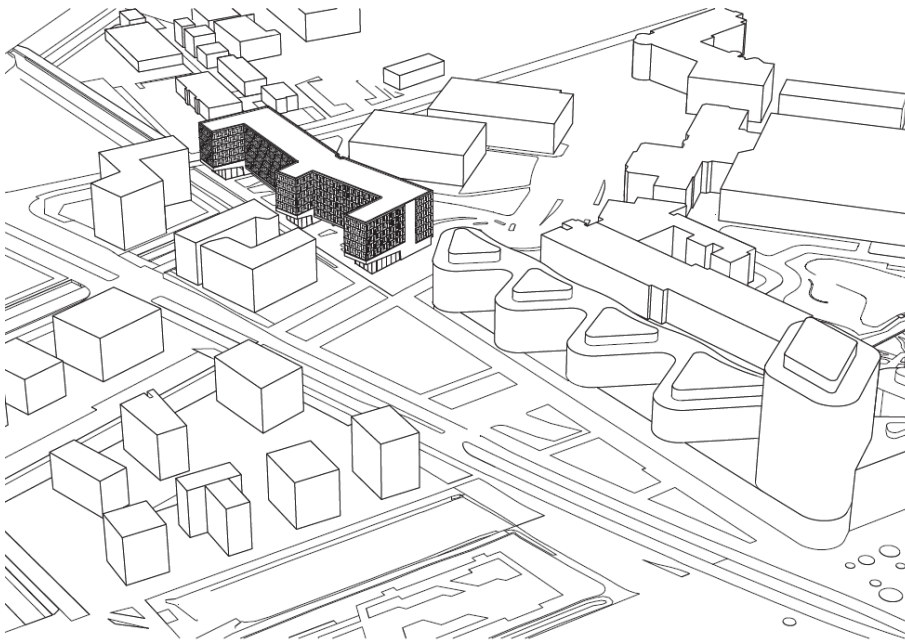


Abbildung 1: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg

Nutzung und Funktionsverteilung des Wohnheims sind von außen deutlich ablesbar. Das Erdgeschoss und die drei Erschließungskerne sind in konventioneller Stahlbetonbauweise mit einer zweiten Schale aus Sichtbeton ausgeführt. So bildet das EG einen Betontisch, auf dem sich die 371 Wohnmodule zu 5 bzw. 6 Obergeschossen stapeln.



Abbildung 2: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
© PRIMUS developments GmbH/Senectus GmbH; Photo: Götz Wrage



Abbildung 3: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
© Sauerbruch Hutton

Unterhalb der Tischauskragung an den Kernen befinden sich Räume für Gemeinschaft und Gastronomie, die vollverglast sind. Das Luftgeschoss zwischen den Kernen bietet Raum für 400 überdachte Fahrradstellplätze und öffnet den Blick zur Rückseite des Grundstücks.



Abbildung 4: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
© PRIMUS developments GmbH/Senectus GmbH; Photo: Götz Wrage

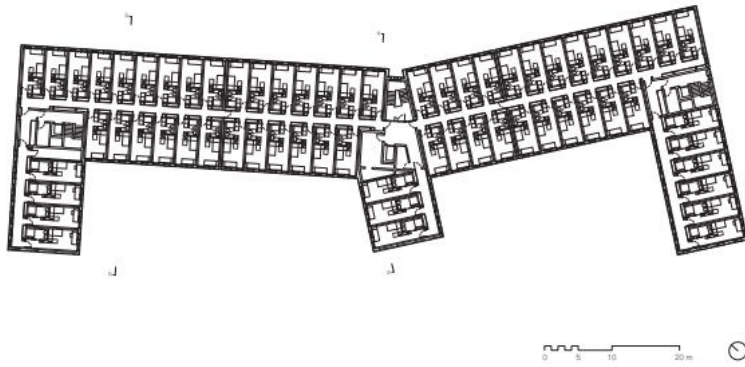


Abbildung 5: UDQ - Universal Design Quartier Hamburg  
© Sauerbruch Hutton

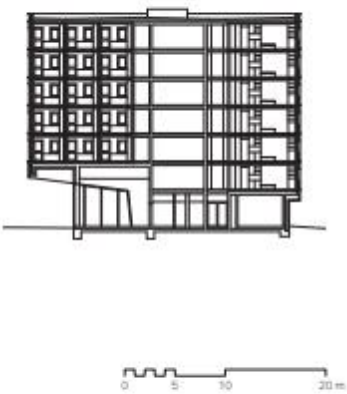


Abbildung 6: UDQ - Universal Design Quartier Hamburg  
© Sauerbruch Hutton

Die 20 m<sup>2</sup> großen Apartments wurden inklusive ihrer Einbauten komplett aus Vollholz vorgefertigt. Mit Ausnahme des Bodens aus Naturkautschuk sind alle Oberflächen holzsichtig belassen worden. Sie schaffen ein angenehmes und gesundes Raumklima für die Bewohner. Die hinterlüftete Vorhangfassade aus vorvergrauter Lärche und ist ebenfalls vorgefertigt. Die Inneneinrichtung wurde von Sauerbruch Hutton mit aufwendigen Studien und Modellen entwickelt und optimiert, um sowohl den funktionalen Bedürfnissen der Bewohner als auch dem wirtschaftlichen Budget des Auftraggebers gerecht zu werden.

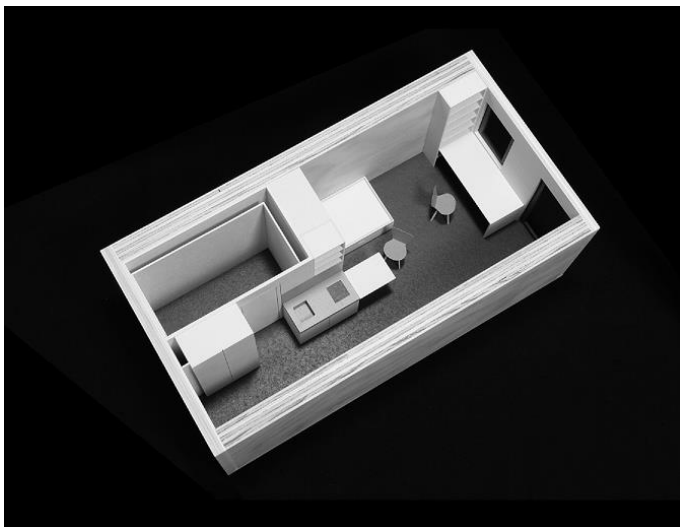


Abbildung 7: UDQ\_Inneneinrichtung\_Modell



Abbildung 8: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
 © PRIMUS developments GmbH/Senectus GmbH; Photo: Götz Wrage

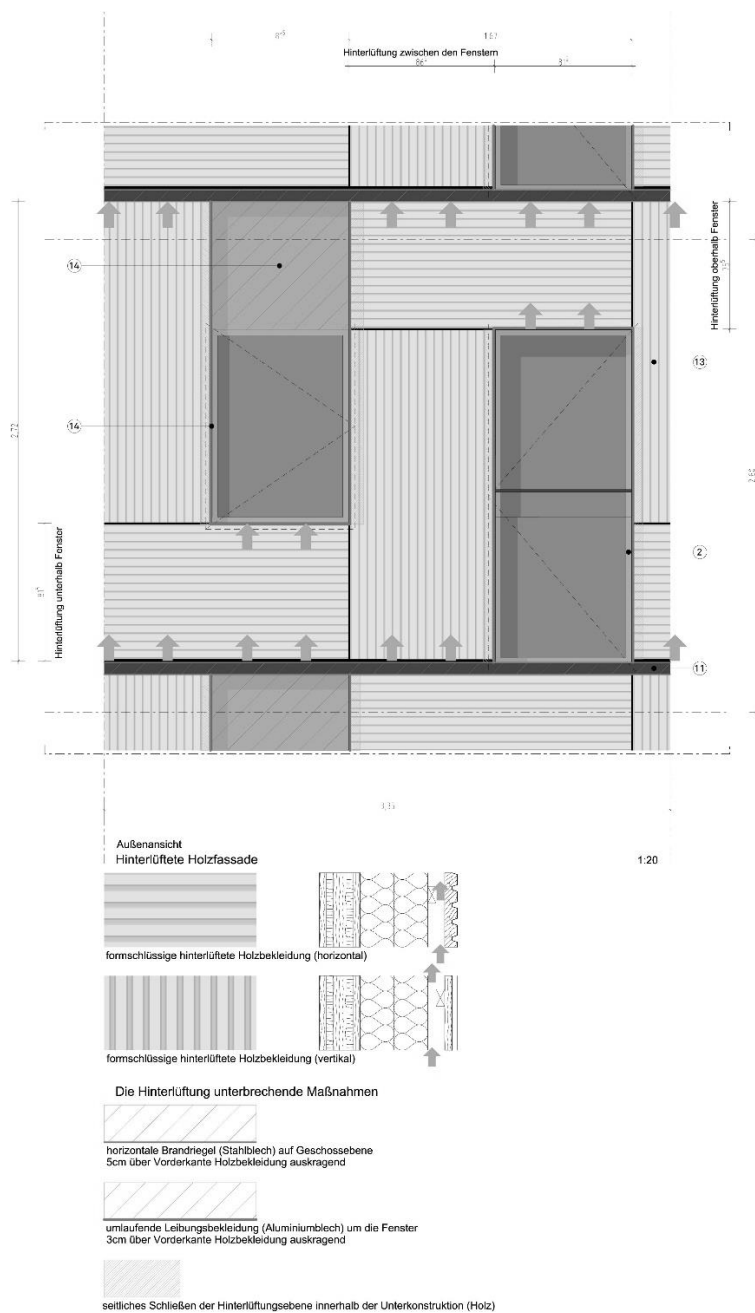


Abbildung 9: UDQ\_Hinterlüftung Aussenfassade

Mit den im Brandschutznachweis genehmigten Abweichungen für die Ausbildung der tragenden Wände, Decken und der Fassaden in Holz wurde in Hamburg ein Präzedenzfall geschaffen, der eine Änderung in der Landesbauordnung auf den Weg gebracht hat. So ist Hamburg seither das zweite Bundesland, in dem Gebäude bis zu 22 Metern Höhe / Gebäudeklasse 5 in Holzbauweise errichtet werden dürfen.

Die Wohnungstrennwände mit der Anforderung F90 werden aus den Wänden der Module und damit gedoppelt in F60 ausgeführt. Die Flurwände haben die Anforderung F30 und integrieren die modulübergreifend ausgeführten Installationsschächte. Aufgrund der Länge des Gebäudes wurden zwei Brandwände aus Beton eingeführt, um Brandabschnitte auszubilden.

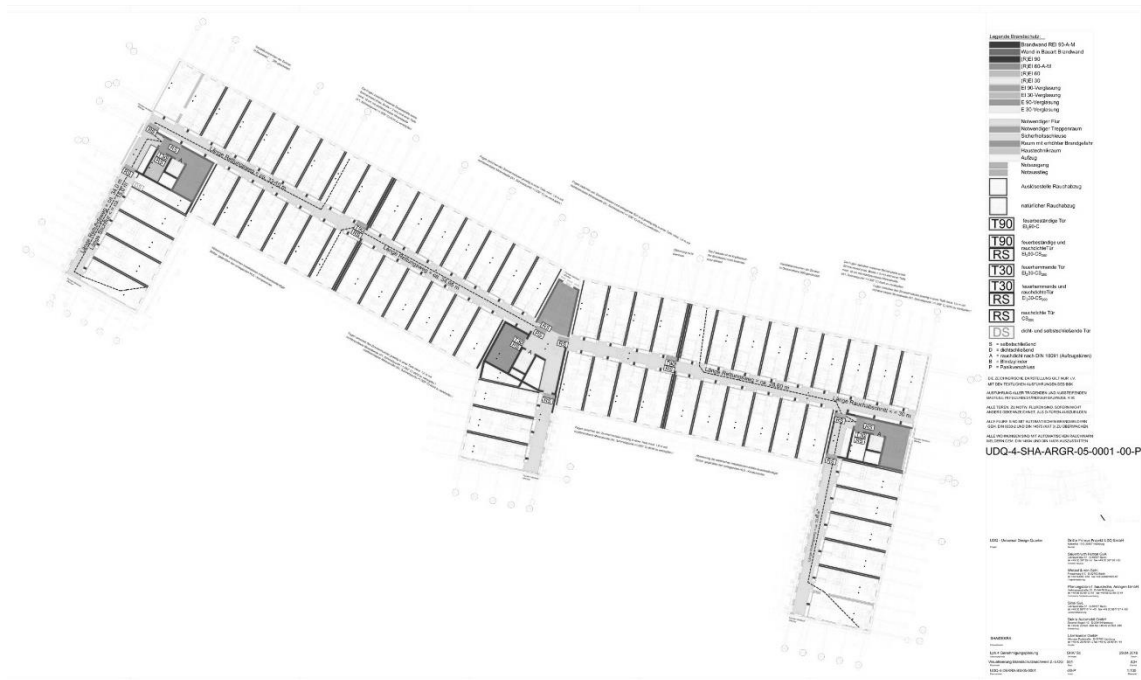


Abbildung 10: UDQ Brandschutzkonzept

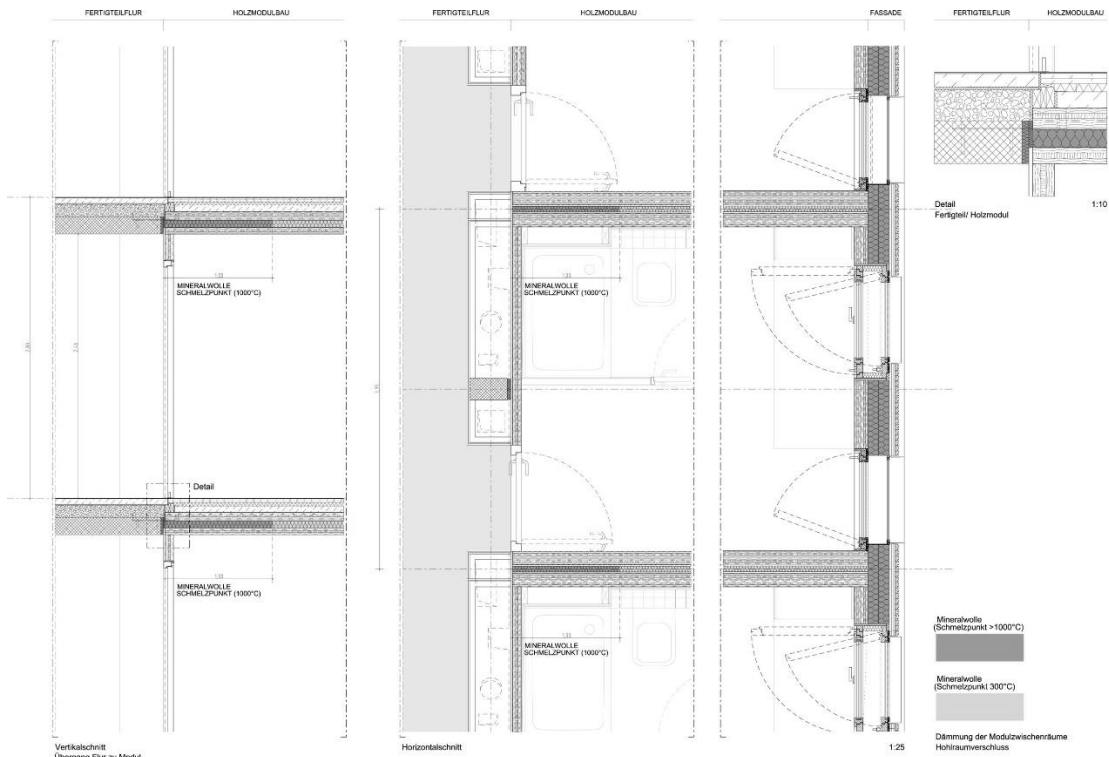


Abbildung 11: UDQ\_Dämmung Zwischenräume

Sämtliche Hohlräume zwischen den Modulwänden und -decken und an der Außenwand mussten mit Mineralwolle ausgestopft werden, um Schwelbränden vorzubeugen.

Die Module wurden inklusive der Inneneinrichtung in Österreich von der Firma Kaufmann Bausysteme komplett vorgefertigt auf LKWs nach Hamburg transportiert und dann sukzessive vor Ort montiert. Die ebenfalls elementierte Holzvorhangfassade wurde dann fassadenweise vor Ort installiert.



Abbildung 12: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
© Kaufmann Bausysteme (Montagehalle)



Abbildung 13: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
© PRIMUS developments GmbH/Senectus GmbH; Photo: Götz Wrage

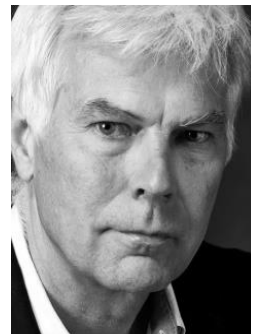


Abbildung 14: UDQ - Universal Design Quarter Hamburg  
© PRIMUS developments GmbH/Senectus GmbH; Photo: Götz Wrage

Die komplette Fertigstellung des Gebäudes erfolgte nach knapp einem Jahr Bauzeit im Oktober 2017. Die Montage der Module selbst erfolgte dabei in ca. vier Monaten.

# Üstra-Siedlung, Hannover Mehrgeschossiger Wohnungsbau in Holzmassivbauweise

Kay Marlow  
MOSAİK Architekten BDA  
Hannover, Deutschland



Die Fotos und Grafiken dieses Beitrages sind urheberrechtlich geschützt.  
Eine Weitergabe und / oder Nutzung ist nur nach Rücksprache mit den Urhebern möglich.





# Üstra-Siedlung, Hannover

## Mehrgeschossiger Wohnungsbau in Holzmassivbauweise

### 1. Städtebau

Auf dem Grundstück der früher als Stadtbahndepot genutzten Fläche an der Vahrenwalder Straße im nördlichen Anschluss an die Innenstadt errichtet die Versorgungseinrichtung der hannoverschen Verkehrsbetriebe «ÜSTRA» eine mehrgeschossige Wohnsiedlung mit 139 Mietwohnungen und einer 2-Gruppen-Kita im Erdgeschoss des südwestlichen Turmhauses.

Der städtebauliche Entwurf ist nach Überarbeitung eines Konzeptes aus einer Mehrfachbeauftragung entstanden, die 2008 MOSAIK architekten bda in Kooperation mit dem Landschaftsarchitekturbüro «Grün plan» für sich entscheiden konnten.



Abbildung 1: Lageplan (Freiraum: Grün plan, Hannover)

Ein Grünzug zwischen den Turmhäusern verläuft in Nord-Süd-Richtung. Im Norden erfolgt eine fußläufige Anbindung über die Siedlung des Spar- und Bauvereins an die Vahrenwalder Straße, im Süden über die Dragonerstraße an den Dragonerpark.

Die an die Gebäude angrenzenden Freiflächen werden parkartig mit einer lockeren Baumstruktur und Gehölzpflanzungen gestaltet, durch die gepflasterte Fußwege geführt werden. Die Freianlagen sind mit ausreichend Spielflächen und verschiedenen Spielgeräten für unterschiedliche Altersstufen ausgestattet.

Ausreichend überdachte Fahrradstellplätze werden zwischen den Häusern bzw. in den jeweiligen Hauskellern angeboten.

Die Autostellplätze befinden sich ebenerdig am Wohnstraßenrand. Sie werden bei Bedarf an Bewohner vermietet und entsprechend gekennzeichnet. Elektroanschlüsse für E-Mobile sind vorbereitet. Eine Schnellladesäule liegt eingangs in der Verlängerung der Alvenslebenstraße.

Die Gebäude sind zurzeit im Bau. Die Fertigstellung der gesamten Siedlung ist Ende 2019 geplant.



### 3. Holzbau



Abbildung 5: Außenraumperspektive

Von außen werden die Gebäude in den Obergeschossen mit einer Verschalung aus horizontalen vorvergrauten Douglasie-Brettern bekleidet, im EG mit Faserzementplatten.

Die Keller und Treppenhauskerne sind in Stahlbeton geplant, die tragenden Außen- Innenwände und Decken werden in Brettsperrholzelementen (d=18-22cm) ausgeführt. Die Gebäude werden der Gebäudeklasse 4 (NBauO) zugeordnet, somit Bauteile in F60 ausgeführt.

Der Schallschutz wird nach den Anforderungen der VDI 4100, Schallschutzstufe II geplant. Die Hauptproblematik liegt bei der massiven Holzbauweise bekanntermaßen nicht bei den Bauteilen selber, sondern in der Schallübertragung über flankierende Bauteile. Es werden deshalb alle Bauteile mit Sylodynlagern zur Entkopplung versehen.



Abbildung 6/7: Treppenhäuser (links), BSP-Elemente Montage (Brüggemann), Fotos: O. Mahlstedt, Hannover

Um die positiven Auswirkungen der Holzbauweise auf die Klimabilanz beurteilen zu können, wurde Frau Prof. Dr. Annette Hafner der Ruhr-Universität Bochum beauftragt, die Treibhausgasreduktion (in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent) zu bewerten. Auszug aus ihrer Expertise (Juni 2017): «Die Üstra-Siedlung mit ihren ca. 18.000 m<sup>2</sup> BGF kann gegenüber einer mineralischen Bauweise ca. 2.150 t CO<sub>2</sub> Äquivalent einsparen. Neben der Einsparung von Treibhausgasen durch die Holzbauweise können die Gebäude ca. 3.575 t CO<sub>2</sub> durch den im Holz gespeicherten Kohlenstoff über ihre Lebensdauer binden. Der durch die Holzmaterialien gebundene Kohlenstoff bleibt als temporärer Kohlenstoffspeicher erhalten und wird erst beim Abbruch der Gebäude (ca. 70–100 Jahre) als verbrauchtes CO<sub>2</sub> ausgebucht.»



## **Block A2**

# **Potenzielle serieller Gebäudekonzepte zur Quartiersnachverdichtung**



# GdW Rahmenvereinbarung serielles und modulare Bauen

Fabian Viehrig  
GdW Bundesverband deutscher  
Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.  
Berlin, Deutschland







# GdW Rahmenvereinbarung serielles und modulare Bauen

Die Wohnungswirtschaft wird in den kommenden Jahren viele Herausforderungen zu meistern haben. Eine große Herausforderung stellt vielfach der Wohnungsneubau dar.

Zur Bewältigung der Herausforderung wurde in der vergangenen Legislaturperiode das Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen ins Leben gerufen. In vielen Arbeitsgruppen wurden Schwerpunkte wie Recht, Grundstücke und Kosten behandelt. Ein Ergebnis aus der Baukostensenkungskommission war, dass das serielle und modulare Bauen helfen könnte, bisher ungenutzte Effizienzpotenziale im Planen und Bauen zu heben, um damit Kosten- und Zeitersparnisse zu realisieren.

Um diese Bauweisen gezielt zu forcieren und Barrieren abzubauen, wurde durch das BMUB eine Arbeitsgruppe Serielles Bauen eingerichtet. Die Idee war, mit Unterstützung des BMUB einen Wettbewerb der Wohnungs- und Bauwirtschaft zu initiieren, der eine Initialzündung gibt. Der Wettbewerb serielles und modulares Bauen sollte Ideen und Lösungen präsentieren, die im Anschluss zur Anwendung gebracht werden.

Ende 2016 fiel dann der Entschluss, den Ideenwettbewerb nicht weiter zu verfolgen und anstatt eines klassischen zweiphasigen Architektur-Wettbewerbs ein Ausschreibungsverfahren für eine Rahmenvereinbarung zu konzipieren, sodass Mitgliedsunternehmen des GdW möglichst unmittelbar daraus Bauleistungen beauftragen können.

Die diesbezüglichen Möglichkeiten wurden durch die Rechtsanwälte Prof. Dr. Olaf Reidt und Dr. Thomas Stickler aus der Kanzlei REDEKER SELLNER DAHS in einer rechtlichen Stellungnahme für den GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. untersucht. Die Stellungnahme kam zu dem Ergebnis, dass sich zu einer Erreichung dieser Ziele am ehesten der Abschluss einer Rahmenvereinbarung anbietet, die es den im GdW zusammengeschlossenen Wohnungsunternehmen ermöglicht, in Form von Einzelaufträgen die in der Rahmenvereinbarung geregelten Planungs- und Bauleistungen abzurufen, dies zugleich in Form eines Baukastensystems mit den notwendigen Anpassungen an die konkreten Anforderungen und örtlichen Gegebenheiten. Umgesetzt wurde dieses Konzept durch eine EU-weite Ausschreibung des GdW im Auftrag seiner Mitgliedsunternehmen, die als Verhandlungsverfahren für die Rahmenvereinbarung «Serielles und modulares Bauen» bezüglich der Planungs- und Bauleistungen für Mehrfamilienhäuser durchgeführt wurde. Um neben den wirtschaftlichen Aspekten auch die Bauqualität bestmöglich einzubeziehen, wurde für die Angebotsbewertung ein Bewertungsgremium gebildet, das für die Bewertung der Qualität der eingereichten Systemwürfe zuständig war. Bewertet wurden dabei Qualität und Innovation einerseits sowie Angebotspreis, Lieferfähigkeit, Instandsetzungs- und Wartungsaufwand andererseits mit jeweils 50 %. Der Rahmenvertrag hat eine Laufzeit von 5 Jahren. Den Zuschlag erhielten 9 Bauunternehmen und Bietergemeinschaften aus Architekturbüros und Bauunternehmen, um einerseits den angestrebten Abrufmengen sowie der örtlichen Verteilung im gesamten Bundesgebiet Rechnung tragen zu können und zum anderen den Wohnungsunternehmen Auswahlspielräume zu geben. Für die Einzelabrufe wird dabei durch das jeweilige Wohnungsunternehmen, sofern es zur öffentlichen Ausschreibung verpflichtet ist, ein vereinfachter Wettbewerb zwischen den Rahmenvertragsunternehmen durchgeführt, die für die betreffenden Leistungen sachlich und örtlich in Betracht kommen. Darüber hinausgehende Ausschreibungsverfahren sind für die Wohnungsunternehmen unabhängig davon, ob sie öffentliche Auftraggeber sind oder nicht, entbehrlich, aber natürlich weiterhin möglich. Diese durch den Rahmenvertrag vorgenommene Beschränkung des Wettbewerbs vereinfacht daher nicht nur den Wohnungsunternehmen die Beauftragung. Sie gibt durch die mit dem Rahmenvertrag vorgegebenen Leistungsgegenstände und die Begrenztheit des Wettbewerbs den Rahmenvertragsunternehmen zugleich auch ein hohes Maß an Zuschlagswahrscheinlichkeit, welches sie in konventionellen Ausschreibungsverfahren in aller Regel so nicht haben.

Der Rahmenvertrag umfasst neun Angebote und basiert auf einer funktionalen Ausschreibung für ein fiktives Grundstück. Er definiert Rahmendaten und Preise für ein Modellgebäude. Es gibt sowohl deutschlandweite als auch für ein bestimmtes Liefergebiet geltende Angebote.

Die konkrete Beauftragung eines Bauvorhabens wird mittels Einzelauftrag auf Grundlage des Rahmenvertrags durch das Wohnungsunternehmen selbst erfolgen. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass nicht alle realen Bausituationen im Vorhinein kalkulierbar sind. Insofern ist der Rahmenvertrag nahezu vollständig gebäudebezogen. Grundstücksfragen sind einzelvertraglich zu regeln.

Die Auswahl der neun Angebote hat der GdW als Vergabestelle auf Grundlage der Ergebnisse der Vorprüfung durch eine wohnungswirtschaftliche Expertengruppe und eine Fachjury vorgenommen.

Die Basis für die eingereichten Entwürfe und Konzepte bildete die funktionale Leistungsbeschreibung (FLB) sowie die im Verfahrensverlauf erarbeitete FAQ-Liste. Neben der Klärung der juristischen Belange stellte die Formulierung der FLB die wohl schwierigste Aufgabe dar. Es galt so wenig wie möglich festzulegen, um einen möglichst großen Angebotsraum zuzulassen, aber gleichzeitig so viel wie möglich festzulegen, um die Ansprüche der Wohnungsunternehmen möglichst genau zu umreißen, damit im Anschluss passende Lösungen für die bestandshaltende Wohnungswirtschaft angeboten werden.

Die funktionale Leistungsbeschreibung formulierte Anforderungen in den folgenden Bereichen:

- städtebauliche und architektonische Qualität;
- funktionale Qualität (Gebäudeflexibilität/Einsatzfelder, Wohnungsschlüssel, Verkehrsflächen u.a., Grundrissgestaltung und Möblierbarkeit, Küchengestaltung, Erschließungssituation);
- ökologische Qualität / Nachhaltigkeit und Energiekonzept;
- technische Qualität.

Die Angebote sollten anpassbar an viele lokale Situationen und lokale Wohnungsmärkte sein. Insofern hatte man weder einen lokalen Bezugsanker, der eine städtebauliche Einpassung erforderte, noch ein spezielles Kundensegment zur Definition des Wohnungsstandards vor Augen. All diese Anforderungen müssen bei Einzelbeauftragung realisiert werden. Insofern müssen die Konzepte ein hohes Maß an universeller Qualität mitbringen und zudem eine große Variabilität und Flexibilität in nahezu allen Belangen zulassen. Weiterhin mussten die Angebote hinreichend definiert und bepreist sein, um eine Auswahl treffen zu können.

Es wurde ein Modellgebäude mit einem einzuhaltenden Wohnungsschlüssel definiert. Das Modellgebäude steht auf einem fiktiven Grundstück.

- Einzelgebäude, reine Wohnnutzung, vier (Voll-)Geschosse, keine Außenanlagen
- 24 Wohneinheiten
  - 4 x 1-2-Zimmer-Wohnungen bis 45 m<sup>2</sup>,
  - 8 x 2-Zimmer-Wohnungen ca. 60 m<sup>2</sup>,
  - 8 x 3-Zimmer-Wohnungen ca. 75 m<sup>2</sup>,
  - 4 x 4-5-Zimmer-Wohnungen mehr als 75 m<sup>2</sup>;
- ohne Aufzug  
(vorgerüstet, Aufpreis für den Einbau und die Nachrüstung des Aufzuges ausweisen).
- Kellergeschoss (normale Bodenbedingungen)
- Freie Wahl bei Material und Technologie

Ausgehend von dem Modellgebäude sollte die Variabilität des vorgelegten Konzeptes aufgezeigt werden, nämlich bei unterschiedlicher Geschossigkeit bis unter die Hochhausgrenze, für eine Zeilen- und Blockrandbebauung, für innerstädtische Lagen, Nachverdichtungen und Neubauf Flächen sowie mit einer Gewerbenutzung im Erdgeschoss optional. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Konzepte der Bieter für möglichst viele unterschiedliche Grundstückssituationen eingesetzt werden können.

Das Modellgebäude und die Varianten waren in den Kostengruppen 300, 400 und 700 zu kalkulieren sowie verbindlich anzubieten.

	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>
<b>Geschossigkeit</b>	7 Vollgeschosse	5 Vollgeschosse	4 Vollgeschosse
<b>Gebäudeart</b>	Einzelgebäude	Blockrandbebauung (Lückenschluss) mit Ausbildung einer Ecke	Gebäudezeile (drei Gebäude kombiniert)
<b>Baugebiet</b>	Nachverdichtung	innerstädtische Lage	Neubauf Fläche
<b>Nutzung</b>	Wohnen im EG	Gewerbenutzung im EG	Wohnen im EG

Das Modellgebäude und dessen Varianten bilden einen Großteil der üblicherweise vorzufindenden Bauaufgaben ab. Es sei an dieser Stelle jedoch betont, dass nicht der Anspruch bestand, jede erdenkliche Situation zu meistern. Es waren die «normalen» Situationen abzubilden in üblichen städtischen Wohnsituationen. Insofern stellt es einen Ausgangspunkt dar. Im Regelfall musste das Modellgebäude für den jeweiligen Bauwunsch hinsichtlich Höhe, Breite, Wohnungsmix usw., sowie der äußeren Erscheinung angepasst werden. Darauf aufbauend wurde ein auf den Angebotspreisen basierendes Einzelangebot berechnet.

Die Anforderungen an die Wohnqualität ergaben sich zum einen aus den Anforderungskriterien des nachhaltigen Wohnungsbaus (NaWoh) sowie aus vorbereitenden Expertenworkshops und Gesprächen. Zusätzlich können sich bauherrenspezifische Anforderungen aus dem Einzelauftrag ergeben.

Hinsichtlich der Materialität sollten keine Vorgaben gemacht werden.

Mit dem Ergebnis der Ausschreibung sind die beteiligten Partner sehr zufrieden. Die von den Bietern eingereichten Angebote zeigen deutlich, dass serielles und modulares Bauen der heutigen Zeit nichts mit industriell gefertigten Einheitsbauten vergangener Tage zu tun hat. Die Qualität der Konzepte ist ausnahmslos hoch, auch die architektonische Qualität, etwa bei der Fassadengestaltung, überzeugt. Die Konzepte zeigen, dass sie auf vielfältige Grundstückssituationen angepasst werden können und auch in Baulücken und bei Blockrandbebauung in einer Grundstücksecke eingesetzt werden können. Neben der erwarteten Variabilität in der Grundrißgestaltung eines Geschosses zeigen einige Angebote sogar viele Möglichkeiten der Gestaltung des Grundrisses ein und desselben Wohnungstyps auf.

Insbesondere bei den modular angebotenen Grundkonzeptionen konnten erwartungsgemäß Holz-, bzw. Holzhybridkonstruktionen punkten. Es sind aber auch Massivbeton- sowie eine Stahlrahmenkonstruktion im Angebot zu finden. Weiterhin wurden klassische elementierte Konstruktionen angeboten. Für uns überraschend und sehr interessant stellte sich das Angebot eines «Holzbaukastens» dar. Der Anbieter verspricht neben der geforderten geringen Bauzeit die problemlose Rückbaubarkeit des Systems. Für die bestandshaltende Wohnungswirtschaft stellt der Rückbau zwar eher die Ausnahme dar. Unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten ist die spätere vermutlich sehr leichte Trennbarkeit der Grundkonstruktion einzigartig.

Die nach unserer Auffassung sehr gelungenen Angebote sind das Ergebnis einer hervorragenden Zusammenarbeit von Planern und Ausführenden. Bis hierhin hat sich gezeigt, dass das gemeinsame Arbeiten in dieser Form eine Möglichkeit sein kann, serielle und

modulare Bauweisen praxisnah zu entwerfen. Im Fortgang der Rahmenvereinbarung wird sich zeigen, wie gut die Gemeinschaft in der Realisierung der Angebote funktioniert. Wir sind davon überzeugt, dass nach einer kurzen Lernphase (auch für uns Bauherren) für alle Beteiligten diese Rahmenvereinbarung ein Erfolg wird.

Folgende Bieter erhielten den Zuschlag:

- Lechner Immobilien Development GmbH & Planquadrat Elfers Geskes Krämer PartG Architekten und Stadtplaner
- AH Aktiv-Haus GmbH & Werner Sobek Group
- Max Bögl Modul AG & Bögl Gierer Architekten GmbH / Stefan Lippert Architekten GmbH / pbb & Planung + Projektsteuerungs GmbH
- GOLDBECK Nordost GmbH / GOLDBECK Ost GmbH
- ALHO & Koschany + Zimmer Architekten GmbH
- Solidbox GmbH & Roxeler Ingenieurgesellschaft mbH
- Lukas Lang Building Technologies GmbH
- MBN Bau AG & Patriarche Architectes Ingénieurs
- Ed. Züblin AG & Hullak Rannow Architekten GbR

# Serielles Bauen: Ausgeführte Beispiele und Wettbewerbsbeitrag GdW

Karl-Heinz Roth  
ZÜBLIN Timber GmbH  
Aichach, Deutschland





# Serielles Bauen: Ausgeführte Beispiele und Wettbewerbsbeitrag der GdW

## 1. Seriell – Modular – Industriell

Die drei Begriffe werden nahezu immer im gleichen Zusammenhang genannt. Es wird sicher Projekte geben, auf die alle drei Attribute zutreffen; hier im Referat sollte jedoch eine Differenzierung stattfinden.

- Seriell: Wiederholung ganzer Projekte oder wesentlicher Bauelemente.
- Modular: Kann sich auf Raummodule beziehen, also vorgefertigte Volumenkörper oder auch eine Planung, die aus einzelnen Modulen besteht die zusammengefügt werden können.
- Industriell: Weitestgehend durchgeplante und durchgetaktete Fertigung und Montage. Die Fertigung findet in großen Teilen automatisch statt. Montageabläufe werden einzeln analysiert und z.B. durch LEAN-Taktung optimiert.

## 2. Serielle Bauwerke

Serielle Bauwerke im klassischen Sinne sind in diesem Referat Holzbau-Bauprojekte, die sich im Ganzen wiederholen. Die einzelnen Bauwerke sind in weiten Bereichen zu 100% identisch ausgeführt. Hierbei kommt der Serieneffekt am stärksten zum Tragen. Etwas abgemindert wirkt sich dieser aus, wenn sich nur die wesentlichen Bauprinzipien wiederholen die Gebäude an sich jedoch nicht identisch sind. Serielle Bauwerke schränken die Flexibilität für Anpassungen des Bauherrn am meisten ein.

### 2.1. Punkthäuser der GEWO Speyer

Drei vom Grundriss betrachtet nahezu identische Punkthäuser werden in einer bestehenden Siedlung der GEWO in Speyer zur Nachverdichtung erstellt. Die Häuserzeilen des Bestandes aus den 50er und 60er Jahren bieten genügend Platz zwischen den Reihenhäusern, so dass hier eine Nachverdichtung stattfinden kann. Entscheidend ist hierbei die Beeinträchtigung der Bewohner der Bestandshäuserzeilen so gering wie möglich zu halten. Die serielle Bauweise mit dem Werkstoff Holz, hier Fichten-Brettsperholz, ermöglicht die äußerst kurze und auch relativ geräuscharme Bauweise. Die auf maximale Einfachheit reduzierte Konstruktion trägt zusätzlich zur kurzen Bauzeit und Kostenreduzierung bei. Im Gesamten vergingen zwischen dem Baubeginn und der termingerechten Übergabe des letzten der drei Bauwerke nur vierzehn Monate.



Abbildung 1: GEWO Speyer,  
Foto: ©Head Corporate Advisor GmbH

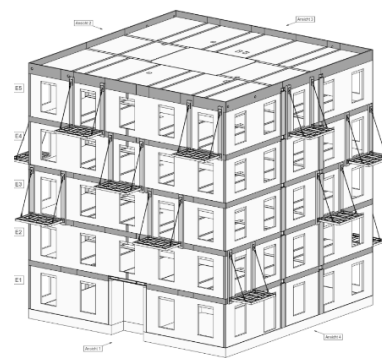


Abbildung 2 und 3: Grundriss und Perspektive GEWO Speyer  
Grafik: Ingenieurbüro von Fragstein

## 2.2. Kindergarten Frankfurt

In der Stadt Frankfurt, wie auch in den meisten anderen Metropolen, herrscht eine rege Nachfrage nach Kindergartenplätzen. Zur Bauzeit und Kostenoptimierung wurde hier die Vergabe von sechs identischen Kindergärten an ein Unternehmen getätigt. An diesem Projekt wird die unterschiedliche Auswirkung der seriellen Bauweise auf die Fertigung und Montage dargestellt. Für die sechs Kindergärten wurden die Produktionszeit der Holzrahmenbauelemente und die gesamte Montagedauer je Gebäude erfasst. Bei der Montage lässt sich eine stetige Verbesserung der Montagedauer je Gebäude signifikant ablesen. Offensichtlich hat hier die serielle Bauweise den größten Effekt. Die Fertigungsstunden je Quadratmeter Holzrahmenbauwand sind zwischen dem ersten und dem sechsten Kindergarten jedoch nahezu gleich. Offensichtlich wird hier durch einen bereits optimierten Produktionsablauf der Serieneffekt überlagert und kommt daher nicht mehr zum Tragen. Die Fertigung der Wände für ein Gebäude stellt bereits eine Kleinserie für sich dar.

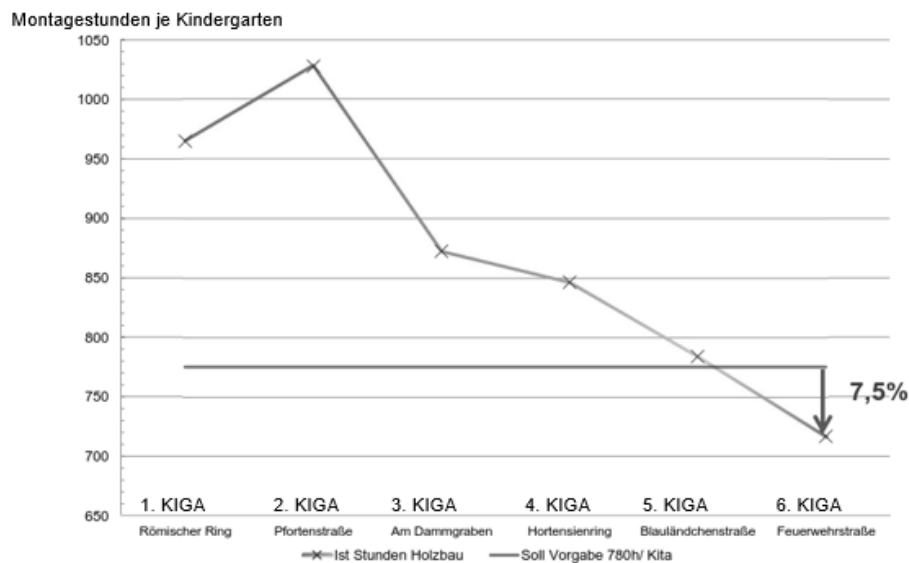


Abbildung 4: Montagezeiterfassung, Kindergärten Frankfurt

## 3. Serielle Bauelemente

Weniger einschränkend auf die Gestaltung des Bauwerkes ist es, wenn nur sich wiederholende Bauelemente als Serie geplant und auch gebaut werden. Die Variation kann hierbei in der Einbausituation liegen, wobei die werksseitig vorgefertigten Bauelemente an sich identisch sind und somit einen seriellen Gedanken zulassen. Oftmals wird jedoch durch Anpassungen an verschiedene Einbausituationen die hundertprozentig serielle Planung und Fertigung gestört.

### 3.1. Studentendorf Adlershof in Berlin

Die Tragstruktur des Studentendorfes ist eine klassische Stahlbeton-Stützen-Unterzug-Decken Struktur. Die Außenwand wurde als Holzrahmenbauweise hergestellt. Der Lösungsansatz bestand darin, die «Lernerker» möglichst identisch auszubilden und dabei die geometrischen Anpassungen an die verschiedenen Grundrisse in den geschlossenen Bereichen aufzufangen. Diese geschlossenen Bereiche wurden mit einem WDVS ausgeführt das vor Ort angebracht wurde. Die Lernerker hingegen wurden weitestgehend in einer Art Serienfertigung im Werk vorgefertigt, um dann zu einem späteren Zeitpunkt eingebaut zu werden. Die Differenzierung zwischen den Erkern wurde planerisch auf ein Minimum reduziert. Durch die serielle Vorfertigung gelang hier die Umsetzung der außergewöhnlichen Geometrie in dem engen Kostenrahmen, der für ein Studentenwohnheim gegeben war.





Abbildung 1: Ansicht der Lernerker Studentenwohnheim Berlin Adlershof  
Foto: ©Mila Hacke

## 4. Optimus – Wettbewerbsbeitrag der GdW

Der Beitrag für den Wettbewerb der GdW vereint die serielle Bauweise mit dem modularen Gedanken in der Planung. Die Tragstruktur wird durch gebäudehohe STB-Stützen in Verbindung mit STB-Unterzügen und Decken erstellt. Das Stützenraster entspricht immer einem festen Raster, das einen maximalen Spielraum für die Gestaltung der Grundrisse der Wohnungen erlaubt. Die vorgehängten Fassaden, die hier in Holzrahmenbauweise konzipiert sind und die vorgehängten Balkon-Kuben werden weitestgehend vorgefertigt in Holzbauweise gefertigt. Durch die modulare Planung sind die wesentlichen Elemente nahezu baugleich, wodurch die serielle Fertigung ermöglicht wird.



Abbildung 2: System Optimus;  
Gemeinschaftsentwicklung Architekten Ranow+Hullak mit Ed. Züblin AG, Bereich Neu-Ulm.  
Visualisierung: © VIS°UM

## 5. Ausblick

Serielle oder auch modulare Bauweisen sind sicher der richtige Weg um dem Kostendruck, der im Allgemeinen herrscht, gerecht zu werden. Beides setzt jedoch eine regelmäßige, wiederkehrende Architektur voraus. Die industrielle Bauweise beschäftigt sich jedoch mit den Bauprozessen an sich und weniger mit der Geometrie der zu erstellenden Bauwerken. Daher können damit auch bei beliebigen Baukörpern Potentiale genutzt werden. Durch die Kombination von serieller und industrieller Bauweise wird es gelingen, die Qualität des Bauwerkes so wie die Qualität der Arbeitsplätze zu erhöhen und dabei gleichzeitig ein optimales Kosten-Nutzen Verhältnis für den Kunden darzustellen.



# "Achtung: Hybrid"

Andreas Hirschmüller  
Hirschmuellerschmidt Architektur GmbH  
Darmstadt, Deutschland





# "Achtung: Hybrid"

## 1. Einführung

### 1.1. Haltung zum Wohnungsbau

Der aktuelle Bedarf an bezahlbarem Wohnraum insbesondere in vielen Ballungsräumen, die Diskussion um ein "Grundrecht Wohnen", die Umsetzbarkeit durch die Wohnungswirtschaft und knappe Zeit- und Geldressourcen sind Anlass genug, über neue Konzepte für Wohngebäude nachzudenken.

Eine Antwort suchen wir im systematisierten Bauen. Die Vereinfachung nicht nur des Planungsprozesses, sondern vor allem der Durch- und Ausführung muss neu gedacht werden. Unsere Antwort finden wir im Vorfertigen und letztendlich im Kataloghaus. Dieses kann man unter Anwendung unterschiedlichster Parameter konfigurieren, bestellen und aufbauen. Und das mit kurzen Bauzeiten und zu festen Preisen.

Es entsteht zeitgemäßer und bezahlbarer Wohnraum für den Sozialen Wohnungsbau und für frei finanziertes Wohnen. Die Wohnungen eignen sich für körperlich beeinträchtigte Nutzer, alle Einheiten sind barrierefrei nach DIN 18040-2.

Für diese Anforderungen gehen wir weg vom individuell hergestellten Haus hin zum Serienprodukt.



Abbildung 1: Systemhaus Hanau, Lenbachstraße

## 2. Zeit ist Geld

### 2.1. Einfache Abläufe

Wir vereinfachen die gewohnten Abläufe von der Konzeption bis zur Übergabe der neuen Flächen an die Nutzer. Durch eine deutliche Zeiteinsparung bei der Konzeptions- und Planungsphase, die üblicherweise für eine Individualplanung erforderlich ist, kann sehr schnell ein Bauantrag eingereicht werden. Genehmigungsverfahren und -fristen verkürzen sich durch die Anwendung der Typenplanung. Die Förderfähigkeit aller Gebäudemodule wird einmalig geprüft und gilt für alle weiteren Bauvorhaben. Die Bauzeit beträgt nur noch ca. 6 Monate für ein Gebäude mit ca. 30 Wohnungen und Vollunterkellerung. Die Wirtschaftlichkeit wird durch diese Einsparung von Bauzeit, zuverlässige Bezugstermine und einen vergleichsweise minimierten Personaleinsatz auf der Bauherrensseite gesteigert. Ein optimierter industrieller Herstellungsprozess mit einem hohen Grad an Know-How erhöht die gleichbleibende Qualität.

## 2.2. Einfache Projektentwicklung

Die Anwendung des Katalogangebots ermöglicht eine einfache Projektentwicklung. Ein zur Verfügung stehendes Baugrundstück kann anhand der Typenplanung auf seine optimale Bebaubarkeit untersucht werden. Anhand einer Machbarkeitsstudie wird das Projekt mit Behörden und sonstigen Beteiligten untersucht. Die Preisfindung und Angebotserstellung erfolgt durch den Systempartner, der das Gebäude schlüsselfertig errichtet. Das Gebäude wird aus dem Katalog konfiguriert.

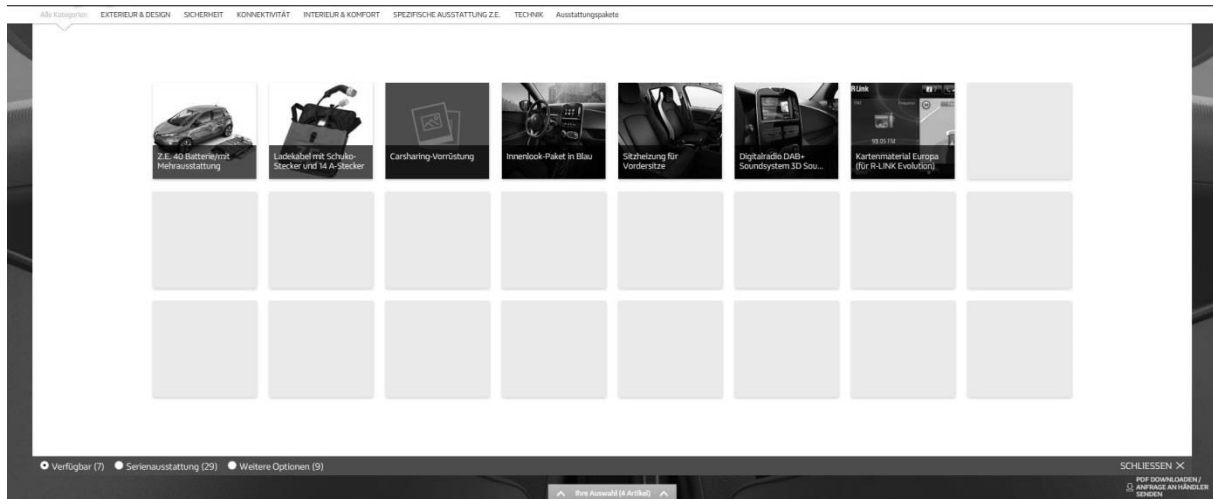


Abbildung 2: Konfigurator, Quelle: Renault.de

## 3. Städtebau

### 3.1. Städtebauliche Figuren

Mit unserem Systemhaus sind viele unterschiedliche städtebauliche Figuren möglich. Dieses ist damit nicht nur für die Nachverdichtung von Bestandsliegenschaften geeignet, sondern kann als individuelle Figur oder als straßenbegleitender Gebäudezug zur Bildung städtebaulicher Räume verwendet werden. Bei allen Anordnungen sind Aspekte wie Belichtung, Brandschutz- und Brandüberschlag und Lage der Balkone miteinander kompatibel.

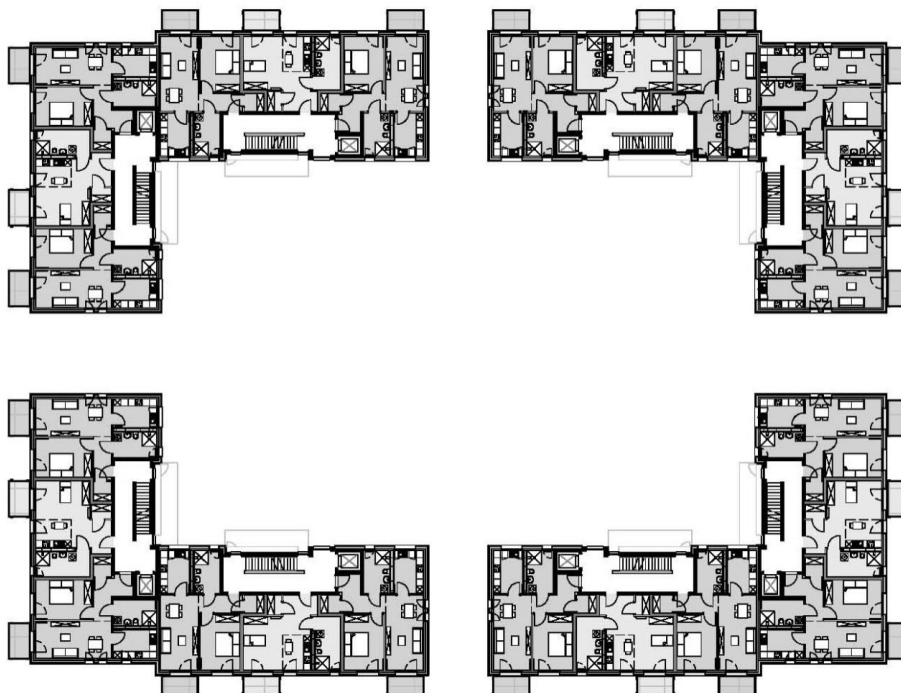


Abbildung 3: Städtebauliche Figur Atrium

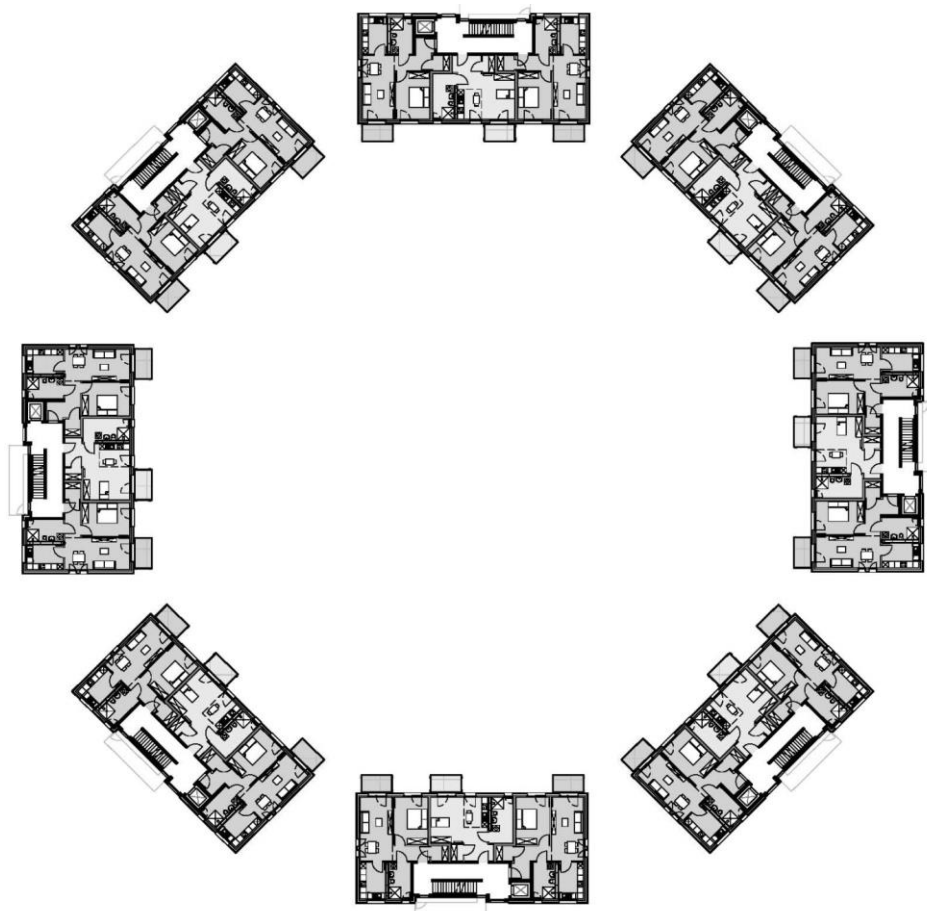


Abbildung 4: Städtebauliche Figur Ring

## 4. Das Systemhaus

### 4.1. Module

Das Systemhaus besteht aus derzeit 12 unterschiedlichen und untereinander kombinierbaren Modulen. Jedes Modul enthält Wohnungen mit 1 bis 5 Zimmern auf. Die Module können in der Reihe aneinandergesetzt und gestapelt werden. Es stehen punktförmige und gereifte Gebäudetypen zur Verfügung. Zusätzlich wurde ein Reihentyp mit Laubengangerschließung mit bis zu 7 Vollgeschossen entwickelt.

### 4.2. Konzeption und Realisierung

Das Systemhaus wurde in einer Kooperation zwischen einem Generalübernehmer als Systemlieferant und den Architekten serienreif konzipiert und entwickelt. Die Planer übernehmen zu Projektbeginn die jeweilige Bebauungsstudie für den Bauherren. Nach erfolgreicher Prüfung erstellt der Generalübernehmer ein Festpreisangebot. Mit Auslösung der Beauftragung erfolgt die Erstellung eines Bauantrags mit anschließender Ausführungsplanung für die Anwendung der Systemplanung auf die Örtlichkeit.

### 4.3. 3 bis 20 Vollgeschosse

Derzeit wird das Systemhaus mit mindestens 3 Vollgeschossen bis max. 20 Geschosse angeboten. Das System-Hochhaus verfügt über einen Sicherheitstuppenraum. Alle Gebäude verfügen über eine Vollunterkellerung, werden aber auch ohne Unterkellerung mit Kellerersatzgebäuden oder -räumen angeboten.



Abbildung 5: Punkthaus 8 Geschosse



Abbildung 6: Punkthaus 20 Geschosse, Hochhaus

## 5. Das Hybridgebäude

### 5.1. Konstruktion

Das Hybridgebäude besteht aus unterschiedlichen Primärbaustoffen. Holzwerkstoffe und Stahlbeton sind die Hauptbaustoffe des Systemhauses. Zum Einsatz kommen Holzmassivwände aus Brettsperholz, Geschossdecken als Stahlbeton- oder Holz-Beton-Hybriddecken, Fassadenbekleidungen aus Holzbrettschalungen und WDVS-Systeme, für Hochhaustypen Plattenwerkstoffe und Metall. Keller und Treppenträume bestehen aus einem Baukasten aus Stahlbetonfertigteilen. Die Module werden industriell in der Werkhalle gebaut. Die Bäder sind Fertigbäder in Leichtbaukonstruktion. Der Innenausbau besteht aus Leichtbauwänden aus Metall-Gipskarton-Elementen.

### 5.2. Baustoff Holz

Holz ist ein nachhaltiger und CO<sub>2</sub>-neutraler Hauptbaustoff. Das eingesetzte Holz wächst im deutschen und österreichischen Wald. Dies stellt verhältnismäßig kurze Transportwege zur Herstellung der Halbzeuge sowie des Endprodukts sicher. Holz hat eine hohe Nutzerakzeptanz und folgt dem Trend "Back to Nature."



### 5.3. CO<sub>2</sub>-Speicher

Ein Haus mit zwei Modulen und 25 Wohnungen bei 5 Vollgeschossen speichert ca. 200 Tonnen CO<sub>2</sub>. Dies entspricht ungefähr dem Speichervolumen von ca. 300 großen Fichten mit einer Höhe von 35 m und einem Alter von 100 Jahren. Eine vergleichbare Menge an CO<sub>2</sub> produzieren 150 PKWs, die ein Jahr lang betrieben werden. Durch diesen Substitutionseffekt gelangen weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre. Bei einem späteren Recycling wird klimaneutrale Energie gewonnen.

## 6. Beispiel Modularität am Modul 1

### 6.1. Bis zu 3 Wohnungen je Modul

Beinahe alle Wohnungen weisen außen liegende und natürlich belüftbare Bäder auf. Jede Wohnung hat einen Balkon, der in Größe und Ausstattung individuell konfiguriert werden kann. Die Schächte und Versorgungseinrichtungen aller Module sind vertikal immer durchgängig vom Keller bis zum Dach. 12 Module bieten max. Freiheit bei der Zusammenstellung des Wohnungsmix. Auf Sonderwunsch können die Standardmodule angepasst werden. Dies ist bei größeren Wohnanlagen durchaus auch wirtschaftlich, die hierzu eine Kleinserie erstellt werden kann.

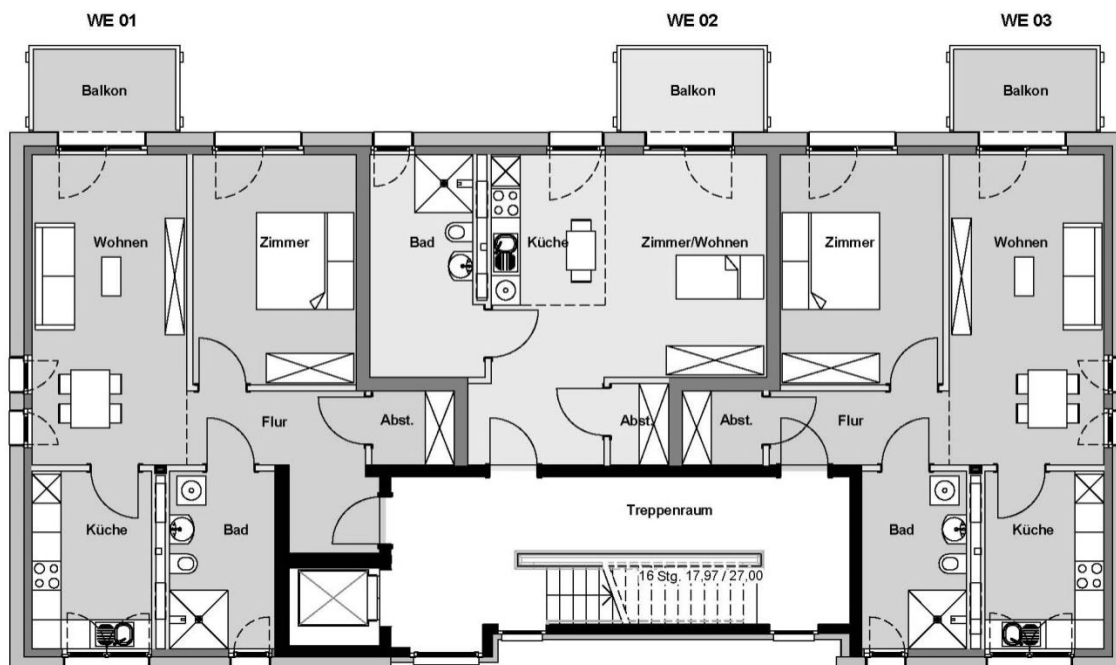


Abbildung 7: Modul 1

## 7. Realisierung

### 7.1. Wohngebäude Offenbach, Taunusstraße 69-71

- 1. Holzhybridhaus im Rhein-Main-Gebiet
- 25 Wohnungen
- 1500 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- 5 x Modul 1 + 5 x Modul 2
- Nachverdichtung im bestehenden Quartier
- Auszeichnung beim Hessischen Architekturpreis 2017



Abbildung 8: Blick von der Taunusstraße



Abbildung 9: Blick vom Innenhof

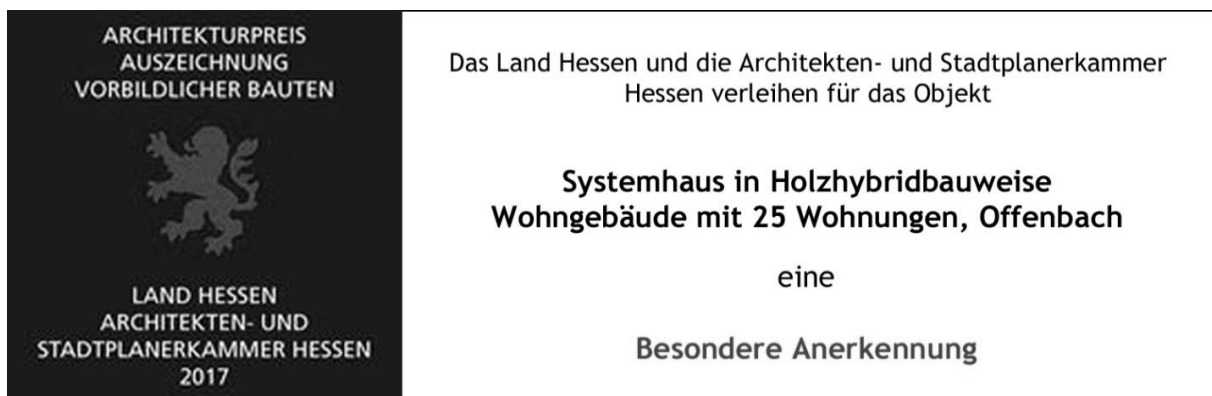


Abbildung 10: Hessischer Architekturpreis

## 7.2. Wohngebäude Hanau, Lenbachstraße

- 1. Holzhybridhaus im Rhein-Main-Gebiet
- 24 Wohnungen
- 1200 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- 8 x Modul 1
- Nachverdichtung im bestehenden Quartier



Abbildung 11: Ansicht vom Innenhof



Abbildung 12: Ansicht von der Straße

### **7.3. Wohngebäude Offenbach, Brandenburger Straße**

- 30 Wohnungen
- 1700 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- 8 x Modul 1 + 2 x Modul 7
- Nachverdichtung im bestehenden Quartier



Abbildung 13: Ansicht Eingangsseite



Abbildung 14: Blick ins Quartier

## 7.4. Bisherige Realisierungen

– Offenbach Taunusstraße	25 Wohnungen	Fertigstellung 2015
– Hanau Lenbachstraße	24 Wohnungen	Fertigstellung 2017
– Offenbach Brandenburger Straße	30 Wohnungen	Fertigstellung 2018
– Hanau Otto-Wels-Straße	28 Wohnungen	im Bau
– Erlangen Nürnberger Straße	70 Wohnungen	in Bauvorbereitung
– Berlin Hellersdorf	65 Wohnungen	Vorplanung
– Boehringer Ingelheim	Innovationszentrum	im Bau
– Bebauungsstudien laufend	275 Wohnungen	

## 8. Fazit

### 8.1. Ziele für die Zukunft

Das Umdenken von der Herstellung eines Individualgebäudes hin zum Serienprodukt soll ein Beitrag für die Weiterentwicklung eines zeitgemäßen Bauens sein. Hierbei wünschen wir uns die Beteiligung aller Systementwickler mit den unterschiedlichsten Ansätzen zur Vorgehensweise und zu den Baumaterialien. Es werden sich Rückschlüsse und Veränderungen für die konventionellen Bauweisen ergeben. Eine Nutzung der bereits vorhandenen Technologien und des Know-Hows in diese Richtung wird Entwicklung dieses Wirtschaftssektors in Europa fördern.

### 8.2. Wünsche an die Politik

Diese Entwicklung soll von der Politik gefördert werden. Es bedarf mutiger und entschlossener Schritte zur Erleichterung des systematischen Bauens und vor Allem dem Bauen mit Holz. Dies sollte sich in einer Vereinheitlichung der Landesbauordnungen widerspiegeln und diese zunehmend mit mehr Freiheiten für den Holzbau ausstatten.

## **Block B1**

### **Feuchte- & Wärmeschutz**



# Sommerlicher Wärmeschutz

Norbert Rüter  
Fraunhofer-Institut für Holzforschung  
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI  
Braunschweig, Deutschland

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Deutschland  
Hochschule Magdeburg-Stendal, Deutschland







# Sommerlicher Wärmeschutz

## 1. Einleitung

Spätestens seit diesem Sommer ist der sommerliche Wärmeschutz in aller Munde. Dass es sich um kein kurzfristiges Modethema handelt, zeigt die Tatsache, dass der sommerliche Wärmeschutz bereits seit vielen Jahrzehnten in der Baunormung verankert ist. Immer größer werdende Fensterflächen erhöhen zum einen den Bedarf an einem guten sommerlichen Wärmeschutz. Dies zeigt jedoch auch eine maßgebliche Problemstellung auf.

Auch, wenn dieser Sommer des Jahres 2018 als außergewöhnliches Wetterphänomen betrachtet werden kann, so zeigen die Klimadaten und -prognosen ganz eindeutig die Erfordernis, dem sommerlichen Wärmeschutz mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

Die folgenden Tabellen zeigen die prognostizierte Jahresmitteltemperatur und die Anzahl der Tage mit mehr als 25 °C in ausgewählten deutschen Städten für jedes Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts. Selbstverständlich können die Daten nicht exakt sein, die Tendenz ist jedoch eindeutig.

Tabelle 1: Jahresmitteltemperatur

Jahresmitteltemperatur	Dresden	Frankfurt	Freiburg	Garmisch-Partenkirchen	Hamburg	Hannover	Köln	München	Potsdam	Rostock
2001-2010	9.5	10.7	10.5	5.2	9.3	9.9	10.6	9.5	9.7	9.0
2011-2020	9.4	10.9	10.9	5.4	9.4	10.0	10.8	9.7	9.7	9.0
2021-2030	10.1	11.2	11.1	5.7	10.0	10.5	11.1	10.0	10.3	9.6
2031-2040	10.3	11.7	11.6	6.2	10.2	10.8	11.5	10.4	10.5	9.8
2041-2050	10.8	12.2	12.0	6.7	10.6	11.2	12.0	11.0	11.0	10.2
2051-2060	11.0	12.3	12.3	7.2	10.8	11.4	12.2	11.2	11.2	10.5
2061-2070	12.0	13.4	13.5	8.3	11.4	12.2	13.0	12.5	12.1	11.1
2071-2080	12.0	13.4	13.4	8.2	11.6	12.3	13.1	12.3	12.1	11.2
2081-2090	13.0	14.3	14.3	9.4	12.4	13.1	13.9	13.3	13.0	12.1

Tabelle 2: Anzahl der Tage mit mehr als 25°C

Anzahl der Tage mit einer Temperatur größer 25°C	Dresden	Frankfurt	Freiburg	Garmisch-Partenkirchen	Hamburg	Hannover	Köln	München	Potsdam	Rostock
2001-2010	32	41	38	0	12	17	28	23	11	6
2011-2020	25	54	47	0	12	21	39	25	13	4
2021-2030	59	96	94	0	33	45	76	31	34	15
2031-2040	42	88	80	0	25	32	67	34	19	9
2041-2050	38	78	78	0	19	30	60	29	17	9
2051-2060	65	100	110	2	34	47	89	62	39	24
2061-2070	173	276	303	10	78	115	196	201	100	45
2071-2080	147	211	222	6	73	92	173	156	85	28
2081-2090	148	233	262	22	48	81	170	178	75	28
2091-2100	168	278	317	38	63	93	216	246	81	35

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1. rechtliche / normative Grundlagen

Der sommerliche Wärmeschutz ist in Deutschland geregelt über die Energieeinsparverordnung und über die DIN 4108. Beide zusammen verfolgen das Ziel, die ganzjährige Behaglichkeit mit angemessenem Energieverbrauch zu gewährleisten.

Auf die konkreten Vorgaben und Berechnungen soll hier nicht eingegangen werden. Dazu werden von diversen Organisationen Vorlesungen und Seminare angeboten, die sich mit der normativ «korrekten Berechnung» des Wärmeschutzes beschäftigen.

### 2.2. Physikalische Grundlagen

#### 2.2.1. Wärmetransport

Wärme kann über die drei unterschiedlichen Mechanismen Leitung, Konvektion und Strahlung transportiert werden. In der Baupraxis sind immer alle drei Transportmechanismen vorhanden. Die Menge der transportierten Energie kann jedoch bei den drei Transportmechanismen sehr unterschiedlich hoch sein.

Die **Wärmeleitung** wird bei den Baustoffen mit der Wärmeleitfähigkeit berücksichtigt.

Die **Konvektion** findet Berücksichtigung bei den Wärmeübergangswiderständen und somit in Kombination mit der Wärmeleitfähigkeit und der Bauteildicke bei der Berechnung des U-Wertes.

Die **Strahlung** ist ein Wärmetransportphänomen, das insbesondere bei transparenten Bauteilen wie z.B. Fenstern relevant ist und findet Berücksichtigung zum Beispiel im Gesamtenergiedurchlassgrad. Die (kurzwellige) Solarstrahlung setzt sich aus direkter und diffuser (indirekter, an Wolken und der Umgebung reflektierter) Strahlung zusammen. Der Wärmestrom infolge Solarstrahlung nimmt immer positive Werte an, was einem Wärmegewinn bzw. einer Wärmelast entspricht. Die kurzwellige Strahlung dringt einerseits durch transparente Außenbauteile (Fenster) in den Raum ein. Ein kleiner Anteil von etwa 10 % erwärmt die Raumluft direkt, beinahe der ganze Rest erwärmt die Oberflächen der raumbegrenzenden Bauteile. Die direkte und diffuse Solarstrahlung durch Fenster kann mit Verschattungseinrichtungen reduziert werden. Die langwellige Wärmestrahlung beeinflusst die Wärmeverteilung innerhalb eines Gebäudes entscheidend. Wärmestrahlung tritt praktisch überall dort auf wo Oberflächen miteinander «in Sichtkontakt» stehen. Auch zwischen Raumnutzern und Bauteiloberflächen. Der Kehrwert der Summe der Übergangskoeffizienten für Konvektion und Wärmestrahlung ergibt den Wärmeübergangswiderstand, der aus den U-Wert-Berechnungen bekannt ist.

Die zuvor genannten Regelwerke EnEV und DIN 4108 berücksichtigen die drei Wärmetransportmechanismen mittels diverser Kennwerte und Faktoren. Ein zentraler Faktor beim sommerlichen Wärmeschutz ist z.B. der Abminderungsfaktor  $F_c$ , der die Wirksamkeit von Sonnenschutzvorrichtungen beschreibt. Außenliegende, drehbare und hinterlüftete Jalousien haben zum Beispiel einen Abminderungsfaktor von 0,25. Es wird somit etwa drei Viertel der Strahlungsenergie von der Sonnenschutzvorrichtung abgehalten.

### 2.2.2. Materialeigenschaften

Neben den geometrischen Eigenschaften wie Länge, Breite und Dicke sind nachstehende Materialeigenschaften aus wärmetechnischer Sicht bedeutend:

#### **Rohdichte (Masse)**

In Kombination mit den geometrischen Eigenschaften ergibt die Rohdichte die Masse und somit ein entscheidendes Kriterium für die Tragheit des gesamten Systems. Zusammen mit der

#### **spezifischen Wärmekapazität**

ergibt sich die Wärmespeicherfähigkeit. Je höher die spezifische Wärmekapazität eines Materials und je höher die Masse, desto höher die Wärmespeicherfähigkeit. Im Allgemeinen gilt eine hohe Wärmespeicherfähigkeit als vorteilhaft für den sommerlichen Wärmeschutz. Wichtig dabei ist, dass die speicherfähige Masse mit dem Innenraum wärmetechnisch in Verbindung steht und – idealerweise – auf der Außenseite gedämmt ist. Somit ist nicht ausschließlich für den winterlichen, sondern auch für den sommerlichen Wärmeschutz eine außenseitige Wärmedämmung von Vorteil. Der für eine Dämmung wichtigste Kennwert ist die

#### **Wärmeleitfähigkeit.**

Diese beschreibt, wie viel Wärme durch ein Material über Wärmeleitung weitertransportiert wird. Dabei wird ein möglichst niedriger Wert angestrebt – sowohl beim sommerlichen, als auch beim winterlichen Wärmeschutz.

Die Kombination aus hoher Masse und Wärmekapazität und geringer Wärmeleitfähigkeit gilt allgemein als ideal, um eine möglichst große Phasenverschiebung und Amplitudendämpfung zu erreichen. Baupraktisch weisen jedoch in der Regel die sehr leichten Dämmstoffe eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit auf. Schwere natürliche Dämmstoffe wie zum Beispiel Holz, Hanf, Zellulose und Schafwolle bieten baupraktisch eine gute Eigenschaftskombination aus verhältnismäßig guter (niedriger) Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitig hoher Wärmespeicherkapazität.

Der

#### **Absorptionsgrad**

von Baustoffen wird in der Regel nicht deklariert, weil die Eigenschaft baupraktisch vorrangig bei hoher Strahlungsenergie relevant wird. Beim sommerlichen Wärmeschutz ist der Absorptionsgrad somit insbesondere von den Außenflächen von Bedeutung. Zwar können die solaren Energiegewinne von opaken, also nicht transparenten Bauteilen in den Übergangs- und Wintermonaten zur Energieeinsparung beitragen. Hier sind hohe Absorptionsgrade von Vorteil. In den Sommermonaten heizen sich dunkle Oberflächen mit hohem Absorptionsgrad jedoch sehr stark auf. Der Emissionsgrad gibt an, wieviel Strahlung von einem Körper ausgeht, also abgegeben wird. Meistens ist Emissionsgrad gleich Absorptionsgrad. Während der Absorptionsgrad also den Anteil angibt, wieviel Strahlungsenergie von einer Oberfläche in Wärmeenergie umgewandelt wird, gibt der

#### **Transmissionsgrad**

den Anteil der Strahlungsenergie an, der bei transparenten Bauteilen, wie zum Beispiel Gläsern, durchgeleitet wird. (Der Begriff Transmission wird im Gebäudebereich auch als Synonym für die Wärmeleitung verwendet (Transmissionswärmeverlust).)

Auf die physikalischen Gleichungen soll an dieser Stelle verzichtet werden. Stattdessen wird im nachfolgenden Kapitel die baupraktischen Bedingungen eingegangen.

### 3. Praktische Realitäten

Wie bereits erwähnt, haben die baurechtlichen Regeln das Ziel, die ganzjährige Behaglichkeit mit angemessenem Energieverbrauch zu gewährleisten. Die Behaglichkeit im Sommer mit der Nutzung von Klimaanlage zu realisieren, ist definitiv NICHT das Ziel – leider jedoch häufige baupraktische Realität.

Zwar sind die wichtigsten Einflussfaktoren hinreichend bekannt. Nämlich

- das Aufheizen der Dachhaut und
- der «Treibhauseffekt» durch große Fensterflächen.

Hier werden bereits der Einfluss und die Aufgabe des Planers sehr deutlich – insbesondere der Einfluss von Städteplanern. Beide zuvor genannten Faktoren sind vorrangig planerisch zu lösen. Die beiden in Abbildung 1 und Abbildung 2 gezeigten Dächer verdeutlichen die Situation. Die wenigen Kollektoren des Daches in Abbildung 1 bringen keine nennenswerte Verschattung – zudem heizen sich die Kollektoren selbst auf und ausschließlich in den Wassereinlässen erfolgt eine Kühlung. Das gesamte Dach heizt sich im Sommer auf etwa 70 °C auf. Das Dachflächenfenster bietet zudem noch ein Einfallstor für den direkten Eintrag von Wärmeenergie in den Innenraum.

Die nach Süden mit verhältnismäßig hohem Winkel aufgestellten Sonnenkollektoren aus Abbildung 2 sind mit einem großen Luftraum zum Haus hinterlüftet und verschatten somit die nach Süden ausgerichtete Wand.

Nicht in jedem Baugebiet ist eine solche Ausführung erlaubt – deshalb an dieser Stelle der Aufruf an die Stadtplaner, die Baubestimmungen in den einzelnen Baugebieten so zu erarbeiten, dass der sommerliche Wärmeschutz bereits architektonisch, planerisch gelöst werden kann.



Abbildung 1: Negativ: Farbe, Ausrichtung, Dachneigung, Dachfenster



Abbildung 2: Positiv: Ausrichtung. Im Sommer steht die Sonne zu Mittag so hoch, dass selbst die nach Norden geneigte (schwarze) Dachfläche beschienen wird.

Der Einfluss der Dacheindeckung auf die Außen- und Innentemperatur ist in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt. Abgebildet sind jeweils die Oberflächentemperaturen auf der Dachaußenseite und auf der Rauminnenseite. Die Temperaturen wurden errechnet und nicht in unterschiedlichen Häusern gemessen, um identische Randbedingungen zu haben und um deshalb den Einfluss einzelner Eigenschaften herausstellen zu können. Da ausschließlich ein einzelnes Bauteil und nicht das gesamte Gebäude simuliert wurde, können die dargestellten Oberflächentemperaturen nicht die reale Situation darstellen. Bei der Berechnung der Oberflächentemperaturen ist von einer geregelten Innenraumlufttemperatur ausgegangen worden, mit einem sinusförmigen Verlauf der Temperatur von 21 °C im Sommer und 19 °C im Winter.

Die roten Kurven in den beiden Abbildungen sind jeweils für ein Dach mit dunklen Betondachsteinen. Die grünen Kurven sind für ein Gründach. Alle anderen Eigenschaften der beiden simulierten Dächer sind völlig identisch. Während die Außenoberflächentemperatur (Abbildung 3) der Betondachsteine auf 60 bis 70 °C ansteigt, ist der Spitzenwert der Oberflächentemperatur des Gründaches nur 25 bis 26 °C. Diese Temperaturdifferenzen sind selbstverständlich auch raumseitig zu spüren (Abbildung 4). Die innere Oberfläche der Gipsbauplatte wird bei dunkler Dacheindeckung mit etwa 25 bis 26 °C ähnlich warm, wie das Gründach auf der Außenseite. Mit dem Gründach steigen die Oberflächentemperaturen der Gipsbauplatte nur auf etwa 22 °C an.

In Abbildung 5 ist der Verlauf der Oberflächentemperaturen der inneren Gipsbauplatte über die Sommermonate dargestellt. Beide Kurven zeigen die Temperaturen für Dächer mit dunklen Dachsteinen. Sie unterscheiden sich ausschließlich in der Dämmung. Während die rote Kurve wie in den anderen Abbildungen auch, die Temperaturen bei verhältnismäßig leichter Mineralfaserdämmung zeigt, ist die blaue Kurve für eine verhältnismäßig schwere Naturfaserdämmung (konkret: Holzfaserdämmung) errechnet worden. Aus diesen Werten wird sehr deutlich, dass bereits die Wahl der Dämmung einen maßgeblichen Einfluss auf die Oberflächentemperaturen hat. Die hohe Speichermasse bei der Naturfaserdämmung führt zu etwa 2 °C niedrigeren Oberflächentemperaturen, als bei einer leichten Dämmung. Allerdings sind die Tiefsttemperaturen bei der leichten Dämmung auch niedriger, als die der schweren Dämmung – jedoch mit maximal etwa 0,5 °C nur unwesentlich geringer.

Aus Abbildung 6 wird der «ausgleichende Charakter» einer Dämmung mit hoher Wärmespeicherfähigkeit in den Übergangsmonaten deutlich, der in der Fachterminologie als Phasenverschiebung und Amplitudendämpfung physikalisch beschrieben und errechnet werden kann.

In Abbildung 7 ist zusätzlich zu den Oberflächentemperaturen der inneren Gipsbauplatte bei einem Gründach mit schwerer Holzfaserdämmung die gleiche Temperaturstelle jedoch bei einem Dach mit dunklen Dachsteinen, gedämmt mit Mineralfaserdämmung mit geringerer Dicke dargestellt. Beides stellt die baupraktische Realität dar – die Auswirkungen auf den sommerlichen Wärmeschutz werden in der Abbildung deutlich.

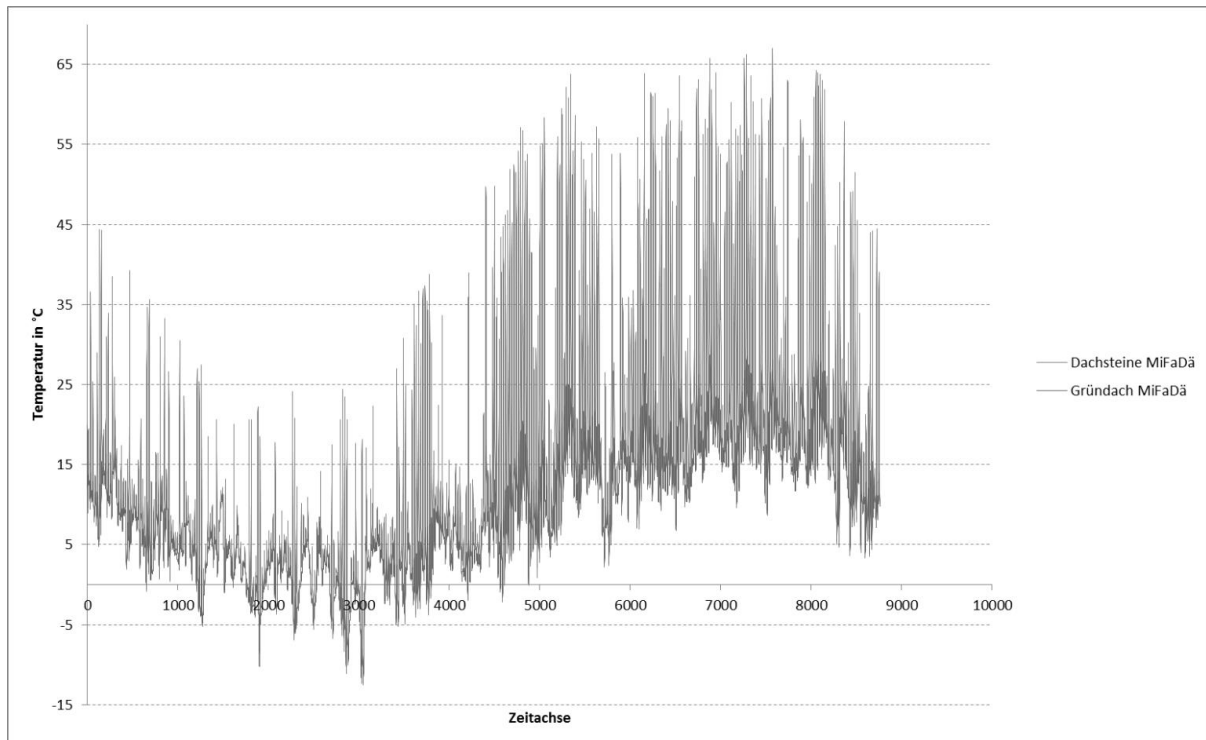


Abbildung 3: Oberflächentemperatur der **Außenseite** zweier simulierter Dächer; rote Kurve: dunkle Dachsteine, grüne Kurve: Gründach

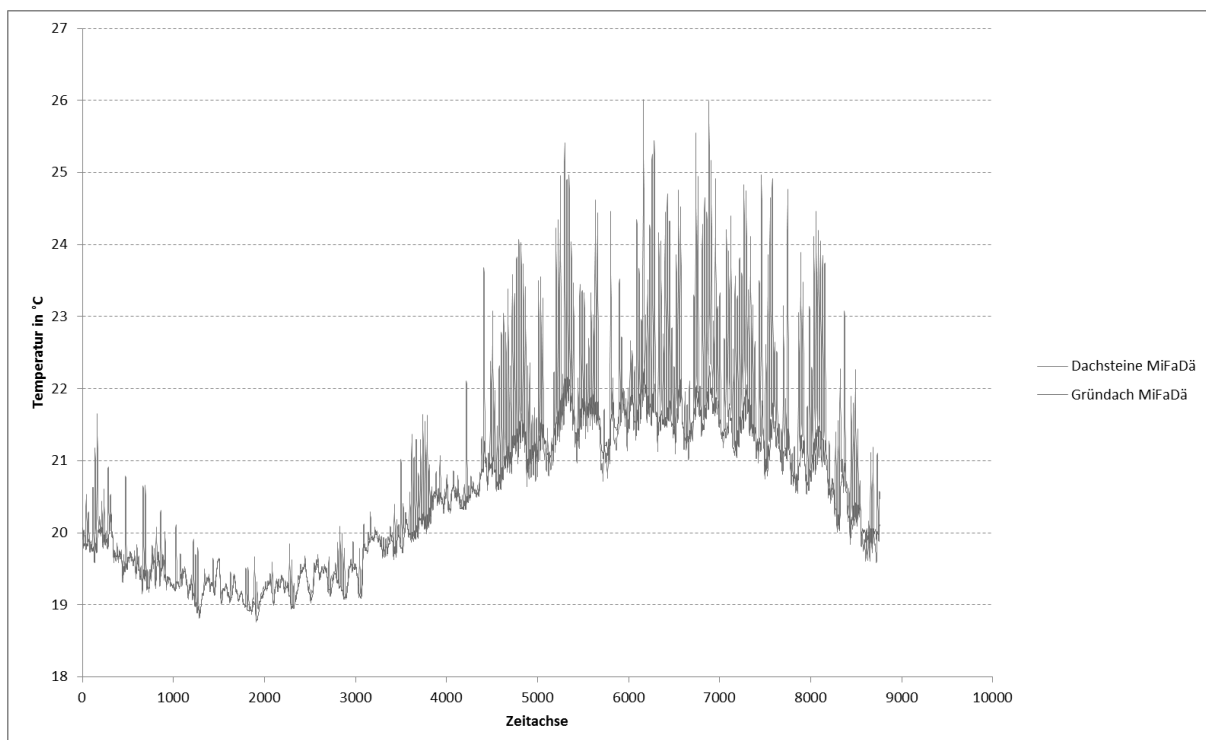


Abbildung 4: Oberflächentemperatur der **Rauminnenseite** zweier simulierter Dächer; rote Kurve: dunkle Dachsteine, grüne Kurve: Gründach

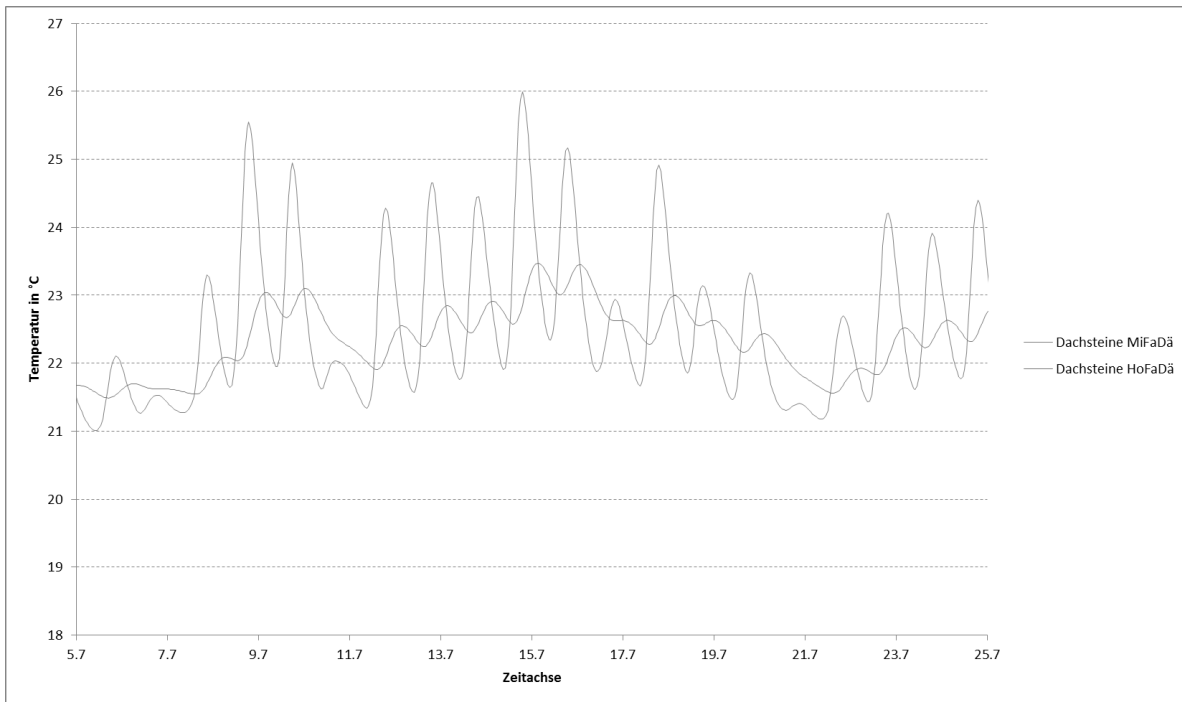


Abbildung 5: Oberflächentemperatur der **Rauminnenseite** zweier simulierter Dächer; rote Kurve: (leichte) Mineralfaserdämmung, blaue Kurve: (schwere) Holzfaserdämmung

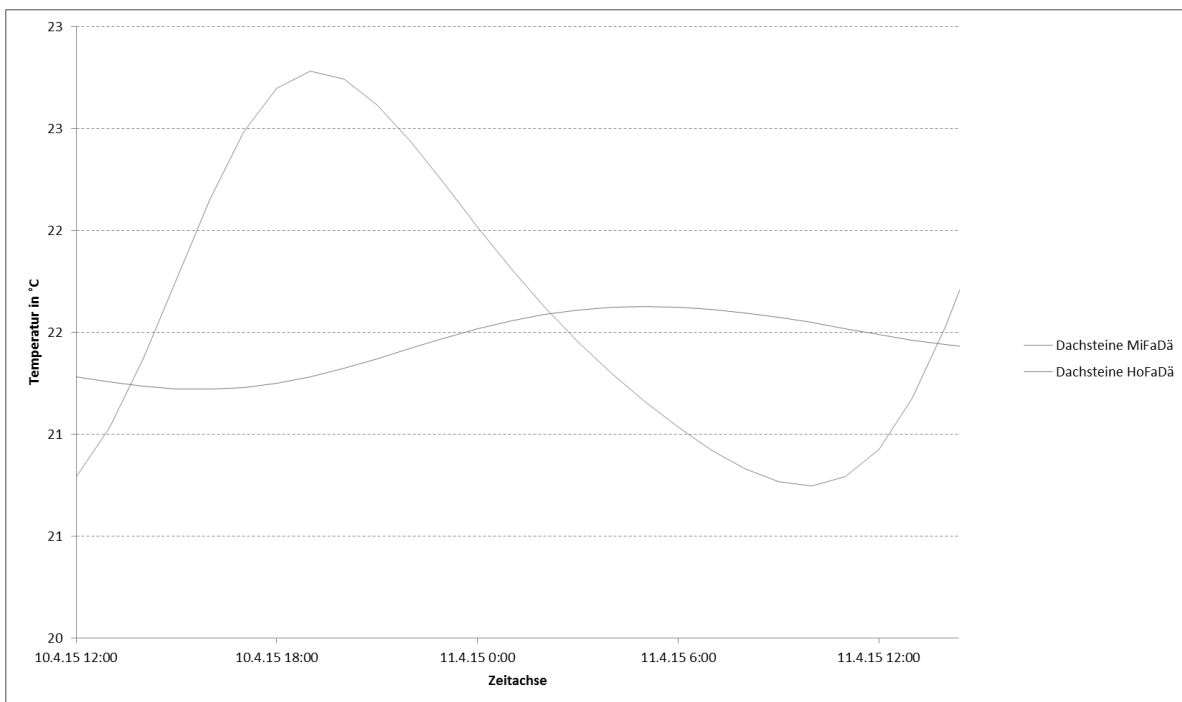


Abbildung 6: Oberflächentemperatur der **Rauminnenseite** zweier simulierter Dächer über einen ausgewählten Tagesverlauf; rote Kurve: (leichte) Mineralfaserdämmung, blaue Kurve: (schwere) Holzfaserdämmung

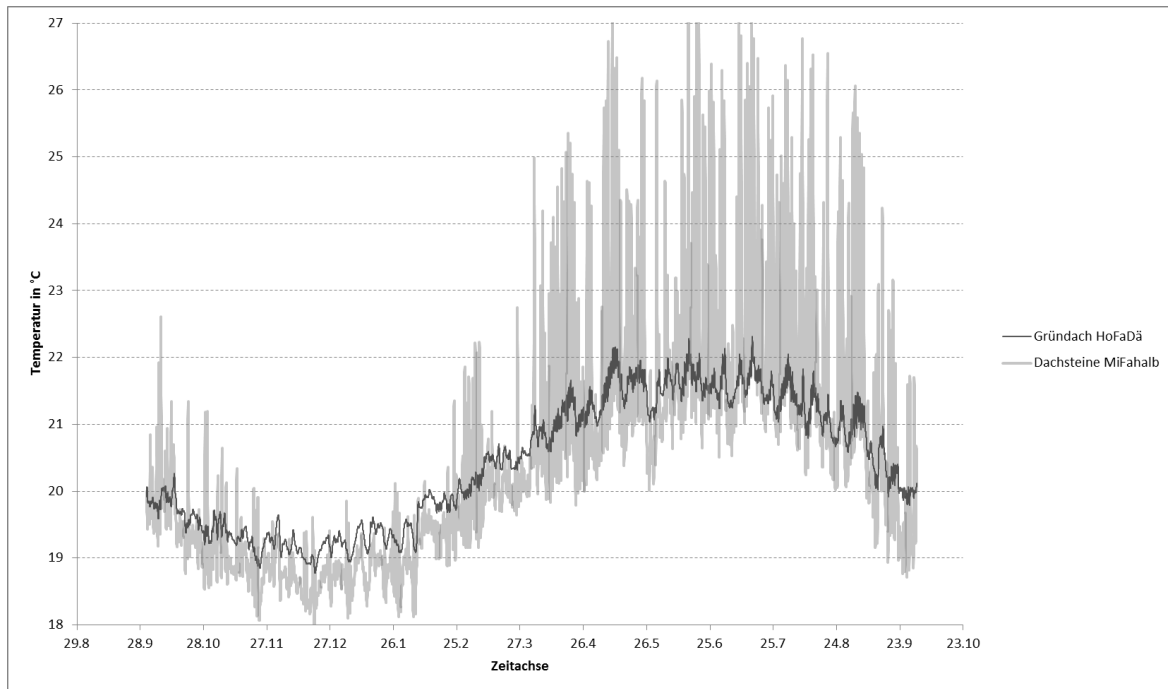


Abbildung 7: Oberflächentemperatur der **Rauminnenseite** zweier simulierter Dächer; rote Kurve: dunkle Dachsteine mit (leichter) Mineralfaserdämmung geringerer Dicke (16 cm), blaue Kurve: Gründach mit (schwerer) Holzfaserdämmung (24 cm dick)

Wie bereits erwähnt, wurde bei den zuvor beschriebenen Ergebnissen eine geregelte Innenraumlufttemperatur (von 21 °C im Sommer) angenommen. Eine vollständige Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes ist ausschließlich mit einer Gebäudesimulation möglich. Bei nicht geregelten Innenraumtemperaturen ergibt sich mittels eines Bilanzverfahrens über das gesamte Gebäude eine Innenraumlufttemperatur. Ein üblicher Kennwert, der die Qualität eines Gebäudes hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes beschreibt, ist die Anzahl der Übertemperaturgradstunden. Also vereinfacht formuliert die Anzahl der Stunden, an denen die Innenraumluft eine Temperatur von 26 °C übersteigt. Eine Zeitstunde mit einer Innenraumlufttemperatur von z.B. 29,5 °C würde dabei jedoch 4 Übertemperaturgradstunden entsprechen. Eine Zeitstunde mit einer Innenraumlufttemperatur von 26,5 °C entspricht nur einer Übertemperaturgradstunde. Die Besonderheit der Simulation liegt in der Ermittlung von Übertemperaturgradstunden der kritischen Räume oder des gesamten Gebäudes. Dazu werden das Gebäude oder ausgewählte Räume mitsamt allen Bauteilen, deren spezifischen Eigenschaften und der Bauweise erfasst. Zusätzlich können weitere Details wie z.B. Eigenverschattung oder passive Kühlung berücksichtigt werden. Anhand der normativ vorgegebenen Randbedingungen (Zeitraum der Simulation, Klimadaten usw.) lassen sich die exakten Temperaturen der Räume stundenweise ermitteln. In der EnEV 2014 wird der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes sowohl für neu zu errichtende Wohngebäude (§ 3 Absatz 4) als auch für Nichtwohngebäude (§ 4 Absatz 4) gefordert. In den Anlagen 1 und 2 werden die hierfür anzuwendenden Verfahren genannt, nämlich das Verfahren mit Sonneneintragskennwerten oder alternativ eine thermische Gebäudesimulation mit dem Ziel der Begrenzung der jährlich auftretenden Übertemperaturgradstunden. Grenzwerte und diverse Randbedingungen für die Berechnung werden von der DIN 4108-2:2013 genannt.

Die Tabelle 3 verdeutlicht den Einfluss des realisierten Wärmeschutzniveaus auf den sommerlichen Wärmeschutz. In der Tabelle sind die Übertemperaturgradstunden des Dachgeschosses eines fiktiven Einfamilienhauses aufgeführt. Hier wurde als Referenz (Var 0) ein übliches Satteldach in der Firstausrichtung in Nord-Süd angenommen, ohne Dachflächenfenster, mit roten Dachziegeln, 20 cm Wärmedämmung aus Mineralfasern mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/m\*K. Die nachfolgend aufgeführten Varianten unterscheiden sich wie folgt von der Referenzvariante:



Var 1: Holzfaserdämmung Rohdichte 100 kg/m<sup>3</sup> Wärmeleitfähigkeit 0,045 W/m\*K

Var 2: Auf jede Dachfläche jeweils ein 1 m<sup>2</sup> großes Dachflächenfenster

Var 3: Austausch der Dachziegel durch ein Gründach

Var 4: Dicke der Dämmung 16 cm

Var 5: Dicke der Dämmung 24 cm

Wie bereits erwähnt, werden bei der Berechnung der Übertemperaturgradstunden diverse Faktoren berücksichtigt und die Änderungen der Anzahl der Übertemperaturgradstunden in Abhängigkeit der einzelnen Faktoren ist nicht zu verallgemeinern.

Tabelle 2: Errechnete Anzahl der Übertemperaturgradstunden des Dachgeschosses eines fiktiven Einfamilienhauses in Abhängigkeit unterschiedlicher Konstruktionsvarianten

	Referenz	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var 5
Küstenklima	55	34	156	0	75	42
Rheingraben	157	112	306	32	178	126

Zuvor aufgeführtes zeigt einzelne mehr oderweniger effektive Maßnahmen, um den Sommerlichen Wärmeschutz mittels konstruktiver Maßnahmen zu beeinflussen. Hier sind der Wärmetransport und die (kurzfristige) Wärmespeicherung sehr zentrale Elemente, die jedoch ambivalent betrachtet und berücksichtigt werden. Ideal wäre, wenn die im Sommer im Überfluss vorhandene Wärme über ein halbes Jahr, also bis zum Winter gespeichert werden könnte. Es gibt bereits seit vielen Jahren diverse Ansätze, die sich jedoch noch nicht im Massenmarkt etabliert haben. Rein praktisch ist ein oberflächennaher Erdwärmetauscher nichts anderes.

Saisonale solare Speicher mit mehreren zehntausend Liter fassenden Wassertanks, die in der Regel mitten im Gebäude platziert sind, können bei entsprechenden Randbedingungen den Bedarf an Wärme nahezu vollständig abdecken. In den Monaten Mai bis September liefert die Sonne rund 65% der im Jahr in Deutschland eingestrahlten Solarenergie. Der Wärmebedarf könnte in dieser Zeit vollständig gedeckt werden. In den Monaten von Oktober bis April beträgt der solare Deckungsanteil jedoch nur etwa 7 %, der Wärmebedarf beträgt in der Zeit jedoch etwa 2/3 des jährlichen Wärmeenergiebedarfs.

In der aktuellen Baupraxis haben sich solche Systeme bisher jedoch nicht etabliert – in der Regel werden sie aus Kostengründen nicht eingesetzt.

Somit bewegt sich der Baupraktiker im Zwiespalt, über das Winterhalbjahr möglichst viele solare Gewinne nutzen zu können, im Sommer jedoch das Gegenteil machen zu müssen.

Praktisch sind wir in den meisten Regionen Deutschlands froh über warme Sommer mit viel Sonnenschein. Dennoch lohnt es sich, Gedanken über den Sommerlichen Wärmeschutz zu machen und je nach Bedarf, persönlichem Empfinden und Geldbeutel stehen diverse Maßnahmen zur Verfügung, die eigentlichen Ziele, nämlich die Schaffung eines angenehmen Wohnklimas mit angemessenem Energieaufwand, zu erreichen. Nachstehende Stichworte geben einen kurzen und unvollständigen Überblick über solche Maßnahmen:

- Gründach, Fassadenbepflanzung
- Schwere Dämmung mit hoher Speicherkapazität
- Verschattungselemente, wie Bäume  
(im Winter kahl -> viel Sonne / im Sommer grün -> Verschattung)
- Helle Dachziegel
- Saisonale Wärmespeicher
- Passive Kühlung (Nutzung von Verdampfungsenthalpie)
- Wenig Fensterflächen nach Süden
- Angepasste Architektur (bsp. Hohe Räume, Rundkuppeln anstatt Dachflächen, Badgir, Kaltdach...)

## 4. Weiterführende Literatur

Avramides, S.; Naohora, K.; Siau, J. F. (1987): Experiments in nonisothermal diffusion of moisture in wood. *Wood Fiber Science - Madison* 19, S. 407-413

Avramidis, S; Siau, J.F. (1987): An investigation of external and internal resistance for moisture diffusion in wood. *Wood Science Technology - Berlin* 19, 1987 - S. 249-257

Demel, M.; Benitz-Wildenburg, J. (2014): EnEV 2016 – Sommerlicher Wärmeschutz. Einfacher Nachweis mit ift-Diagrammenverfahren. Institut für Fenstertechnik e.V. Rosenheim

De Vries, D.A. (1958): Simultaneous transfer of heat and moisture in porous media. *Trans. Am. Geophys. Union*, 39, 5, S. 909-916

De Vries, D.A. (1962): Wärme- en Vochttransport in Poreuze Media. *De Ingenieur*, 74, 28, 45-53

Gariglio, F.; Schnider, Th.; Niemz, P.; Wakili, K.G.; Brombacher, V. (2015): Experimentelle und numerische Untersuchung des hygrothermischen Verhaltens von Flachdachelementen mit Hohlkastensystem. *Bauphysik* 37, DOI: 10.1002/bapi.201510002, S. 17-30

Kai Schild, Wolfgang M. Willems: *Wärmeschutz (Detailwissen Bauphysik)*. Springer Verlag

Köhnke, E.U. (2013): Holz auf Holz. In: *Holzbau-die neue Quadriga*, 4/2013, S. 35-38, Verlag Kastner, Wolnzach

Köhnke, E.U. (2015): Wenn's quillt und drückt. In: *bauen mit holz*, 7.-8. 2015, S.24 – 27, Bruderverlag, Köln

Künzel, H. (2014): Prüfung, Zulassung und Normung von Wärmedämmverbundsystemen. In: *Der Bausachverständige*, 2/2014, S.37-39

Künzel, H.M. (1994): Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation Universität Stuttgart

Martin, J.W.; Nguyen, T.; Gu, X.; Chin, J.; Byrd, W. (2007): Linking Field and Laboratory Exposure Results via Mathematical Models. Vortrag auf dem 3. European Weathering Symposium, Krakow, Poland

Mehlhorn, L.; Hävemeyer, H.; Greubel, D. (1994): Wärme- und Feuchtehaushalt von Fachwerkbauten – Simulationsberechnungen und Messungen. Bauklimatisches Symposium an der Technischen Universität Dresden, 1994, Dresden, S. 433-463

Rüter, N. (2009): Untersuchungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) mit Holzfaserdämmplatten. In.: *Bauphysik* 31. (2009), Heft 4, S. 199ff

Schultze, H. (1997): Außenwände in Holztafelbauart mit Mauerwerk-Vorsatzschalen; Teil II – Freilandversuche. DGfH-Forschungsbericht der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen, Berlin (Förderer)

Sieder, M. (2003): Zur Nutzung bewehrter Putzschichten als tragender Bestandteil von Sandwich-Dämmelementen im Fassadenbau. Dissertation an der Ruhr-Universität Bochum

Zirkelbach D. et al. (2009): Dampfkongvektion wird berechenbar – Instationäres Modell zur Berücksichtigung von konvektivem Feuchteeintrag bei der Simulation von Leichtbaukonstruktionen, 4th Intern. Symposium on Building and Ductwork Air Tightness. October 1-2, 2009, Berlin

# **Der Sockelanschluss im Holzbau: Anforderungen – Herausforderungen – Ausführungen**

Anton Kraler  
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, AB Holzbau  
Universität Innsbruck, Austria





# Der Sockelanschluss im Holzbau: Anforderungen – Herausforderungen – Ausführungen

## 1. Einleitung

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit einem der sensibelsten Bereiche eines Gebäudes bei der Holzrahmenbauweise, dem Sockelanschluss. War das immer schon so? Haben sich die Anforderungen bzw. die Ausführungskriterien verändert? Aber nun der Reihe nach.

Das Grundprinzip der Rahmenbauweise ist seit der Entstehung gleichgeblieben. Das Bausystem aber wurde vor allem in den Bereichen der Vorfertigung und der Energieeffizienz stark weiterentwickelt. Kennzeichnend für das System sind die tafelförmigen Elemente mit tragendem Rahmenelement und aussteifender Beplankung. Für die Rahmen werden Konstruktionsvollholz (KVH) oder verklebte Holzquerschnitte aus Fichten-, Tannen- oder Kiefernholz verwendet. Dies sind schlanke standardisierte Querschnitte mit Abmessungen in der Breite von 40 bis 120 mm und in der Höhe von 60 bis 280 mm. Die vertikalen Rahmenhölzer werden als Ständer oder Rippen und die liegenden als Schwellen bezeichnet. Die Anordnung der Rippen (Ständer) erfolgt in einem Rastermaß von 400 bis 700 mm, vorzugsweise 625 mm. Die Verbindung von Rahmen und Beplankung erfolgt im Regelfall mittels Nägel, Schrauben und Klammern.

Die aussteifende Beplankung ist aufgrund der klimatischen Bedingungen im Alpenraum auf der Innenseite des Gebäudeteils anzuordnen, da diese Schicht auch die Funktion der Feuchteregulierung (Dampfbremse) und der luftdichten Ebene übernimmt. Als Material werden, je nach Anforderung, diagonal angeordnete Bretter (zusätzliche Dampfbremse notwendig), Holzwerkstoffplatten, wie z.B. Grobspanplatten (z.B. OSB), sowie Gipsfaserwerkstoffe verwendet. Welche Platten geeignet sind, wird über Zulassungen der Produkte geregelt. Die Wärmedämmung wird in der Konstruktionsebene, d.h. zwischen Rippen und Schwellen, eingebaut. Dabei kommen hauptsächlich Faser- und Zellulosedämmstoffe zum Einsatz, die in Plattenformaten oder als Einblasdämmungen verwendet werden. Für die äußere Beplankung ist bei Wandelementen, aus bauphysikalischer Sicht, ein diffusionsoffenes Material (z.B. diffusionsoffene Holzfaserplatten) zu verwenden. Diese Schicht übernimmt neben dem Schließen der Konstruktion bei hinterlüfteten Fassaden auch die Funktionen der Winddichtheit. Die Gestaltungsfreiheit der Außenfassade ist sehr groß. Diese kann als Putz-, Platten- oder Holzfassade ausgeführt werden.

Bei qualitativ hochwertiger Ausführung der Rahmenbauweise werden die Installationsleitungen in einer Vorsatzschale an der Innenseite der Rahmenwand geführt. Der Vorteil dabei ist eine einfache und schnelle Montage der Installationen, was auch einfache Nachrüstungen und Ergänzungen von Installationen ermöglicht. Weiters gibt es dadurch keine bzw. kaum Durchdringungen des konstruktiven Bauteils nach außen und somit auch keine Durchdringung der luftdichten und dampfbremsenden Ebene. Die Gestaltung der Innenseite der Wand ist auch frei wählbar - die Elemente können verputzt, verspachtelt, verflieselt oder mit Werkstoffplatten bekleidet werden.

### 1.1. Anforderungen an ein Sockeldetail

Die Anforderungen für das Sockeldetail sind neben dem klassischen Anschluss zum Kellergeschoss oder zur Bodenplatte auch bei Balkonen, Terrassen, bei der Attika im Flachdachbereich sowie auch bei aneinandergereihten Bauten unterschiedlicher Gebäudehöhen zu erfüllen.

Folgende Anforderungen sind bei der Ausführung von Sockeldetails zu berücksichtigen:

- Gesetzliche Anforderungen und Richtlinien (Barrierefreiheit, Abdichtungen, Abstandsregelungen, etc.)
- Architektur (Gestaltung)
- Kundenwünsche (Innen und Außen – gleiches Niveau)
- Spritzwasserschutz
- Niederschläge, Schlagregen
- Aufsteigende Feuchte
- Wasserdampfdiffusion
- Wasserdampfkongvektion (sollte generell vermieden werden)
- Diffusionsoffener Wandaufbau

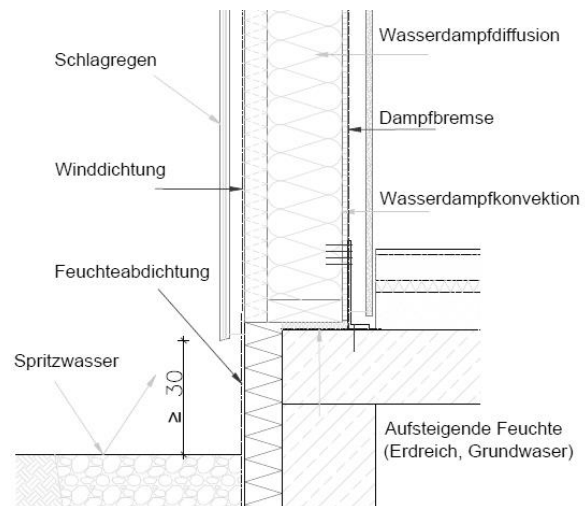


Abbildung 1: Feuchtebelastung und Schutzschichten der Außenwand

## 2. Sockeldetail in Holzrahmenbauweise

Wie die vorhergehende Grafik und die Aufzählung der Anforderungen zeigt, gilt es bei den bauphysikalischen Anforderungen besonders dem Feuchteschutz das Hauptaugenmerk zu schenken.

### 2.1. Feuchteschutz: Vergleich der Ausführungsvarianten

Für die in Folge dargestellten Sockeldetails erfolgt eine Feuchteberechnung nach ÖNORM 8110-2. Die Diagramme neben den Zeichnungen zeigen den Dampfdruck und den Temperaturverlauf durch den Sockelbereich des Bauteils.

Aufbau der Holzrahmenbauwand (von innen nach außen):

- 12,5 mm Gipskartonplatte, - 50 mm Installationsebene, - 18 mm OSB-Platte (Dampfbremse + Luftdichtheitsebene), - 200 Konstruktionsvollholz / Mineralwolle, - 60 mm Holzfaserdämmplatte, - Winddichtung, - hinterlüftete Fassade

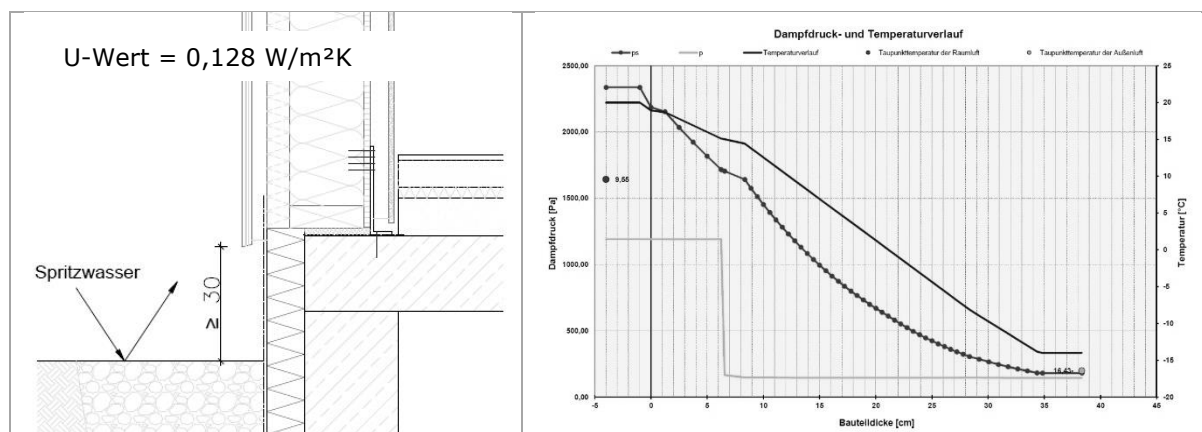


Abbildung 2: Standardsockeldetail der Außenwand

### Sockeldetail Abbildung 2 – Standardausführung

Die Abbildung 2 zeigt ein Sockeldetail für den Holzrahmenbau, das den bauphysikalischen Anforderungen in Bezug auf den Feuchteschutz (Abdichtung und trotzdem diffusionsoffen) entspricht. Der Holzrahmenbau beginnt frühestens ca. 30 cm oberhalb des Erdreichs und ist daher vor Bodenfeuchte und Spritzwasser geschützt. Feuchtigkeit, die in den Bauteil hineinkommt, kann auch wieder ausdiffundieren. Diese Ausführung kommt aber immer seltener zum Einsatz, da die Barrierefreiheit die architektonischen Ansprüche und

Kundenwünsche nicht erfüllt werden. Der U-Wert dieses Sockeldetails liegt bei  $U = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Das Diagramm der Feuchteberechnung zeigt, dass der Bauteil, über das gesamte Jahr berechnet, kondensatfrei bleibt.

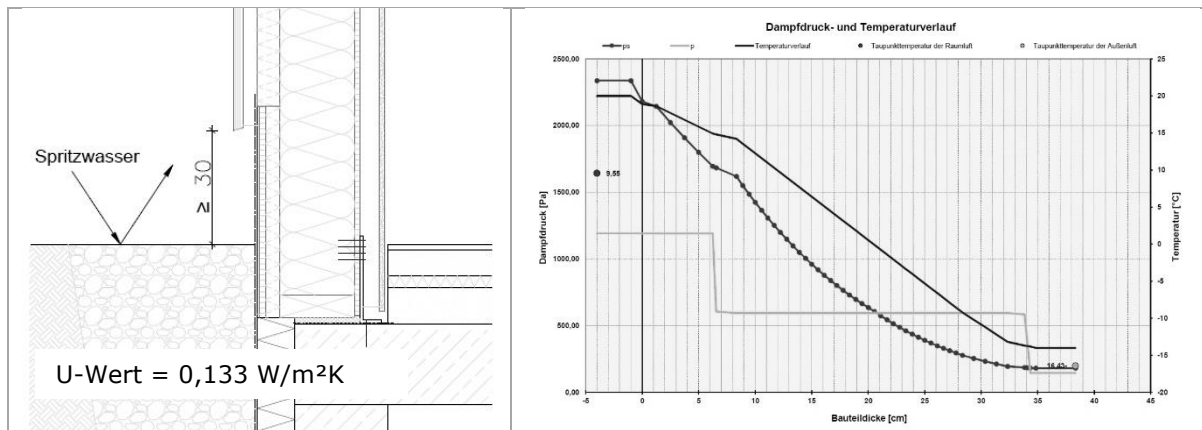


Abbildung 3: Barrierefreier Sockelanschluss – nicht diffusionsoffen

### Sockeldetail Abbildung 3 – nicht diffusionsoffen

Das in Abbildung 3 dargestellte Sockeldetail entspricht der Barrierefreiheit, den Wünschen der Architektur und der Kunden. Der schwellenfreie Übergang zählt zu den kritischsten Detaillösungen in der Holzrahmenbauweise. Durch die genannten Anforderungen liegt die Schwelle der Außenwand unter dem Niveau des Außengeländes. Dadurch ist eine zusätzliche Abdichtung im Außenbereich notwendig. Dies hat zur Folge, dass sich das dampfdiffusionstechnische Verhalten der Wand negativ verändert, d.h. die Wand ist nach außen hin nicht mehr diffusionsoffen. Der Bauteil ist im Sockelbereich beidseitig abgedichtet. Das führt dazu, dass in diesem Bereich eindringende Feuchtigkeit nicht mehr zur Gänze austrocknen kann. Die Feuchteberechnung nach ÖNORM 8110 – 2 ergibt für den oben angeführten Holzrahmenbau im Sockelbereich mit zweifacher Bitumenabdichtung folgende Bewertung: Bei einer Innentemperatur von  $20^\circ\text{C}$  und einer Außentemperatur von  $-2,68^\circ\text{C}$  tritt Tauwasser im Bauteil auf (siehe Diagramm Abb.3)! Die maximale Tauwassermenge beträgt  $6,4 \text{ g/m}^2$ . Der Bauteil kann nicht vollständig austrocknen, es entsteht ein Restkondensat von  $1,3 \text{ g/m}^2$ . Die Restkondensatmenge wird Jahr für Jahr größer. Das führt zur Verschlechterung der Wärmedämmung und kann im Folgenden auch zu einem größeren Bauschaden führen. Der U-Wert von diesem Sockeldetail liegt bei  $U = 0,133 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

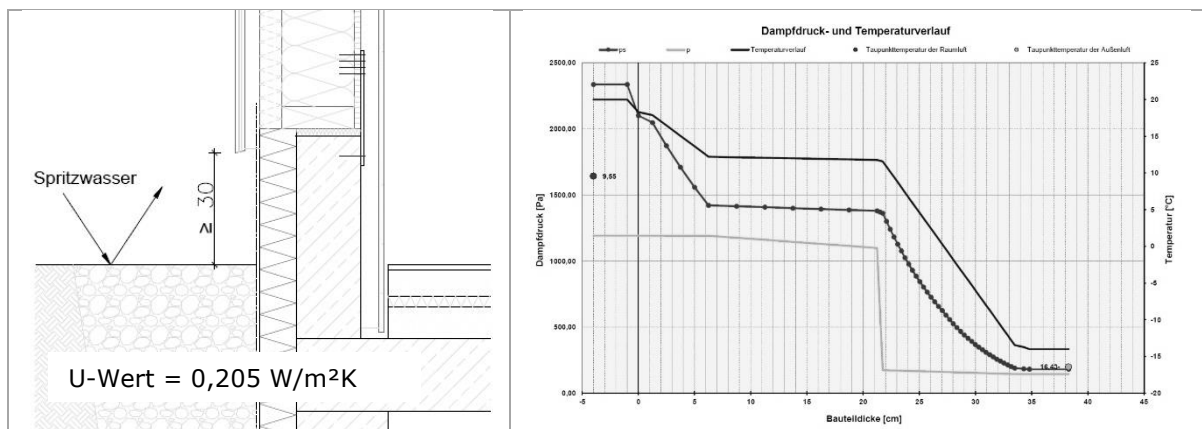


Abbildung 4: Rahmenelement mit Betonsockel

### Sockeldetail Abbildung 4 – Variante mit Betonsockel:

Das in Abbildung 4 dargestellte Sockeldetail gilt als bauphysikalisch verbesserte Variante zum Detail der Abbildung 3. Das Rahmenelement im Sockelanschluss wird mindestens bis 30 cm Außenniveau (Spritzwasserschutz) durch einen Betonsockel ersetzt. Somit beginnt der Holzbau erst oberhalb dieser feuchteproblematischen Zone. Das Holzrahmenbauelement kann daher wieder diffusionsoffen ausgeführt werden und ist über das Jahr gerechnet

kondensatfrei. Der U-Wert liegt bei einer Dicke des Betonsockels von 15 cm bei  $0,205 \text{ W/m}^2\text{K}$ , was eine deutliche Reduktion des Wärmeschutzes im Vergleich zum Holzrahmenelement bedeutet. Die Ausführung mit dem Betonsockel ist aus bauphysikalischer Sicht eine gute Lösung. Die Problematik dabei liegt, neben der Verschlechterung des Wärmeschutzes, jedoch in den unterschiedlichen Toleranzen der Gewerke Holzbau und Betonbau. Daher wurde dieses Detail auf eine reine Holzbaulösung weiterentwickelt.

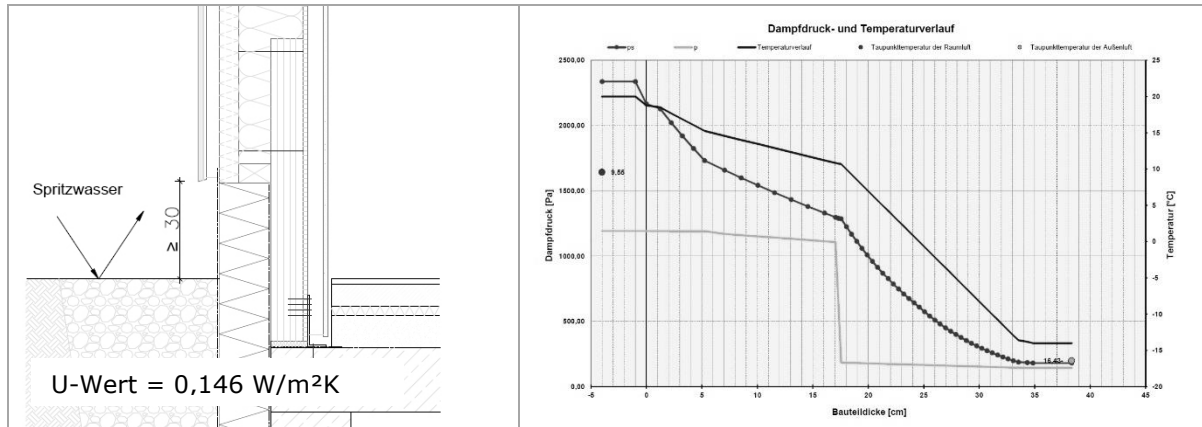


Abbildung 5: Rahmenelement mit Brettsperrholzsockel

### Sockeldetail Abbildung 5 – mit Brettsperrholz

Die Abbildung 5 zeigt das entwickelte Sockeldetail mit einem Brettsperrholzteil. Anstatt des in Abbildung 4 verwendeten Betonsockels wird hier ein Brettsperrholzelement verwendet. Somit kann die gesamte Wand inklusive Sockel im Werk vorgefertigt werden. Der U-Wert im Sockelbereich ist nur minimal geringer wie der des reinen Holzrahmenelementes. Wie im Diagramm der Feuchteberechnung ersichtlich, bleibt der Bauteil über den gesamten Berechnungszeitraum von einem Jahr kondensatfrei. Ein wesentlicher Punkt bei diesem Detail ist die Verbindung zwischen Brettsperrholz- und Holzrahmenelement. Daher wird unter Punkt 2.2 genauer darauf eingegangen.

## 2.2. Statik: Schwellenfußpunkt mit Brettsperrholz

Bei der Betrachtung des Sockeldetails Holzrahmenbau mit Brettsperrholzelement sind folgende Parameter zu klären: Veränderung der Knicklänge, Pressungen quer zur Faser an der Schwelle (falls eine solche angeordnet wird), Aufnahme der Exzentrizität aus der Lasteinleitung sowie der Momentenbeanspruchung aus Windlasten. Zusätzlich zu diesen Punkten sind die für das vorhandene Rahmenelement geltenden Anforderungen aus der Aussteifung zu erfüllen.

Eine Vergrößerung der Knicklänge kann durch die Wahl eines entsprechenden Brettsperrholzelementes bzw. einer steifen Verbindung zwischen Brettsperrholz und Rippe in sehr kleinen Rahmen gehalten werden.

Die Größe der Exzentrizität (je nach Rippenquerschnitt) kombiniert mit der Momentenbeanspruchung aus Wind bestimmen, unter Berücksichtigung des Auszieh Widerstandes der Vollgewindeschrauben, die Übergreifungslänge.

Sind lokal Zugkräfte zu verankern, so kann über ein schräg eingedrehtes Vollgewindeschraubenpaar diese Last von der Rippe in das Brettsperrholzelement und weiter in den Untergrund geleitet werden.

Der Schubabtrag erfolgt über die das Brettsperrholz überdeckende aussteifende Beplankung. Vom Brettsperrholzelement wird dieser Schub über Metallwinkel in den Untergrund (z.B. Betonplatte, etc.) abgeleitet.



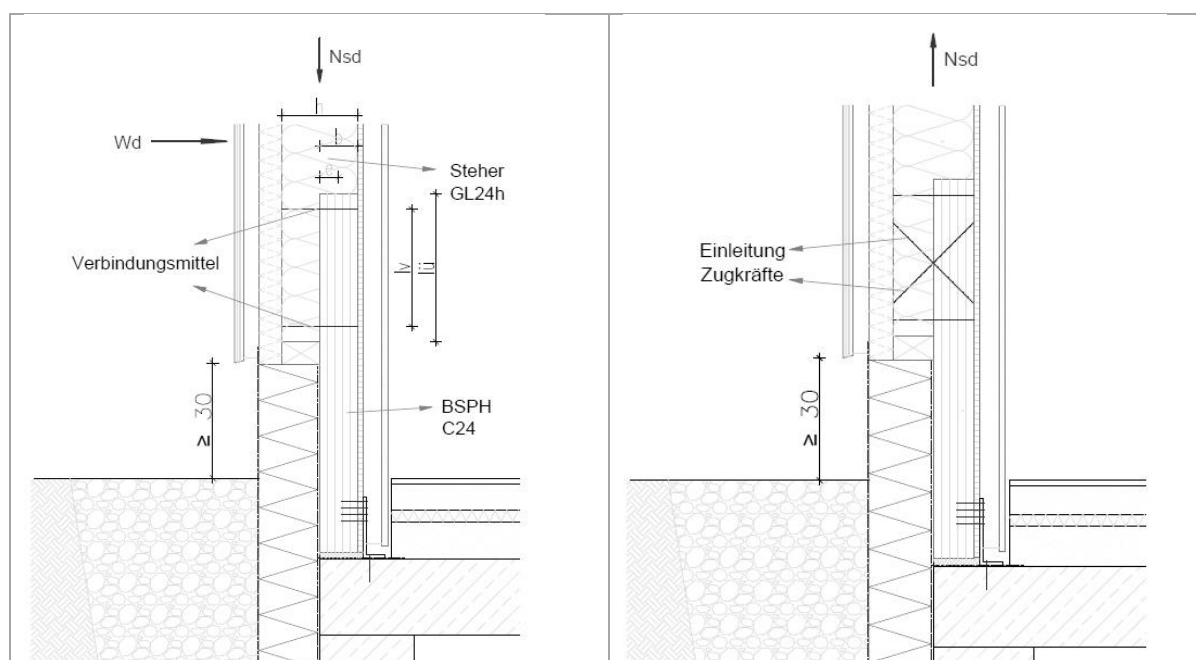


Abbildung 6: Statische Betrachtung des Sockeldetails zu wählende Parameter

### 3. Zusammenfassung

Die dargestellten Sockeldetailvarianten zeigen die Thematik zwischen dem System der Holzrahmenbauweise entsprechenden Standardausführung (Abbildung 2), der Architektur, den Kundenwünschen und der geforderten Barrierefreiheit (Abbildung 3). Aufgrund der Anforderungen, wie bei Detail Abbildung 3 beschrieben, ist bzw. war eine Weiterentwicklung im Sockelbereich notwendig, um die Dauerhaftigkeit in Bezug auf den Feuchteschutz und daraus resultierend dem Wärmeschutz bei Holzrahmenelementen im Sockelbereich zu gewährleisten. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen Lösungen auf, die in der Zwischenzeit mehrfach zur Anwendung gekommen sind. Wie die praktische Umsetzung zeigt, sprechen die unterschiedlichen Anforderungen an die Herstellungsgenauigkeit gegen das Detail mit dem Betonsockel. Probleme zeigen sich vor allem bei Öffnungen (Türen), wo bereits kleine Abweichungen eine wirksame Lastableitung, z.B. der Zuglasten vom Rahmenelement in den Betonsockel, unmöglich machen. Daher ist es naheliegend, den «Sockel» mit in die Vorfertigung der Rahmenelemente zu integrieren. Zahlreiche umgesetzte Projekte bestätigen die einfache, problemlose Detaillösung in der Produktion und Montage. Zudem ist es im bauphysikalischen Sinne eine einwandfreie Lösung und trägt zur Langlebigkeit des Holzrahmenbaus bei.

### 4. Literatur

- [1] ÖNORM B 8110-2; Wärmeschutz im Hochbau; Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz; 2003-07-01
- [2] ÖNORM EN ISO13788; Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren; 2013-04-01
- [3] ÖNORM EN 1995-1-1; Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten; Teil1-1: Allgemeines-allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; 2015-06-15
- [4] ÖNORM B 1991-1-4, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke- Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; 2013-05-01



# Feuchteschutz im Holzbau – Alte Erkenntnisse und aktuelle Regelwerke

Daniel Kehl  
Büro für Holzbau und Bauphysik  
Leipzig, Deutschland





# Feuchteschutz im Holzbau – Alte Erkenntnisse und aktuelle Regelwerke

## 1. DIN 4108-3 neu überarbeitet

Die DIN 4108-3 wurde überarbeitet und erscheint im Oktober 2018 [DIN 4108-3: 2018]. Es gibt Änderungen, die auch Einfluss auf den Holzschutz und die [DIN 68800-2: 2012] haben werden. Dabei fließen alte bauphysikalische Erkenntnisse in die Feuchteschutz-Normung ein. Um den Beitrag in der Länge zu begrenzen, wird nur auf Dächer eingegangen.

### 1.1. Begriffe

Bevor sich der Autor dem eigentlichen Inhalt widmet, werden zunächst einmal Begriffe eingeführt, die in der Norm neu auftauchen:

#### Unglückliche Wortwahl: Periodenbilanz-Verfahren

In Zukunft wird das so genannte Glaser-Verfahren nach DIN 4108-3 in Periodenbilanzverfahren umbenannt. Dies hält der Autor aus zwei Gründen für unglücklich. Erstens ist der Begriff bereits von der Energiebilanzierung «besetzt» und zweitens sagt er nichts über den Inhalt des Verfahrens aus. Besser wäre „vereinfachtes Diffusionsbilanz-Verfahren“ gewesen. Daraus wird zu mindestens ersichtlich, dass es sich um eine Vereinfachung handelt und nur die Diffusion berechnet wird.

#### diffusions ... Schichten

Die bisherige Definition von diffusionsoffene ( $s_d < 0,5$  m), diffusionshemmende ( $0,5 < s_d < 1500$  m) und diffusionsdichte ( $s_d > 1.500$  m) Schicht war bisher sehr unbefriedigend, da es insbesondere zwischen 0,5 m und 1.500 m bauphysikalisch besonders große Unterschiede gibt. Daher wurde von mehreren Einsprechenden (u.a. dem Autor) zum Normentwurf eine feinere Einteilung gewünscht. Dem Wunsch wurde vom Normenausschuss stattgegeben. Resultat daraus: In Zukunft müssen Planende also sorgsam mit den Begriffen umgehen, um keine Verwirrung zu stiften. Am besten wird es sein die Größe der wasserdampfäquivalente Luftschichtdicke ( $s_d$ -Wert) konkret zu benennen, damit es keine Missverständnisse gibt.

Tabelle 1: neue Einteilung der Begriffe nach [DIN 4108-3: 2018]

Begriff	$s_d$ -Wert (Bereich)
diffusionsoffene Schicht	$s_d \leq 0,5$ m
diffusionsbremsende Schicht	$0,5$ m $< s_d \leq 10,0$ m
diffusionshemmende Schicht	$10$ m $< s_d < 100$ m
diffusionssperrende Schicht	$100$ m $\leq s_d < 1.500$ m
diffusionsdichte Schicht	$s_d \geq 1.500$ m

## 2. Drei Arten des feuchtetechnischen Nachweises

Durch den Einsatz von Software, die einen feuchtetechnischen Nachweis mittels vereinfachter Diffusionsbilanz liefert, scheint leider die Grundstruktur der Norm in Vergessenheit zu geraten. Planende blicken nach Erfahrung des Autors selten in den Normungstext, der aber wichtige Informationen enthält und ggf. vor einer Fehlplanung schützt.

Die Feuchteschutznorm bietet dem Planenden drei Möglichkeiten der feuchtetechnischen Nachweisführung, auf die im weiteren Verlauf detailliert eingegangen wird:

### a) Bauteile ohne rechnerischen Nachweis

Bei diesen Bauteilen benötigt man weder eine vereinfachte Diffusionsbilanz noch eine hygrothermische Simulation. Es handelt sich u.a. um Aufbauten, bei denen das vereinfachte Diffusionsbilanzverfahren nicht anwendbar ist, weil die Diffusion eine untergeordnete Rolle spielt und/oder sie sich bewährt haben.

### b) Vereinfachte Diffusionsbilanz

Wenn das Dach nicht unter «Bauteile ohne rechnerischen Nachweis» fällt, kann eine vereinfachte Diffusionsbilanz geführt werden. Zunächst sind die Anwendungsgrenzen des Verfahrens zu berücksichtigen (siehe unten). Erst wenn diese eingehalten werden, ist der Bauteilaufbau berechenbar. Ansonsten braucht man gar nicht loslegen, auch nicht versuchsweise! Ansonsten kann es zu Fehlinterpretationen kommen.

### c) hygrothermische Simulation

Die hygrothermische Simulation kann eigentlich immer verwendet werden. Allerdings ist der Aufwand für bauphysikalisch einfache Aufbauten groß. Daher kommt die Simulation bei der Nachweisführung dann zum Einsatz, wenn die Anwendungsgrenzen der vereinfachten Diffusionsbilanz erreicht sind oder der Aufbau nicht unter «Bauteile ohne rechnerischen Nachweis» fällt.

## 2.1. Bauteile ohne rechnerischen Nachweis

### Äußerer $s_{d,e}$ -Wert auf 2 m begrenzt

Bei Dächern in Holzbauweise ist den meisten Planenden die Regel «innen dichter als außen» geläufig. Vom Prinzip ist sie richtig und findet sich auch in der Feuchteschutznorm wieder. Allerdings muss sie ergänzt werden, da sie einen zu einseitig Fokus auf die Begrenzung der Tauwassermenge legt. Auch dies ist in der Tabelle 2 zu finden.

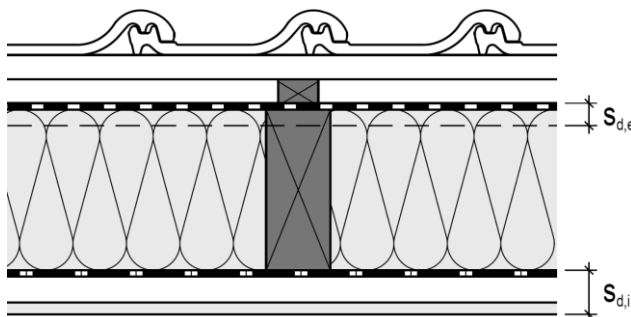


Abbildung 1: Definition der inneren ( $s_{d,i}$ ) und äußeren ( $s_{d,e}$ ) wasserdampfüquivalenten Luftschichtdicke, besser bekannt als  $s_d$ -Wert

Gestrichelte Linie: Unter der Unterdeckbahn kann sich bspw. noch eine Holzschalung befinden

Tabelle 2: Bei Dächern ohne rechnerischen Nachweis sind die maximal zulässigen inneren  $s_{d,e}$  und  $s_{d,i}$  Werte nach DIN 4108-3: 2018 angegeben.

Zeile	DIN 4108-3	
	$s_d$ -Wert außen ( $s_{d,e}$ )	$s_d$ -Wert innen ( $s_{d,i}$ )
1	$\leq 0,1$ m	$\geq 1,0$ m
2	$\leq 0,3$ m	$\geq 2,0$ m
3	$0,3$ m $< s_d \leq 2,0$ m	6 x $s_d$ außen

In Zeile 3 der Tabelle wurde bereits 2014 eine obere Begrenzung des äußeren  $s_d$ -Wertes (max.  $s_{d,e}$  von 2,0 m) eingeführt: Dadurch wird verhindert, dass der Aufbau außen zu diffusionsbremsend wird. In der Feuchteschutznorm wird dies sinngemäß kommentiert: Bauteile mit beidseitigem Wasserdampf-Diffusionswiderstand von  $> 2$  m haben nur ein geringes Trocknungspotential. Bei solchen Bauteilaufbauten besteht daher das Risiko, dass eingetragene Feuchte (z.B. aus Konvektion) nicht schnell genug austrocknen kann und zu Schäden führt.

Die Regel von oben muss als ergänzt/ersetzt werden. Einer der führenden Bauphysiker im Holzbau (Robert Borsch-Laaks) hat es mal auf den Punkt gebracht: «*So diffusionsdicht wie nötig* (um die Tauwassermenge auf ein zulässiges Maß zu begrenzen) *und so diffusionsoffen wie möglich* (um eine hohes Trocknungsvermögen zu erlangen)».

Der Vorläufer der Tabelle 2 aus der Feuchteschutznorm entstammt übrigens der Holzschutznorm, mit einem wesentlichen Unterschied in Zeile 3 [DIN 68800-2: 2012]. Obwohl es um das gleiche geht, ist im konstruktiven Holzschutz ein äußerer  $s_{d,e}$ -Wert bis 4 m zulässig, allerdings ist die Anwendung an Bauteile mit «werksseitiger Vorfertigung nach Holztafelbaurichtlinie» gekoppelt. Für Planende und Ausführende ist dieser Widerspruch zwischen den beiden Normen unbefriedigend. Da sich die max.  $s_{d,e} = 2$  m Regel aus der DIN 4108-3 (Tab. 2; Zeile 3) auch schon vor Einführung der Norm im handwerklichen Bauen bewährt hat, wird für die Überarbeitung der DIN 68800-2 folgende Tabelle vorgeschlagen.

Tabelle 3: Vorschlag für die Überarbeitung der DIN 68800-2. Somit entstehen keine widersprüchlichen Regelwerke und es wird deutlich, warum es bei der oberen Grenze geht: Feuchte aus Konvektion.

Zeile	Vorschlag Überarbeitung DIN 68800-2	
	$s_{d,e}$ -Wert außen ( $s_{d,e}$ )	$s_{d,i}$ -Wert innen ( $s_{d,i}$ )
1	$\leq 0,1$ m	$\geq 1,0$ m
2	$\leq 0,3$ m	$\geq 2,0$ m
3	$0,3$ m $< s_d \leq 2,0$ m	6 x $s_d$ außen
4	$2,0$ m $< s_d \leq 4,0$ m <sup>a</sup>	6 x $s_d$ außen <sup>a</sup>

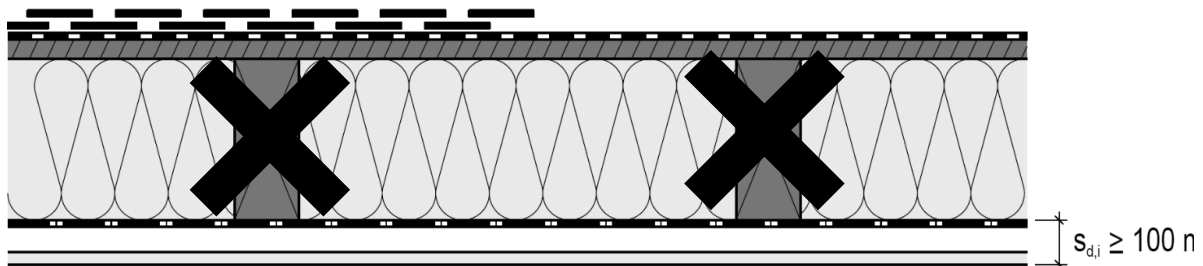
<sup>a</sup> anwendbar bei geprüfter Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle mit  $q_{50} \leq 3,0$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h

Somit wären beide Normen in den Zeilen 1-3 im Einklang. Die Erweiterung des äußeren  $s_{d,e}$ -Wertes bis 4 m kann bestehen bleiben. Da aber das Bauteil auf Grund des größeren Diffusionswiderstandes auf der Außenseite nicht mehr so fehlertolerant gegenüber unplanmäßiger Feuchte aus Konvektion ist, ist dies konsequent an die geprüfte Luftdurchlässigkeit zu koppeln. Genau die gleiche Forderung stellt bereits das WTA Merkblatt 6-8 [WTA MB 6-8: 2016].

Bei Bauphysikern ist die Kopplung an die Holztafelbaurichtlinie ist seit Einführung umstritten, weil in ihr keine Anforderung an die Luftdichtheit gestellt wird. Auf Grund der sehr moderaten Forderung, die eh aus energetischen Gründen geschuldet wird, müssen die Holztafelbauhersteller vor der bauphysikalisch sinnvolleren Forderung keine Befürchtungen haben.

### Vollgedämmte Dächer mit $s_{d,i} > 100$ m seit 2014 nicht mehr enthalten

Es ist nicht nur von Interesse, was in einer Norm neu erscheint, sondern auch, was verschwindet. Dies gilt besonders für die folgenden ehemals «nachweisfreien» Aufbauten. Bis 2014 waren beiden Bauteile, die schon seit langem keine anerkannte der Regel der Technik mehr sind, in der DIN 4108-3 noch zu finden.



a) Nicht belüftetes Dach mit nicht belüfteter Dachdeckung z.B. Schieferdeckung

b) Nicht belüftetes Dach mit Dachabdichtung

Prinzipiskizze

Abbildung 2: Dachaufbauten, die schon lange keine anerkannte Regel der Technik mehr sind, sind bereits 2014 aus der DIN 4108-3 verschwunden. Aufbau b taucht bis heute in der Praxis auf und verursacht Schäden.

Da der Flachdachaufbau (Abb. 2b) auf der Oberseite i.d.R. Abdichtungsbahnen mit entsprechend hohen Diffusionswiderständen aufweist, hat er keinerlei Trocknungspotential. Er reagiert sehr empfindlich auf Feuchte aus Konvektion sowie einbindenden Nassbauteilen und hat ein großes Schadenspotential.

Es ist verwunderlich, dass sich dieser Aufbau so lange in der Norm gehalten hat, da bereits 1991 (!) vor ihm gewarnt wurde: *«Der Querschnitt (A.d.A. wie Abb. 2b nur mit unbelüfteter Luftschicht über der Gefachdämmung) ist zwar im Sinne der DIN 4108 Teil 3 rechnerisch einwandfrei, jedoch für die Praxis nicht zu empfehlen. Mit der beidseitigen, weitgehend dampfdichten Absperrung des Querschnitts durch Dachabdichtung und Dampfsperre können die eingeschlossenen Holzbauteile bei auftretenden Undichtigkeiten in der Dachhaut in hohem Maße feuchtegefährdet sein.»* [IFO Holzschutz 1991]

Auch sechs Jahre später ist die Aussage unmissverständlich: *«Solche Konstruktionen (A.d.A. wie Abb. 2b nur mit unbelüfteter Luftschicht oberhalb der Gefachdämmung) haben sich in der Vergangenheit als schadensträchtig erwiesen, da der chemische Holzschutz bei solchen Bauteilquerschnitten bei ungewollt auftretender Feuchte nicht in der Lage ist, allgemeine Bauschäden zu verhindern. Deshalb sollten sie nur in Ausnahmefällen angewandt werden.»* [IFO Holzschutz 1997]

Und wie schrieb Prof. Oswald 2009 zum Flachdachaufbau (wie Abb. 2b) der DIN 4108-3 von 2001 im Rahmen eines Schadensfalls: *«Die hier realisierte Schichtenfolge eines unbelüfteten Daches mit dampfdichter oberer Abdichtung und ebenfalls dampfdichter unterseitiger Dampfsperre entsprach zum Zeitpunkt der Planung und Errichtung in wasserdampfdiffusionstechnischer Hinsicht zwar den Regelwerken. Der allgemeine Kenntnisstand war allerdings für den Anwendungsfall des Holzdachs mit Zwischensparrendämmung schon wesentlich weiter fortgeschritten, so dass diese Bauweise für Holzkonstruktionen schon seit Jahren nicht mehr als anerkannte Regel der Bautechnik gelten kann.»* [Oswald 2009]

In den letzten Jahren wurde das Problem der sogenannten DICHT-DICHT Aufbauten in allen Fachkreisen erkannt. So sind solche Aufbauten aus den aktuellen Regelwerken verschwunden.

All dies bedeutet nicht, dass Flachdächer in Holzbauweise nicht gebaut werden dürfen. Mit entsprechender Planung ist dies ohne weiteres möglich. Auch hierzu finden sich entsprechende Hinweise in den Regelwerken [DIN 4108-3: 2014/2018][ZVDH MB WSDW 2018] [DIN 18531-1: 2017]. Zudem wird zum einen auf das «Informationsblatt zu Flachdächern in Holzbauweise» (kostenloser Download unter <https://holzbauphysik.de> → Downloads) und zum anderen auf das Informationsdienst Holz Heft «Flachdächer in Holzbauweise» verwiesen, das in den nächsten Monaten erscheinen wird (<https://informationsdienst-holz.de>).

## 2.2. Vereinfachte Diffusionsbilanz

Kommt man mit «Bauteilen ohne rechnerischen Nachweis» nicht weiter, kann das vereinfachte Diffusionsbilanz-Verfahren (Glaser) zur Nachweisführung verwendet werden. Bevor dies allerdings geschieht, sind erst einmal die Anwendungsgrenzen abzuklären.

### Anwendungsgrenzen spezifiziert

Egal ob man sich in der Tragwerksplanung oder der Bauphysik bewegt: Die Vereinfachung von Berechnungsansätzen geht mit der Begrenzung des Anwendungsbereiches einher. Dies gilt auch für die vereinfachte Diffusionsbilanz (Glaser), die nicht immer sinnvolle Ergebnisse liefert und auch nicht immer auf der sicheren Seite liegt. Die Berechnung wird durch die DIN 4108-3 konsequenterweise begrenzt. In der neu erscheinenden Fassung setzt die Norm der Bilanzierung auch zukünftig klare Grenzen. (Bitte genauen Normungstext lesen!)

Für Dächer lässt es sich wie folgt zusammenfassen. Das Verfahren gilt unter anderem

- nicht für Räume mit besonderen klimatischen Bedingungen,
- nicht für Dachkonstruktionen mit Deckschichten (Begrünung, Bekiesung, Plattenbelägen und Rosten),



- nicht zur Berechnung des natürlichen Austrocknungsverhaltens,
- nicht für gedämmte, nicht belüftete Holzdachkonstruktionen mit Metalleindeckungen oder mit Abdichtung

In solchen Fällen muss (!) entweder die Konstruktion geändert oder hygrothermisch simulieren werden.

### **Trocknungsreserve berechnen**

Kann nach Überprüfung der Anwendungsgrenzen das Bauteil bilanziert werden, ist bei Holzbauteilen auch die Trocknungsreserve zu berechnen. Demnächst wird in der DIN 4108-3 ein Verweis auf die DIN 68800-2 stehen, in dem explizit auf die Trocknungsreserve hingewiesen wird. Dies war bisher nicht der Fall. Dabei gibt es folgendes zu beachten:

Bei der Diffusionsbilanz liegt bei vielen Planenden immer noch der Fokus auf der Verhinderung des rechnerischen Tauwassers, obwohl gewisse rechnerische Tauwassermengen ja zulässig und unschädlich sind. Die Planenden werden ggf. auch noch dadurch fehlgeleitet, dass Diffusionsbilanz-Software den Hinweis gibt, mit wieviel zusätzlichem  $s_d$ -Wert auf der Innenseite das Bauteil tauwasserfrei wird. Wenn es aber um die Robustheit geht, spielt nicht nur die Begrenzung der Tauwassermenge, sondern ganz besonders die Größenordnung der Trocknungsmenge eine Rolle. Je größer die Verdunstungsmenge wird und die zulässige Tauwassermenge übersteigt, desto größer ist das Trocknungspotential des Aufbaus und desto fehlertoleranter ist dieser gegenüber unplanmäßiger Feuchte aus Konvektion.

Der Hintergrund ist einfach: In der Praxis bestehen Bauteile nicht aus perfekt luftdichten Bauteilen und Anschlüssen. Bei üblicher handwerklicher Ausführung können kleine Leckagen in der Luftdichtheit nie ganz vermieden werden. Das bedeutet, dass es neben dem Feuchteeintrag über Diffusion auch der Feuchteintrag über Konvektion in das Bauteil gelangt. Dieser Feuchteintrag liegt um Größenordnungen höher als der durch Diffusion. Was so normal klingt, wurde bisher in der DIN 4108-3 ignoriert. Man ging bisher immer von einer absolut luftdichten Konstruktion aus. Dies hat sich nun geändert. Bereits 1999 wird von [Künzel 1999] empfohlen bei der vereinfachten Diffusionsbilanz eine Trocknungsreserve von 250 g/m<sup>2</sup> einzuhalten. Bei der Berechnung muss also 250 g/m<sup>2</sup> mehr austrocknen können, als im Winter an Tauwasser entsteht. Dies wurde auch 2012 in die [DIN 68800-2: 2012] sinnvollerweise übernommen und ist im Holzbau gängige Praxis.

### **2.3. Hygrothermische Simulation**

Während 2014 in der DIN 4108-3 zwar auf die hygrothermische Simulation verwiesen wurde, aber der Planende im entsprechenden Anhang D fast allein gelassen wurde, war es dringend notwendig den nun normativen Anhang grundlegend zu überarbeiten. Nun stehen dem Planenden fünf Seiten mit Hinweisen zur Verfügung. Als Grundlage dafür dienten die WTA Merkblätter, die seit über 15 Jahren in diesem Bereich führend in diesem Bereich sind. [WTA MB 6-1: 2001] [WTA MB 6-2: 2014] [WTA MB 6-4: 2009] [WTA MB 6-5 2014] [WTA MB 6-8: 2016] Da die hygrothermische Simulation komplex ist und nicht alles in die Norm beschrieben werden kann, wird praktischerweise auf die WTA Merkblätter verwiesen.

Für den Holzbau betrifft dies insbesondere Dächer mit Metalleindeckung und Abdichtungen. Dies wird in der DIN 4108-3 auch genannt. Zum einen bei den Anwendungsgrenzen der vereinfachten Diffusionsbilanz (siehe oben) und zum anderen wird explizit auf Abschnitt 7.5 der [DIN 68800-2: 2012] verwiesen.

### 3. Literatur

- [DIN 4108-3 ...] DIN 4108: Teil 3 - Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Beuth Verlag, Berlin Fassung 2001 / 2014 und 2018
- [DIN 18531-1: 2017] Abdichtungen von Dächern sowie von Balkonen, Loggien und Laubengängen – Teil 1: Nicht genutzte und genutzte Dächer – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze, Beuth Verlag, Berlin 2017
- [DIN 68800-2: 2012] DIN 68800-2: Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau, Beuth-Verlag, Berlin 2012
- [IFO Holzschutz 1991] Hrsg.: Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung in Zusammenarbeit mit Bund Deutscher Zimmermeister im ZDB und der Arbeitsgemeinschaft Holz; holzbau handbuch Reihe 3 Bauphysik – Baulicher Holzschutz, Eigenverlag, München 1991
- [IFO Holzschutz 1997] Hrsg. Holzabsatzfonds: Informationsdienst Holz, holzbau handbuch Reihe 3 Teil 5 Folge 2 - Baulicher Holzschutz, Eigenverlag, Bonn 1997 (mehrfach unverändert aufgelegt)
- [Künzel 1999] Künzel, H.M.: Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – quo vadis? IBP Mitteilung, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Eigenverlag, Holzkirchen 1999
- [Oswald 2009] Oswald, R.: Fehlgeleitet – Unbelüftete Holzdächer mit Dachabdichtungen, Beitrag in der Zeitschrift «db – deutsche bauzeitung», Ausgabe 07-2009, Konradin Medien GmbH, Leinfelden-Echterdingen 2009
- [WTA MB 6-1: 2001] Hrsg. Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerks-erhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-1: Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen, IRB Verlag, München 2001 (wird gerade überarbeitet und soll 2019 als Entwurf erscheinen)
- [WTA MB 6-2: 2014] Hrsg. Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerks-erhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-2: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse, IRB Verlag, München 2014
- [WTA MB 6-4: 2009] Hrsg. Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-4: Innendämmung nach WTA - Planungsleitfaden, IRB Verlag, München 2009
- [WTA MB 6-5 2014] Hrsg.: Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.: Merkblatt 6.5 - Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren, IRB Verlag, München 2014
- [WTA MB 6-8 2016] Hrsg. Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-8: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulation, IRB-Verlag, München 2016
- [ZVDH MB WSDW 2018] Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks: Merkblatt Wärmeschutz bei Dach und Wand, Rudolf Müller Verlag, Köln Mai 2018

## **Block B2**

# **Leistungsfähige Deckensysteme**



# Hohlkasten – Leistungsfähig durch Kombinationen

Ralf Harder  
LIGNOTREND Produktions GmbH  
Weilheim, Deutschland





# Hohlkasten – leistungsfähig durch Kombinationen

## 1. Basisfunktion Statik

Die Grundaufgabe eines Bauteils ist in der Regel die statische Tragwirkung. Bei allen wesentlichen Baustoffen begegnet man der «Auflösung» von Voll-, d.h. Rechteckquerschnitten zu Varianten, bei denen das Material im Querschnitt so angeordnet wird, dass es statisch effizient genutzt wird.

### 1.1. Stahl

Wesentliche Motivation, keine Vollquerschnitte zu verwenden ist schlicht das Gewicht – bei  $7850 \text{ kg/m}^3$  stünde das Konstruktionsgewicht in einem sehr ungünstigen Verhältnis zur Nutzlast. Erst mit geeigneten Technologien (Nieten, Fachwerk, Warmwalzen) wurde Stahl zum nützlichen Werkstoff.

Profilstahl (Hohlprofile, Doppel-T-Träger) nutzten erstmals auf industrieller Ebene den Effekt, dass Querschnittsteile, die weiter von den Schwerachsen angeordnet sind, überproportional zur Tragwirkung und Biegesteifigkeit beitragen können. Bei gleicher Bauhöhe erzielt der Doppel-T-Träger IPE beispielsweise rund die doppelte Biegesteifigkeit wie ein Rechteckquerschnitt, bei dem die gleiche Menge an Material verwendet wurde. Anders formuliert erreicht man durch die Profilierung eine **Gewichtseinsparung**.

### 1.2. Beton / Mauerwerk

Ebenfalls meist aus Gewichtsgründen wird Beton durch Schalung zum Kastenquerschnitt geformt. Aufgelöste Querschnitte finden sich als Hohlkasten im Brückenbau, zum anderen als TT-Platten oder auch als Spannbeton-Hohlkörperdecken im Geschossbau.

Bei Mauersteinen tauchen «Kästen» in Form von Hochlochziegeln auf. Als Motivation kommt weniger das Gewicht als die **Reduzierung des Wärmedurchgangs** hinzu.

### 1.3. Holz

Holz kann aufgrund seiner Hohlfaserstruktur schon von Natur aus als Stapel von mikroskopisch kleinen «Kästen» angesehen werden, der sehr materialeffizient und bei geringem Gewicht seine Tragwirkung erreicht.

Die Motivation «Gewicht» spielt im Holzbau also schon eine weniger dominierende Rolle bei der Festlegung der Querschnittsform. Selbstverständlich führt das Gewicht bei Bindern für große Spannweiten wie Hallendächern zur Auflösung des Querschnitts, die bis hin zu gespreizten Stäben bzw. Fachwerkträgern geht, wenn der Herstellungsaufwand die Kosten für einen alternativen Massivquerschnitt aufwiegt. Wegen des großen Produktionsaufwands kommt hingegen das Fachwerkprinzip bei flächigen, platten- und scheibenförmigen Bauteilen kaum zum Einsatz.

Die traditionelle Holzrahmenbauweise ist weiterhin weit verbreitet. Heute sind mit mechanischen Verbindungsmitteln zusammengesetzte Balkendecken oder Holzrahmenbauwände weit verbreitet – entweder bauseitig montiert oder im Werk elementiert. Wenn man so will, handelt es sich auch um Kastenelemente, allerdings trägt die Beplankung nur zur Tragwirkung als Scheibe bei und nicht zum Biegeträger.

Seit einigen Jahren haben massive Platten in Form von Brettstapelelementen, Dübelholz Brettschichtholzplatten, massivem Brettsperholz etc. deutliche Marktanteile errungen. Sie versprechen **Einfachheit bei der Planung**, vielleicht den mineralischen Massivbauweisen vergleichbar.

Die Ausformung von Hohlkasten- oder Rippenelementen war bereits in der alten DIN 1052 als zusammengesetzter Querschnitt beschrieben, wobei die Querschnittsteile entweder nachgiebig mit mechanischen Verbindungsmitteln oder – deutlich starrer – durch Verklebung verbunden werden. Mengenmäßig nennenswert ist bei aufgelösten Flächenelement-

Querschnitten heute nur die verklebte Produktion in industriellem Maßstab bzw. die Herstellung sehr individueller Bauteile in Holzbaubetrieben, die in Deutschland eine entsprechende Befähigung zum Verkleben nachweisen müssen.

## 2. Attraktivität von Hohlkästen

Aus der Perspektive des Markts betrachtet, stehen der Holzbau und seine Lösungen im brancheninternen Produktwettbewerb sowie im externen Wettbewerb mit anderen Baumaterialien. Dieser Beitrag will sich dem *Potenzial von Hohlkasten- und Rippenelementen aus Holz als flächige Bauteile* aus Richtung der Attraktivität für den Anwender annähern.

Die Attraktivität eines Produktes oder einer Lösung und damit seine Wettbewerbsfähigkeit kann auf drei Wegen gesteigert werden,

1. wenn die **Kosten** geringer sind als bei den Alternativen,
2. wenn **Funktionen** erfüllt werden, die sonst anderweitig gelöst werden müssten und
3. wenn **Zusatzfunktionen** gelöst werden, die den Nutzwert (unerwartet) steigern.

Was bedeutet das für das Kasten-/Rippenelement? Die Herstellkosten setzen sich aus Materialaufwand und Fertigungsaufwand zusammen. Der Einsatz von Material ist geringer, in gewissem Maße schluckt das (zwar industrielle, hier aber aufwändigere) Produktionsverfahren diesen Vorteil wieder. Die häufige Vermutung, ein aufgelöstes Produkt müsse doch automatisch günstiger sein, erweist sich also bei aktuellen Preisen für das Rohmaterial als nicht richtig – wenn man nur die reine Tragfunktion betrachtet. Der erste Attraktivitätsfaktor mag also kurzfristig nicht für Hohlkästen sprechen.

Mittelfristig könnte sich die Situation mit dem – im Sinne des Strebens nach nachhaltigen Einsatzes nachwachsender Ressourcen wünschenswertem weiterem Wachstum der Holzbauweisen – freilich ändern: Mit steigender Nachfrage/sinkender Verfügbarkeit steigen Materialpreise, ein Kostenvorteil gegenüber voll massiven Bauteilen erwächst.

## 3. Erfolgsschlüssel: Funktionskombination

Betrachtet man nicht nur die Basisfunktion «Statik», greifen der zweite und dritte Attraktivitätsfaktor hingegen bereits heute nennenswert: Sie sprechen für die Möglichkeiten, die der Holzbau mit Hohlkasten- und Rippenelementen erschließen kann. Im Folgenden wird anhand von fünf Kombinationen dargestellt, wie sich der Nutzen für ihren Anwender erhöht, wenn zur Tragwirkung weitere Nutzenfaktoren hinzukommen.

Zuvor sei erwähnt, dass Kasten-/Rippenelemente aber schon in der Basisfunktion «Statik» neue Felder erschlossen haben: Heute ermöglicht die Technologie die Herstellung von Brettsperrholz-Rippenelemente in derartiger Konfiguration, dass sie größere Spannweiten materialeffizient und ohne Zwischenstützen überspannen können und sich unabhängig von Hybridansätzen wie dem Holz-Beton-Verbund für Anwendungsbereiche wie etwa den Schulbau eignen.

### 3.1. Statik + Massivität = Robustheit + Raumklima

Der Faktor Massivität scheint vordergründig nicht für die Auflösung des Bauteilquerschnitts zu sprechen. Voll massive Holzbauelemente stehen zur Verfügung und entsprechen in bestem Sinne den Wunsch des Planers nach einfacher Konstruktion sowie der Sympathie vieler Bauherren nach robusten – eben massiven Konstruktionen. Durch das Brettsperrholzprinzip sind auch hier die natürlichen Schwind- und Quellprozesse und die einhergehenden Verformungen kontrollierbar.

Stellt man die Frage, welcher Grad an Massivität für ein Bauteil sinnvoll ist, liegt es – analog zu den Überlegungen bei der statischen Tragwirkung – nahe, den Querschnitt daraufhin zu untersuchen, ob Bereiche überhaupt noch einen Beitrag leisten.

Man wird feststellen, dass der «weiche» Faktor der **Raumklimaregulierungsfähigkeit** von Holz zwar eines ausreichend großen Volumens an Holzmasse bedarf, jedoch hier nicht unbedingt vom Gesamtvolumen, sondern nur vom *zugänglichen* Volumen ausgegangen



werden darf. Denn für eine luftfeuchteausgleichende Wirksamkeit tragen tiefliegende Holzschichten nicht bei. Den Hohlkasten kann man auf große Ausnutzung auslegen, indem die Holzmasse so angeordnet ist, dass kaum Anteile tiefer liegen als 3-4 Zentimeter hinter einer (inneren) Oberfläche – das ist das Maß, bei dem noch nennenswerter Feuchteausgleich erwartbar ist.

Man wird zudem feststellen, dass auch der Hohlkasten dem **«psychologischen» Akzeptanzkriterium «Massivität»** entspricht: Statisch äquivalent ist dem Vollholzquerschnitt von 22 cm Höhe und rund 110 kg/m<sup>2</sup> beispielsweise in etwa ein LIGNO Brettsperrholz-Rippenelement von 27,5 cm Höhe mit Flächengewicht von rund 69 kg/m<sup>2</sup>. Selbst wenn der Feuerwiderstand auf 60 min erhöht sein soll, reichen Elemente mit rund 75 kg/m<sup>2</sup> bei geeigneter Füllung für Hohlraumlosigkeit aus.

Vision für den Holzbau bei sinkender Holzverfügbarkeit: Bei gleichem Materialeinsatz könnte man mit Kastenbauteilen aus der gleichen Menge forstseitig mobilisierten Holzes 60% mehr Elementfläche schaffen, ohne das Akzeptanzkriterium «massive Qualität» aufzugeben.

### 3.2. Statik + Dämmung = Energieeffizienz + Kompaktheit

Die Bauhöhe von Kastenbauteilen scheint auf den ersten Blick gegen die Sinnhaftigkeit von Kastenbauteilen zu sprechen. Oft, besonders im urbanen Bereich kommt es bei der Gebäudegesamthöhe auf Zentimeter an.

Moderne Berechnungsverfahren erlauben insbesondere für das Flachdach die bauphysikalische Analyse der sicheren Anordnung eines Teils der Dämmung im Kasten, also auf der Warmseite des Bauteils. So kann die Wärmeleitfähigkeit des Elements z.B. bis unter 0,09 W/mK abgesenkt und die Höhe der Aufdachdämmung reduziert werden.

Umgekehrt sind bei gleicher Bauhöhe bessere U-Werte erzielbar. Der Gesamtnutzen niedrigerer U-Werte ist freilich erst bei ganzheitlicher Betrachtung des Gesamtbauwerks inkl. der Betriebskosten quantifizierbar (vgl. Passivhauskonzept) und entzieht sich teilweise unmittelbaren bauteilbezogenen Kostenerwägungen.

### 3.3. Statik + Installation + Oberfläche = Geschwindigkeit

Holzbauteile mit fertiger Holzoberfläche sind nicht nur dem Kastenbauteil vorbehalten. Hochwertige, stabile Oberflächen versprechen Brettsperrholzbauteile dank der direkt hinter der Sichtlage integrierten Querlagen, damit sind stark **reduzierte Ausbauezeiten** möglich. Die industrielle Fertigung hilft die bei boomender Holzbautätigkeit herrschende Knappheit der Ressource Arbeitszeit zu entschärfen und erlaubt, die Holzbauweise auch im Erscheinungsbild der Innenarchitektur zu zeigen – in ersten Bundesländern bekanntlich inzwischen auch in den höheren Gebäudeklassen.

Hohlräume allerdings erlauben zudem, den Ausbau auch im Bereich der elektrischen Installationen von der Baustelle weg zu verlagern. Bei Decken aus Rippenbauteilen sind in den Zwischenbereichen bauhöhen sparend auch größere Leitungsquerschnitte möglich.

### 3.4. Statik + Schallschutz = Ruhekomfort

Ein Imageproblem haben Holzbauweisen bisweilen zu Unrecht im Bereich des Schallschutzes. Fast alle Konstruktionsprinzipien haben im Wand- und Deckenbereich mehr oder weniger aufwändige Aufbauten definiert, um dem zu begegnen: In der Regel durch verschiedene Schichtungen auf dem Element und die Erhöhung der Masse durch mineralische Baustoffe.

Der Hohlraum von Rippenbauteilen für Decken bietet eine raumsparende und bei der Verarbeitung einfache Möglichkeit, schalldämmende Maßnahmen zu treffen. Zwei mögliche Wege sind der Einbau von Masseschüttungen oder Tilgerelementen, durch beide erübrigen sich zugleich Nivellierarbeiten für Schüttungen auf dem Element.

Im Vergleich zu starren Gewichtskomponenten wie Gehwegplatten und dem Beton bei Holz-Beton-Verbundbauteilen lassen lose Schüttungen auf einfache Weise ein optimales Ergebnis für den tieffrequenten Schallschutz erwarten – mit dem positiven Nebeneffekt, dass ohne Zement keine zusätzliche graue Energie ins Bauteil fließt.

Der erreichbare außerordentliche **Schallschutzkomfort** im Bereich der Gehgeräusche stellt aktuell einen Zusatznutzen dar, denn es gibt hier normativ keine Anforderungen. Einerseits hat das Image des Holzbaus hier Nachholbedarf. Andererseits sind damit entsprechende Lösungen von vornherein auch für den Mehrgeschossbau geeignet.

Vision für den Holzbau unter Rückbezug auf die Kombination «Statik + Oberfläche»: Die genannte Schallschutzqualität ist nachweislich auch ohne unterseitige Deckenbekleidung erreichbar. Das Holz darf sichtbar bleiben!

### 3.5. Statik + Raumakustik = Nutzungsqualität

Das letzte Kombinationsbeispiel spielt sich im oberflächennahen Bereich der Hohlräume von Rippen- und Kasten-elementen ab. Das Einlegen von raumakustisch absorbierenden Materialien – hier eignet sich natürliche Holzweichfaser und die Eröffnung der Elementansicht durch Schlitze oder Löcher – gibt dem Bauelement zusätzlich zur fertigen Sichtoberfläche eine weitere Zusatzqualität, die herkömmlich nur durch Überkopf-Montageaufwände geschaffen werden kann. Hohlräume hinter dem Absorber verbessern die Wirkung sogar noch. Es gelten die im Abschnitt zur Funktion «Oberfläche» gemachten Nutzen bzgl. der Ausbaaufwände.

Bei Rippen-elementen und Kästen mit Brettsperrholz-Untergurt wird der Absorber auch anstelle von Querlagen angeordnet, wo das regelmäßige Auslassen der Holzlamellen die nötigen Hohlräume schafft.

Räume unter solchen Akustikoberflächen profitieren in Ihrer **Nutzungsqualität** von Geräuschpegelminderung, Erhöhung der Sprachverständlichkeit und Nachhallreduktion. Mitnichten betrifft eine grundsätzlich auch unter Wirtschaftlichkeitsaspekten positiv quantifizierbare Erhöhung der **Nutzungsflexibilität** nur Objektbauten, selbst der private Wohnraum mit heute oft wenig absorbierenden Ausbaumaterialien gewinnt an Atmosphäre.

### 3.6. Ausblick

Die hier genannten Kombinationsbeispiele sind durch geschickte Elementkonfiguration auch addierbar. Der vermeintlich «komplizierte» Weg, plattenförmige Elemente aus aufgelösten Kasten- und Rippenquerschnitten herzustellen, erweist sich damit aus mehreren Perspektiven als spannende Option:

#### 1. Lösungskompetenz:

Der Holzbau kann weitere Marktanteile erschließen, wenn er sich mit *multifunktionalen* Lösungen positioniert, die mehrere Anforderungen und Aufgaben zugleich und in außerordentlicher Qualität realisieren können.

#### 2. Zukunftsfähigkeit:

Mit aufgelösten Elementquerschnitten rüstet sich der Holzbau auch für die bei steigender Holzbauquote zu erwartenden Notwendigkeiten hinsichtlich Materialeffizienz.

#### 3. Planbarkeit:

Digitalisierte Planungsprozesse bis hin zu BIM können den Umgang mit geometrischen Komplexitäten von Kasten-elementen bereits heute vereinfachen.

Es soll abschließend nicht unerwähnt bleiben, dass man sich den genannten Bauteilanforderungen selbstverständlich auch auf anderem Weg nähern kann – etwa mit ultraleichten Konstruktionen oder durch Effizienzsteigerung bei der Addition von Lagen. Man wird für jeden Weg marktrelevante Nutzen- und Akzeptanzfaktoren betrachten, um die passendste Variante zu wählen.

Zusammengefasste Botschaft dieses Beitrags: Das Kasten-element und seine Verwandten haben in den vergangenen Jahren eine Entwicklung durchlaufen, bei der sie sich von den rein konstruktiven Bauwerkskomponenten zu multifunktionalen Lösungen gewandelt haben.

Der nächste Schritt ist, dass dieses Potenzial in der Breite der modernen Architektur ankommen muss.

# Holz-Beton-Verbund Deckensysteme Optimierung für kosteneffiziente Holz-Hybrid-Bauten

Haßmann André  
Berlinovo Grundstücksentwicklungs GmbH (BGG)  
Berlin, Deutschland



Carsten Hein  
Arup Deutschland GmbH  
Berlin, Deutschland





# Holz-Beton-Verbund Deckensysteme Optimierung für kosteneffiziente Holz-Hybrid-Bauten

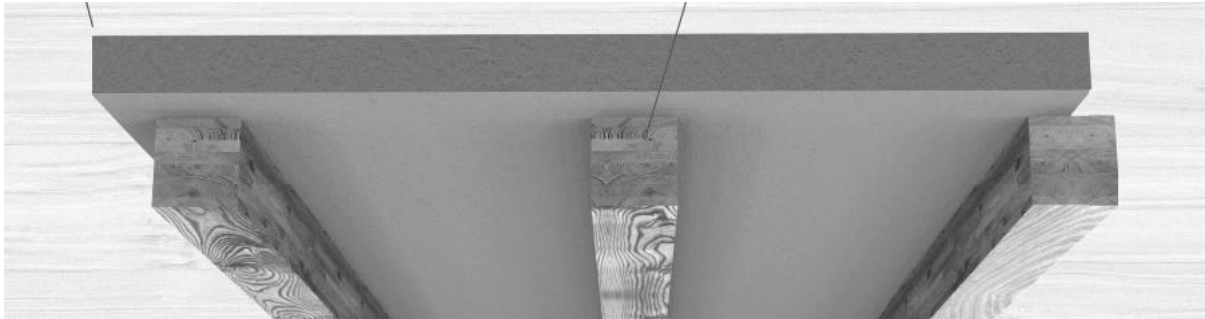


Abbildung 1: HBV Deckenelemente

## 1. Einleitung

Arup ist ein weltweit tätiges, unabhängiges Planungs- und Beratungsbüro und die kreative Kraft hinter vielen der weltweit bedeutendsten Projekte der gebauten Umwelt. Internationale Bekanntheit erlangte das Unternehmen mit Beiträgen an Landmarks wie dem Opernhaus in Sydney oder dem Centre Pompidou in Paris.

Mit 14.000 Planern, Ingenieuren und Beratern in 87 Büros in 34 Ländern bietet Arup innovative und nachhaltige Lösungen für unterschiedlichste Branchen und Märkte. In Deutschland liefert Arup mit 270 Experten an den Standorten Berlin, Frankfurt und Düsseldorf maßgeschneiderte Lösungen zu allen Anforderungen - von der Fachplanung einer Spezialdisziplin bis zu komplexen, interdisziplinären Projekten. [www.arup.com](http://www.arup.com)

Die Berlinovo Immobilien Gesellschaft mbH (berlinovo) ist ein großer Immobiliendienstleister des Landes Berlin und verwaltet ein Portfolio mit 294 Objekten, managt 23.470 Mieteinheiten mit einer Gesamtmietfläche von 2,75 Mio. m<sup>2</sup> und einer Jahressollmiete von 170,5 Mio. €. Die 100% Tochter der Berlinovo ist die Berlinovo Grundstücksentwicklungs GmbH welche sich ausschließlich mit dem Neubaugeschäft der Berlinovo beschäftigt.

Gegenstand der BGG ist die Durchführung von Immobilienprojekten nichtgewerblicher Art im Allgemeininteresse (wie bspw. die Entwicklung, Planung, Errichtung, Vermietung und der Betrieb von Studentenunterkünften oder Errichtungen des sozialen Wohnungsbaus) sowie aller damit im Zusammenhang stehender Geschäfte. Sie ist Auftraggeberin und Vertragspartnerin.

Heutzutage wohnt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in urbanen Räumen.

Durch das ungebrochene Wachstum der Städte, den gesellschaftlichen begründeten Veränderungen der Wohnstrukturen steht die Bauindustrie vor neuen Herausforderungen.

Folgend den aktuellen Prognosen werden in Berlin bis 2025 ca. 137.000 neue Wohnungen benötigt. Dies entspricht einer Baumasse von ca. 20.000 € Wohnungen pro Jahr.

Hinzu kommen infrastrukturelle bauliche Ergänzungen wie KITA, Schulen, Pflimmobilien, Wohnplätze für Studierende etc.



Abbildung 2: Die Nachverdichtung von Städten ist kein neuzeitliches Problem.

Quelle: <http://seedcamp.com/the-power-of-great-storytelling/>

Die durchschnittlichen Wohnungsgrößen in Deutschland sind verglichen mit den internationalen Standards noch sehr großzügig bemessen. In der Weiterentwicklung von intelligenten Grundrissen und der Nachverdichtung liegt in Berlin und anderen Großstädten ein deutliches Entwicklungspotential.

Trotz der stetig steigenden Grundstückspreise, der baurechtlichen Vorgaben, den energetischen Belangen und nicht zuletzt den städtebaulichen Aspekten soll der Wohnraum für alle bezahlbar bleiben.

Mögliche Lösungen um dies zu realisieren liegen im Mikrowohnen, im Modulbau, in der Schaffung von industriellen baulichen Ansätzen, in der Verwendung neuer und alter Baustoffe und in der Überdenkung der bisherigen konventionellen baulichen Varianten.

Mit der Zielsetzung der BGG in Berlin 2.800 Studentenapartments zu bauen, welche die städtebaulichen Belange, die vorhandenen Markkapazitäten, die Nachhaltigkeit und qualitativ anspruchsvolles Wohnen realisieren soll, macht die Entwicklung und Optimierung einer verbesserten Bauweise unumgänglich.

Aus diesem Grunde wurde das Programm TOP (Technisch optimierter Prototyp) initiiert. Auf diese Weise sollten unter den o.g. und weiteren Prämissen exakt für die Bedarfe der Berlinovo und damit für Berlin eine Bauweise kreiert werden welche auf verschiedenen Grundstücken in Berlin zum Einsatz kommen kann ohne intensive Prozesse der Bedarfsermittlung oder der Vorplanung wiederholend zu absolvieren.

Im Rahmen eines kollaborativen Workshopverfahrens mit Architekten, Tragwerksplanern, Bauphysikern, Brandschützern und Fachleuten der Gebäudetechnik wurde eine vielfältige Bauweise, der technisch optimierte Prototyp (TOP), entwickelt.

Um u.a. die Genehmigungsfähigkeit zu gewährleisten, wurden umfangreiche Vorgespräche mit den genehmigenden Behörden und Prüfsachverständigen geführt. Schließlich stellte die Ausführung der tragenden Elemente aus sichtbaren brennbaren Materialien ein absolutes Novum dar.

Der gesamte Projektverlauf war geprägt durch eine interdisziplinäre, kooperative Zusammenarbeit mit allen Projektbeteiligten. Wesentliche Entscheidungen zu Design, Konstruktion und Abläufen wurden auf Basis von BIM-basierten Bausitzungen kooperativ getroffen.

Entstanden sind moderne, innovative und bezahlbare Mikroapartments für Studierende, die sich schnell und kostensparend in Drittverwendungsoptionen umbauen lassen, um eine nachhaltige Nutzung des Gebäudes zu gewährleisten.

## 2. Die Entwicklung des TOP

Im Rahmen des TOP wurden sämtliche Belange von Bauweisen bis zur Erschließung über den Ausbau und dem energetischen Konzept von Gebäuden mit dem Zweck des studentischen Wohnens untersucht und bewertet.

Für die Entwicklung des **T**echnisch **O**ptimierten **P**rototypen wurde u.a. ein modulares System gewählt, weil damit bereits die ersten Anforderungen nach schneller Fertigung bzw. reduzierter Bauzeit und kosteneffiziente Vorfertigung möglich wurden. Danach konnten die einzelnen Komponenten des Moduls individuell betrachtet und optimiert werden. Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit den Deckenelementen und wie diese entsprechend der Kundenkriterien entwickelt wurden.

Als Steuerungswerkzeug und Benchmark diente eine Matrix, in der zum einen die Planer-Bewertungen der einzelnen Komponenten erfasst wurden, zum anderen diese Bewertungen durch den Kunden gewichtet werden konnten, um damit die maßgebenden Kriterien entsprechend bewerten zu können.



- Für die Statik, also die Standsicherheit, wird dann der Holzbetonverbund eingesetzt, die Holzunterzüge versteifen die Deckenplatte und erlauben dreifache Spannweiten. Dabei bleibt das Gewicht ca. 50% hinter einer Massivbetondecke zurück.

In Abbildung 6 sind diese Entwurfparameter schematisch dargestellt. Von oben nach unten:

- Massivbetondecke zum Vergleich
- «Vorgabe» Akustik ~12 cm
- «Vorgabe» Brandschutz F90 – 10 cm
- Statisch erforderlich – 6 cm – 8 cm

Beim TOP wurden zur Kostenoptimierung eine 12 cm Beton-decke auf Stahlbetonunterzügen gewählt.

Die Verbindungen der Decke sollen einfach und wiederverwendbar sein. Beim TOP vorgesehen und bei vergleichbaren Projekten (zum Beispiel dem H7 in Münster) realisiert wurden Vollgewindeschrauben mit dem Würth FT Verbinder, der als «Schalungshilfe» eingesetzt wird und ein nachträgliches Verschrauben der Deckenplatten mit den Unterzügen ermöglicht.

Ein Vorteil dieser Verschraubung ist auch die Wiederverwendbarkeit der Deckenelemente: Betonplatte und Unterzug können unabhängig voneinander eingesetzt werden. Die Verbindung zu den Vertikalbauteilen erfolgt über Druck, die konstruktive Lagesicherung ist ebenfalls geschraubt.

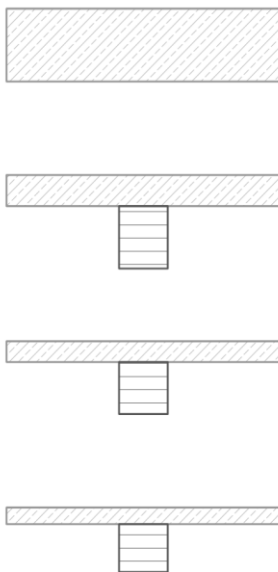


Abbildung 6: Unterschiedliche Deckenaufbauten



### 3. TOP 1.0 Storkower Straße, Berlin

Als Ergebnis des TOP und dem folgenden Ausschreibungsprozess, welcher im wesentlichen nach der benötigten Bauzeit und der Wirtschaftlichkeit bewertet wurde, konnte der Generalunternehmer, die Firma Brüninghoff aus Heiden beauftragt werden.

Elemente des TOP wurden im Verhandlungsprozess weiter optimiert, um so die Erfahrungen des GUs in der Errichtung von Hybridbauwerken einfließen zu lassen.



Abbildung 7: Neubau studentisches Wohnen Storkower Str. 205a

Errichtet wurde ein 6-geschossiges Holzhybridgebäude mit einer 20 cm starken vertikal tragende Konstruktion aus innen sichtbarem Brettschichtholz. Die Wände in den Apartments, wie in den Fluren, erhielten keine Kapselung der Holzoberflächen. Das Brandschutzkonzept basiert auf dem Modell des Abbrandes. Das Gebäude unterliegt der Gebäudeklasse 5. Aufwändige Holzfenster, als «Botschafter» des Materials Holz befinden sich in der Fassade, die Außenbereich der Fenster sind mit Lärchenholz verkleidet.



Abbildung 8: Neubau studentisches Wohnen Storkower Str. 205a (Ebene 3)

Ergänzend zur der modularen Roh-Bauweise wurden die Bäder als Fertigbäder inkl. vorgefertigten Registerlösungen mit einer sehr hohen Fertigungsqualität und deutlichen Vorteilen im Ausführungsprozess errichtet.

Die Möglichkeit der einfachen baulichen Umwandlung des Gebäudes für eine eventuelle Drittverwendung wurde ebenso im statischen wie im gebäudetechnischen Sinne berücksichtigt und umgesetzt.

Konsequent kam die BIM-Methodik bereits in den kalkulativen Ansätzen der Firma Brüninghoff zur Anwendung. Die Methodik wurde während des Bauprozesses und nachfolgend im Betrieb erfolgreich genutzt und soll in weiteren Projekten zur Anwendung kommen.

Die Realisierung dieses Objekts erfolgte noch mit standardisierten Fertigteildecken mit angeformten Unterzügen aus Stahlbeton in Sichtbetonqualität. In Anbetracht dessen, dass die Deckenelemente im Endzustand weit mehr Funktionen haben als die bloße Raumtrennung und eine wesentliche Stellschraube der Errichtung des Gebäudes sind, war sehr früh klar, dass in der Erhöhung des Vorfertigungsgrades und der Verbesserung des Tragwerkkonzeptes weitere bauzeitliche und wirtschaftliche Optimierungen stattfinden können und müssen.



Abbildung 9: Neubau studentisches Wohnen Storkower Str. 205a (Draufsicht vom Nachbargebäude)



Abbildung 10: Neubau studentisches Wohnen Storkower Str. 205a (Innenansicht)

## 4. TOP 2.0 Weiterentwicklung/Forschung

Es sollen weitere Bauten für das studentische Wohnen entstehen, konsequenterweise soll der TOP weiterentwickelt werden. Aktuell liegt der Fokus auf den Deckenelementen, weil sie beim fertigen Gebäude den größten Anteil am Rohbau haben.

Berlinovo, Fa. Brüninghoff, TU Berlin und Arup werden ab November 2018 ein Forschungsprojekt starten um die Optimierung der Decken voranzutreiben.

Forschungsziele sind:

- Vereinfachung der Verbindungen
- Optimierung im Zusammenspiel zwischen Statik und Akustik
- Integration von Technik in die Elemente (als eingebaute Module im Deckenelement oder einbetoniert im Deckenfertigteil).
- Durchgängiger digitaler Prozess, von der Lagerung fertiger Bauelemente zur digitalen Lagerhaltung
- Aus den o.a. Punkten ergibt sich zwangsläufig eine höhere Kosteneffizienz.

Aus dem technisch optimierten Prototypen hat sich ergeben, dass an nachfolgenden Details Optimierungspotential besteht.

Bei der Akustik: Für den erhöhten Schallschutz wurde eine schwere Schüttung eingebracht, um die Deckenmasse zu erhöhen. Darauf wurde dann noch ein Estrich installiert. Es soll im Weiteren untersucht werden, wie mit weniger Bauelementen die erhöhte Schallschutzanforderung erfüllt werden kann. Eine Möglichkeit wäre eine 15 cm Stahlbetonplatte. Wenn in diese Betonplatte Heiz- und Kühlfunktion integriert werden, kann der Bodenaufbau dann minimal als Teppichboden/Laminat oder Linoleum erfolgen.

Bei der Statik wird dann die Anordnung der Brettschichtholzunterzüge zu prüfen sein, um die Querschnitte zu optimieren. Und daraus ergibt sich die weitere Optimierung der Verbindungsmittel für den Verbund zwischen Betonplatte und Unterzügen.

Die Deckenscheiben tragen zur Aussteifung des Gebäudes bei, weil sie die Lasten an die Aussteifungskerne bzw. Wandscheiben leiten. Beim TOP wurde ein aufwändiges Zugbandsystem aus Stahlprofilen in der Schüttung installiert, um dies zu gewährleisten. Als Fügetechnik wird eine Verbindung angestrebt wie sie ein großer dänischer Spielwarenhersteller in seinen Produkten verwendet.

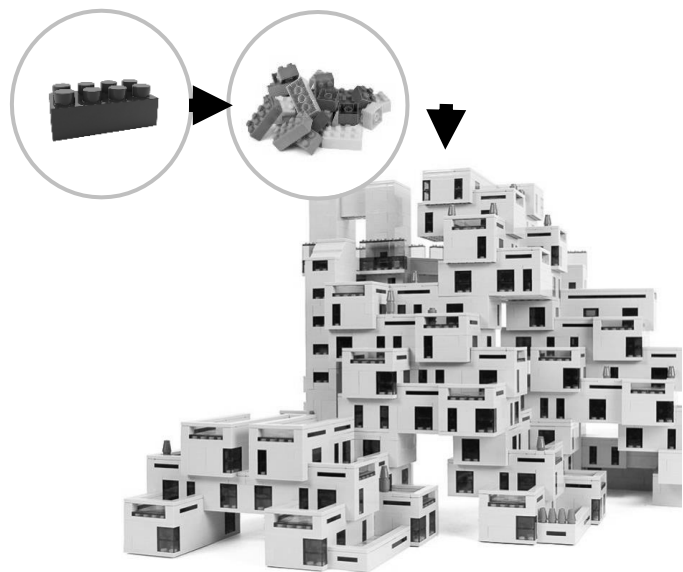


Abbildung 11: LEGO®

Das Brandschutzkonzept für diese Art von Gebäude beruht auf einer Planung als F90 B Konstruktion. Holz darf verwendet werden, muss aber auf Abbrand bemessen werden. Dies ist bei den Bauwerken der Gebäudeklasse 5 einfach ohne nennenswerten Mehreinsatz von Material möglich. Dieses Brandschutzkonzept funktioniert also ohne Kapselung der Holzbauteile, bedeutet aber auch, dass keine Abhangdecken möglich sind. Dies führt nach dem «Weniger ist Mehr» Prinzip zu kosteneffizienteren Bauwerken.

Wenn das Heiz- Kühlsystem in die Deckenelemente integriert werden kann, können entsprechend Abhangdecke und Heiz-Estrich entfallen.

Im Hause Arup schreibt eine Studentin der TU Berlin gerade an ihrer Masterarbeit zu einer alternativen Koppelung der HBV Elemente.

CIRCULAR BUILDINGS ist der logische nächste Schritt. Wenn digital geplant und gefertigt wird, sind die eingesetzten Bauelemente in einer Datenbank erfasst, diese dann während des Projektlebens weiter zu pflegen, ist ein geringer Aufwand im Vergleich zu den möglichen Einsparungen. Wenn das Gebäude einmal rückgebaut werden muss (was bei der einfachen Fügechnik wenig aufwändig ist), können die Bauelemente an anderer Stelle wiederverwendet werden, statt recycelt werden zu müssen.

Wenn dann in einigen Jahren wieder ein ähnliches Gebäude entstehen soll, gibt es «Bestandslisten» im Internet, wo geprüft werden kann, ob passende Teile vorhanden sind.

Und daraus ergibt sich, dass diese Datenbank auch virtuelle Elemente enthalten kann, die nach den gespeicherten Daten «on demand» gefertigt werden können.

Weitere Projektbeteiligte:

Ausführung: Brüninghoff GmbH & Co. KG, Industriestraße 14, 46359 Heiden



# **Wegweisende Impulse für den Holzbau in NRW**



# Bürogebäude «The Cradle» im Düsseldorfer Medienhafen

Antonino Vultaggio  
HPP Architekten GmbH  
Düsseldorf, Deutschland







# Bürogebäude «The Cradle» im Düsseldorfer Medienhafen

## 1. Gesellschaftliche Veränderungen

Die Welt steht in ständiger Veränderung. Sie wird durch verschiedene Faktoren geprägt, die Marktforscher mit den sogenannten «Megatrends» betiteln. Diese Megatrends sind Entwicklungskonstanten der globalen Gesellschaft und markieren Veränderungen, die uns seit langem prägen und auch in Zukunft prägen werden. Dabei umfassen sie alle Ebenen der Gesellschaft: Kultur, Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Technik.

### 1.1. Globalisierung

Die weltweite Vernetzung aller Bereiche unseres Lebens war nie größer als heute. Mit der weltweiten Verflechtung einher gehen die Annäherung der Kulturen, der Austausch von Gütern und Dienstleistungen und die Zunahme des Welthandels ebenso wie soziale und ökologische Probleme: Zunehmende Kluft zwischen Arm und Reich, ökologischer Raubbau oder der Verlust regionaler Vielfalt.

### 1.2. Urbanisierung

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt bereits in Städten. Die stattfindende Urbanisierung ist in den Schwellen- und Entwicklungsländern besonders hoch. Aber auch in den hochentwickelten Industriestaaten findet seit Jahrzehnten eine ungebremschte Landflucht statt. In Deutschland beispielsweise leben heute bereits über 75% der Gesamtbevölkerung in Städten<sup>1</sup>. Die Städte wachsen, werden dichter und vernetzter.

### 1.3. Konnektivität

Die Implementierung von Computertechnik in sämtliche Lebensbereiche sorgt dafür, dass Anwender unentwegt miteinander kommunizieren können. Genauso greifen Städte, Haushalte, Unternehmen und Prozesse auf smarte Technologien zurück, deren Informationen an digitalen Orten zusammenlaufen und verknüpft werden. Die Grenzen zwischen digitalen und physischen Inhalten verschwimmen dabei zusehends durch Apps und digitale Netzwerke.

### 1.4. Gesundheit

Mehr und mehr entwickeln die Menschen unserer industrialisierten Welt ein Bewusstsein für die Balance der individuellen Lebensenergie. Das betrifft die Vorstellungen zur Work-Life-Balance, die Ernährung, Sport, Entspannung und Lifestyle.

### 1.5. Neo-Ökologie

Mit der Neo-Ökologie ändert sich die Wahrnehmung des Menschen als Widerspruch zur Natur zugunsten des sogenannten Lifestyle of Health and Sustainability (LOHAS). Dabei umfasst der Megatrend nicht nur klassische «grüne» Themen, sondern auch die sozial-ökologischen Folgen menschlichen Handelns.

### 1.6. Individualisierung

Individualisierung beschreibt die Freiheit, selbstbestimmt zu entscheiden, wie man lebt, arbeitet und welchen Weg man einschlägt. Die heutige Gesellschaft gibt dem Einzelnen immer mehr individuelle Freiheiten, die ihn gleichzeitig immer stärker unter Entscheidungsdruck setzen.

---

<sup>1</sup> Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2016, Internetseite: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland>, aufgerufen am 27.08.2018.

## 1.7. New Work

Während auf der einen Seite die Work-Life-Balance in den Fokus rückt, verschwimmen auf der anderen Seite die Grenzen zwischen Berufs- und Privatleben. Gleichzeitig verändern sich mit dem Wandel zur Wissensgesellschaft Unternehmensstrukturen und Arbeitswelten, in die Kreativität des Arbeitens ins Zentrum rückt.

## 1.8. Mobilität

Kaum etwas prägt das Leben in der globalisierten Gesellschaft so sehr wie die Mobilität. Das steigende Bedürfnis nach Mobilität betrifft alle Lebensbereiche und alle Mobilitätstypen. Sie ist weltweit zum Ausdruck von Freiheit, Unabhängigkeit, Individualität und Selbstbestimmung geworden und verlangt in unserer vernetzten Welt nach neuen Lösungen und Konzepten.

## 1.9. Sharing Economy

In einer Welt, in der es kaum mehr Bedürfnisse gibt, entstehen durch den herrschenden Überfluss Sharing-Optionen und Angebote. Die Idee des Teilens hat mittlerweile in fast allen Lebensbereichen Einzug erhalten und findet punktuell Antworten auf die Probleme unserer modernen Konsumgesellschaft: Zum Beispiel den zu hohen Verbrauch natürlicher Ressourcen bei unserem derzeitigen Lebensstil.

## 2. Neues Planen und Bauen: The Cradle

Ganz im Sinne der Neo-Ökologie und der Sharing-Economy stellt sich in Anbetracht ökologischer Probleme immer mehr die Frage, welche Rolle wir auf unserem Planeten übernehmen und wie wir handeln sollten. Antworten finden sich vor allem in der Natur: Cradle to Cradle® zum Beispiel ist ein Designkonzept, das die Natur zum Vorbild hat. Übersetzt heißt es «Von der Wiege zur Wiege» und beschreibt die sichere und potentiell unendliche Zirkulation von Materialien und Nährstoffen. Das Cradle to Cradle®-Designkonzept ist ökoeffektiv und geht über die konventionellen Instrumente und Ansätze hinaus, welche in erster Linie negative Einflüsse der Menschen auf die Umwelt abbilden. Es berücksichtigt gleichermaßen ökonomische, ökologische und soziale Aspekte<sup>2</sup>.

Vor dem Hintergrund steigender Emissionen, begrenzter Verfügbarkeit fossiler Ressourcen und verfügbarer Deponiemöglichkeiten rückt das Kreislaufprinzip mehr und mehr ins Zentrum. Seit der industriellen Revolution ist der Verbrauch an natürlichen Ressourcen exponentiell gestiegen. Jeden Tag werden damit einhergehend weltweit 5 Mio. Tonnen Müll produziert. Davon bleiben ca. 30% liegen. Von den restlichen 70% werden nur 19% recycled, weitere 70% kommen auf Deponien<sup>3</sup>. Und dabei ist das Bauen für 50% des globalen Ressourcenverbrauchs und für 60% des gesamten Abfalls verantwortlich.

Düsseldorfs erstes Bürogebäude in Holzhybridbauweise THE CRADLE wird daher von Anfang an im Sinne der Kreislaufwirtschaft geplant. Die «weitestgehende Berücksichtigung des Cradle to Cradle® Prinzips» für die Planung des Gebäudes hat der Investor der Stadt vertraglich zugesichert. Das bedeutet, dass entlang der gesamten Wertschöpfungskette zirkuläre Lösungen und Geschäftsmodelle gesucht werden. Dabei wird zum einen nach einem biologischen und einem technischen Kreislauf unterschieden und werden zum anderen ganzheitlich und gleichermaßen ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte betrachtet. In der ganzheitlichen Einführung und Umsetzung zirkulärer Prozesse im Projekt werden der Bauherr INTERBODEN und HPP Architekten von der EPEA Internationale Umweltforschung beraten<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Vgl. Cradle to Cradle®. Innovation, Qualität und gutes Design, Internetseite: <https://www.epea.com/de/cradle-2-cradle>, aufgerufen am 27.08.2018.

<sup>3</sup> Vgl. Duncan Baker-Brown: The Re-Use Atlas. A Designer's Guide Towards a Circular Economy, 2017, S.17.

<sup>4</sup> EPEA Internationale Umweltforschung (Environmental Protection Encouragement Agency) wurde 1987 von Prof. Dr. Michael Braungart gegründet. Als international tätiges wissenschaftliches Forschungs- und Beratungsinstitut berät sie arbeiten wir mit Akteuren und Unternehmen aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft zusammen und unterstützen sie bei der Einführung von zirkulären Prozessen.



Abbildung 1: Visualisierung Vorentwurf, INTERBODEN / HPP Architekten

## 2.1. Mehrwerte schaffen

Eine grundlegende Unterscheidung zu anderen Nachhaltigkeitskonzepten oder -zertifizierungen ist die dem Cradle to Cradle® Prinzip innewohnende Positivität: Es geht um das Neudenken positiver Auswirkungen statt um die Reduktion negativer Einflüsse. Es wird eine Effektivität statt reiner Effizienz genauso wie das Upcyclen statt dem Downcyclen angestrebt.

THE CRADLE macht sich zum Ziel, zu einer Wiege für Innovationen zu werden und neue Impulse für die Zukunft des Bauens zu setzen. Inspiriert vom Cradle to Cradle® Gedanken will es die Dinge besser machen, als sie 'weniger schlecht' zu machen und für Mensch und Umwelt einen positiven Fußabdruck generieren. Ganz nach dem Kreislaufgedanken («von der Wiege bis zur Wiege») werden entlang der Wertschöpfungskette zirkuläre Lösungen angestrebt und damit Werte erhalten, aber auch neu geschöpft.

Der Mehrwert, der durch THE CRADLE geschaffen wird, bezieht sich sowohl auf den Menschen als Nutzer, die Umwelt durch Re- und Upcycling als auch auf die Umgebung des Gebäudes durch Aufwertung derselben. In diesem Sinne ist zum einen die entwerfliche Grundhaltung, einen Holzhybridbau zu planen, zu verstehen: Holz speichert CO<sub>2</sub> und verbessert den CO<sub>2</sub> Footprint des Projekts damit von Beginn an. Weiter wird dem Nutzer eine gesunde und angenehme Arbeitsatmosphäre geboten, was unter anderem durch schadstofffreie Materialien geschieht. Die Luft der Umgebung wird durch Dachbegrünung verbessert und die Umwelt durch Regen- und Grauwassernutzung entlastet.

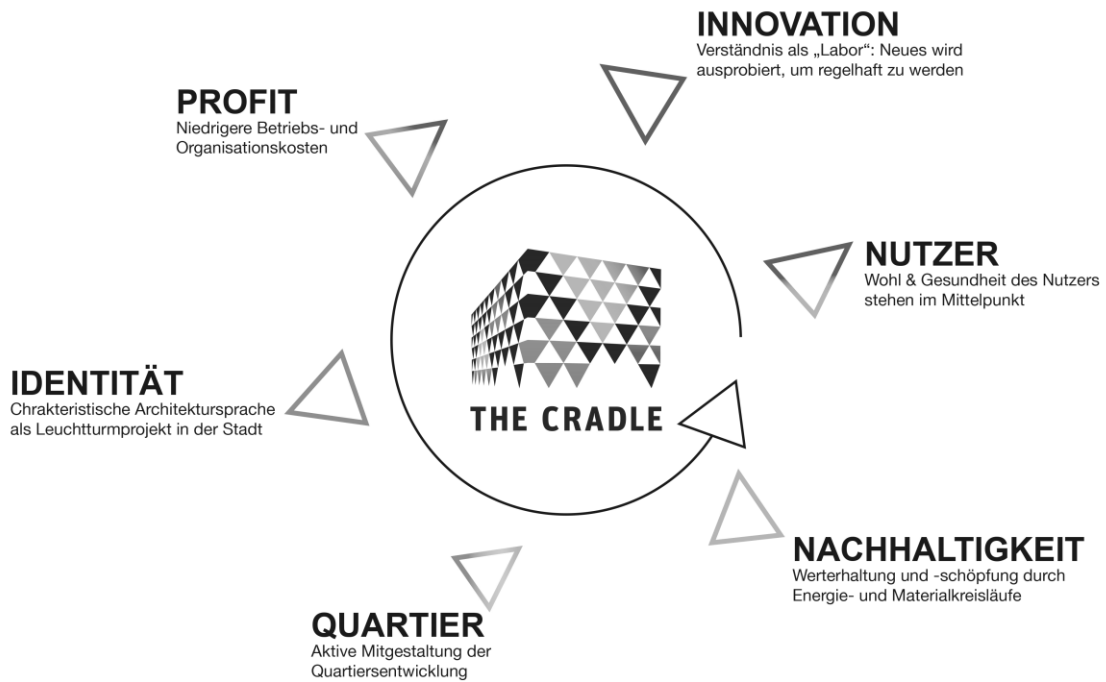


Abbildung 2: THE CRADLE setzt sich zum Ziel, ganzheitlich Mehrwerte zu schaffen – auf allen Ebenen für Mensch, Umwelt und Quartier, Abbildung: HPP

## 2.2. Identität

In Anlehnung an das Cradle to Cradle® Prinzip geplant, zeichnet sich Düsseldorfs erstes Holzhybridhaus THE CRADLE durch sein zukunftsweisendes Konzept genauso wie seine identitätsgebende Architektur aus. HPP Architekten entwickeln gemeinsam mit dem Ratinger Projektentwickler INTERBODEN und den beteiligten Fachplanern ein innovatives und integrales Nachhaltigkeitskonzept und gestalten für das Projekt im Düsseldorfer Medienhafen eine besondere architektonische Antwort.

Im Kontext des Medienhafens entwickelt THE CRADLE vor allem durch sein charakteristisches Fassadenbild der rautenförmigen Holzstruktur eine markante und selbstständige Erscheinung innerhalb der vielfältigen Architekturlandschaft. Das besondere Fassadenbild deutet auf das ihm innewohnende integrale -gestalterisch und funktional genau durchdachte- Konzept hin. Der Ort und die Umgebung können sich dadurch mit dem zukunftsweisenden Projekt identifizieren und es weitertragen. Das Haus ist genau für diesen Ort entstanden und könnte nirgends anders stehen.

## 2.3. Quartier

Für das Quartier werden vor allem durch Gastronomie und Mobilitätsspot im Erdgeschoss sowie die Gestaltung der umliegenden Außenflächen neue Nutzungsangebote erschlossen. Aber auch bis zur Fertigstellung steht die Unterstützung der lokalen Community bereits im Fokus: So wird die Grundstücksfläche bis zum Baustart durch eine grüne Wiese bespielt. Hier können Anwohner und die Mitarbeiter aus den umliegenden Büros im Medienhafen den Abend oder die Pause verbringen. Wie eine Oase zwischen den Baukränen gibt die eigentlich brachliegende Fläche, die nun sommerlich grünt und mit Sitzbänken ausgestattet ist, der Öffentlichkeit die Möglichkeit, sie bereits heute zu nutzen.



Abbildung 3: Blumenwiese auf dem Baugrundstück als Interimsnutzung, Foto: INTERBODEN

## 2.4. Fassadenkonzept

Das innovative Holztragwerk entstand in integraler Zusammenarbeit mit den Tragwerksplanern Knippers Helbig und den Energieplanern von Transsolar. Die Fassade übernimmt Tragwerks- und Verschattungsfunktion sowie das natürliche Lüftungskonzept und bildet Loggien mit Blick auf das Wasser. Je nach Himmelsrichtung und städtebaulichem Kontext bildet sich die außenliegende Konstruktion unterschiedlich tief und ausgerichtet aus: Als effektiver, breiter Sonnenschutz oder mit reduzierter Tiefe.

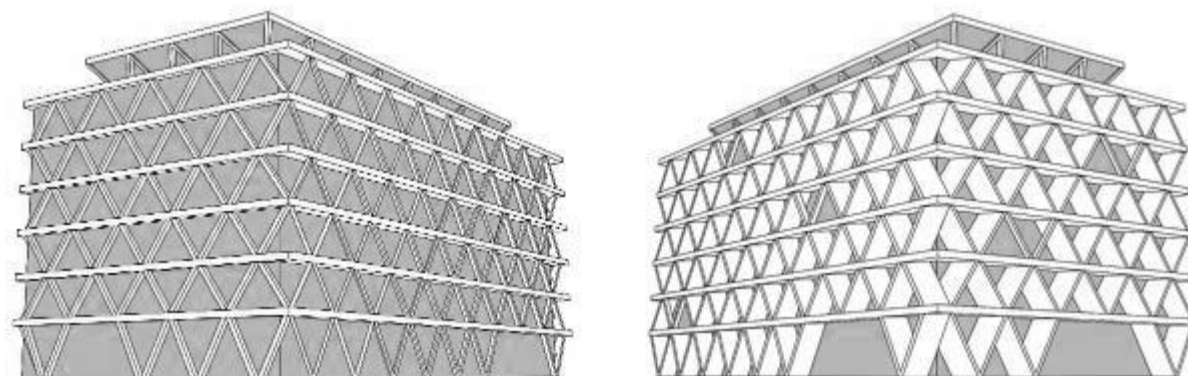


Abbildung 4: Ansichten der Fassade: Auf die schmalen Seiten und auf die breiten Seiten der Holzelemente, dort wo sie als Sonnenschutz fungieren, Zeichnung: HPP

## 2.5. Ressourcen

Im Sinne der Circular Economy werden Bauelemente reversibel verbunden, sodass sie nach Gebrauch wiederverwertet werden können. Für Demontage und Rückholfähigkeit der Materialien werden Bauteile von Fassade und Tragsystem leimfrei miteinander verbunden. Zusätzlich werden gesunde und vollständig recyclebare Bauprodukte verwendet oder gar beim Hersteller für ihre Lebensdauer geleast – THE CRADLE wird damit zum Materialdepot. Der «Material Passport» verzeichnet alle verwendeten Materialien, was präzise Informationen über das verfügbare Depot sowie für einen späteren Rückbau liefert. Diese Art von

Katastrierung bildet das Gebäude als werthaltiges Rohstoffdepot ab: Es gibt Auskunft über dessen nachweisbaren Restwert und bietet gleichzeitig Potentiale einer positiven Wertentwicklung. Durch ein Pre-Screening werden gesunde, schadstofffreie und werthaltige Materialien ausgewählt und die Recyclingfähigkeit garantiert. Gleichzeitig werden aber auch Baumaterialien mit bereits rezyklierten Bestandteilen verwendet, wie der wiederverwertete Recycling-Beton.

## 2.6. Mobilität

Neben der klimafreundlichen Bauweise ist das Mobilitätskonzept des Gebäudes richtungsweisend: Im Erdgeschoss wird eine Service-Stelle für Mobilität, ein sogenannter «Mobility-Hub» etabliert. Hier wird den Gebäudenutzern sowie Quartiersanliegern ein primär auf E-Mobilität ausgerichtetes Angebot mit Ladestationen oder Car- und Bikesharing- Angeboten zur Verfügung stehen. Über das Quartiersnetzwerk, die Service-App Animus® werden Services und Informationen kommuniziert.

## 2.7. Saubere Energie

Das Gebäude produziert nachhaltig saubere Energie, verbessert die Luft- und Wasserqualität und liefert damit einen positiven Beitrag für Mensch und Natur. Teppichböden, Wandfarbe, Beton, grüne Wände werden als luftreinigende Elemente eingesetzt. Feinstaubfilter, CO<sub>2</sub>-Meider in den Besprechungsräumen. Geruchsreduktion z.B. durch Aktivkohle. Als Holzbau speichert das Gebäude Kohlenstoffdioxid. Gebäude-interner Wasserkreislauf, Wasseraufbereitung auf dem Grundstück, Reinigung von Grundwasser wird untersucht. Mit einer Photovoltaikanlage sowie Geothermie nutzt es regenerative Energien. Durch die Nutzung von Recyclingbeton werden natürliche Ressourcen geschont, Deponieraum gespart und die Herstellungsenergiebilanz des Baumaterials verringert.

## 2.8. Profit

Aufgrund der heutigen Zunahme der Veränderungsgeschwindigkeit in der Nutzung von Gebäuden wird das Gebäude auf maximale technische Anpassungsfähigkeit und Umnutzungsfähigkeit ausgelegt. Von Anfang an wird also die langfristige, nachhaltige Vermietung für den Investor konzeptionell einbezogen.

Niedrigere Betriebs- und Organisationskosten eines Cradle to Cradle® - Gebäudes konnten beim dem zirkulär geplanten Venloer Rathaus bereits nachgewiesen werden. Hier betragen die Gesamtkosten der Maßnahmen für Nachhaltigkeit ca. 3,4 Millionen Euro während die finanziellen Erträge aus diesen Maßnahmen bei 16,9 Millionen Euro liegen<sup>5</sup>.

Zusätzlich gilt, dass nur etwa 10 % der Kosten eines Gebäudes durch Energie – und Baukosten entstehen, während 90 % der Kosten durch die Nutzer verursacht werden. THE CRADLE setzt sich durch die Verbesserung der Luftqualität, gesunde Materialien oder Schadstofffreiheit zum Ziel, eine gesunde Arbeitsumgebung zu entwickeln. Dadurch werden positive Nebeneffekte wie niedrigerer Krankenstand und höhere Produktivität erwartet, was zu einer erheblichen Einsparung für den Mieter führen kann.

## 2.9. Holzhybridbau

Das mehrgeschossige Bürogebäude ist als nachhaltiger Holzhybridbau in Elementbauweise (Holz-Beton-Konstruktion) konzipiert worden. Im Sinne der Circular Economy werden die Bauelemente reversibel verbunden, sodass sie nach Gebrauch auseinandergelöst und wiederverwertet werden können. Lediglich die Untergeschosse als erdberührende Bauteile, der aussteifende Kern und die außenliegenden Stützen des Erdgeschosses sind in Stahlbeton vorgesehen. Die Konstruktion wird bis auf die Untergeschosse im Werk vorgefertigt. Die Bauzeit lässt sich dadurch entscheidend verkürzen, was im Zusammenhang mit der geringeren Lärm- und Schmutzentwicklung einer Holzbaustelle zu einer deutlich geringeren Belastung des innerstädtischen Umfelds führen wird. Bei den Decken handelt es sich um ca. 28cm starke Brettstapeldecken, die als vorgefertigte Elemente zeitsparend auf den ca. 50cm hohen Unterzügen aus Brettschichtholz montiert werden können. Die

<sup>5</sup> Vgl. Stadthaus Venlo, Internetseite <https://www.c2cexpolab.eu/de/referenzen/stadthaus-venlo>, aufgerufen am 29.08.2018.

Dachdecke trägt deutlich geringere Lasten. Das üblicherweise den mehrgeschossigen Holzbau bestimmende Schwingungsverhalten der Decken spielt im Dach keine Rolle, so dass das Staffelgeschoß stützenfrei ausgeführt werden kann. Das Dachtragwerk ist in Holz-Leichtbauweise in Form einer sogenannten Kielstegplatte vorgesehen. Die außenliegende Holzkonstruktion wird durchvorgelagerte Prallscheiben vor Witterungseinflüssen geschützt.

### 3. Ausblick: Verständnis als Labor

Sowohl Bauherr, als auch Architekten verstehen das Projekt als Labor: Neues wird darin ausprobiert, um regelhaft zu werden. Durch die integrale Zusammenarbeit aller Fachdisziplinen, werden im Sinne des Kreislaufgedankens neue Lösungsansätze gesucht und ausprobiert. Eine dazu erstellte Maßnahmenmatrix erörtert Cradle to Cradle Prinzipien, teilt sie in Kategorien und katalogisiert den entsprechenden Prozess: Welche Maßnahmen sind angestrebt bzw. wurden umgesetzt und was ist im aktuellen Projektfortschritt deren Status Quo. Weitere Ideen und Maßnahmen für die nächsten Projektphasen werden außerdem skizziert und gesammelt.

Die ganzheitliche Umsetzung der Cradle to Cradle® – Ziele im Projekt ist vielschichtig und komplex. Die Annäherung an diese Ziele ist als permanenter Prozess zu verstehen.

Bewährte Lösungen müssen in Frage gestellt werden, neue Wege gegangen werden. THE CRADLE möchte schlussendlich mit dem Ausprobieren innovativer Lösungen Impulse für die Zukunft des Bauens setzen.



Abbildung 5: Visualisierung Vorentwurf, INTERBODEN / HPP Architekten





**Mittwoch, 17. Oktober 2018**

**Block C1**

**In Zukunft mit Holz – die Novelle  
der Landesbauordnung in NRW**



# **Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen – Baurechtsmodernisierungsgesetz (BauModG NRW)**

Dr. Michael Schleich  
Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Referat Baulicher Brandschutz, Sonderbauten,  
Technische Gebäudeausrüstung  
Düsseldorf, Deutschland





# Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen – Baurechtsmodernisierungsgesetz (BauModG NRW)

## 1. Baurechtsmodernisierungsgesetz und Landesbauordnung 2018

Baurechtsmodernisierungsgesetz ist die programmatische Kurzbezeichnung des Gesetzes zur Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen, das in Artikel 1 die Neufassung der Landesbauordnung 2018 enthält. Einzelne Vorschriften der Landesbauordnung 2018 sind bereits am Tag nach der Verkündung am 4. August 2018 in Kraft getreten (§ 62 Absatz 2 Satz 2 und 3, § 72 Absatz 3 bis 6, § 87 und § 89 BauO NRW 2018). Im Übrigen tritt die Landesbauordnung 2018 am 1. Januar 2019 in Kraft. Abgesehen von diesen Vorschriften der Landesbauordnung 2018 und den Vorschriften zum Bauproduktenrecht der Landesbauordnung 2016 (§§ 3, 17 bis 25, § 86 Absatz 11 und § 87 BauO NRW 2016) gelten derzeit noch die Vorschriften der Landesbauordnung 2000, die an die gesellschaftlichen und technischen Entwicklungen seit dem Jahr 2000 angepasst werden müssen und die zu diesem Zweck erst im Jahr 2016 novelliert worden sind. Das Ergebnis dieser Novellierung – die Landesbauordnung 2016 – wurde von der neuen Landesregierung noch einmal auf mögliche Baukosten steigernde Regelungsinhalte sowie auf mögliche Verfahrensbeschleunigungspotenziale geprüft. Weitere Ziele dieser Prüfung waren gesetzliche Regelungen zur Nutzung von innerstädtischen Nachverdichtungspotenzialen für den dringend erforderlichen Wohnungsneubau und eine stärkere Orientierung an der Musterbauordnung zur Harmonisierung des Bauordnungsrechts der Länder. Das Ergebnis der erneuten Novellierung ist das Baurechtsmodernisierungsgesetz bzw. die Landesbauordnung 2018. Mit der stärkeren Orientierung der Landesbauordnung 2018 an der Musterbauordnung gehen nicht zuletzt deutliche Verbesserungen für das Bauen mit Holz einher. In der Begründung zum Gesetzentwurf der Landesbauordnung 2018 heißt es dazu, dass *«dem Bau- und Werkstoff Holz [...] große ökologische und klimapolitische Bedeutung zu[kommt]»* und dass Holz *«im Vergleich zu anderen Materialien [...] ein nachwachsender Rohstoff [ist], der einen wegweisenden Beitrag zur ressourcenschonenden und nachhaltigen Entwicklung des Bauwesens leistet»* (LT-Drucks. 17/2166 S. 114). Mit der Regelung des § 26 Absatz 3 BauO NRW 2018 geht die neue Landesbauordnung 2018 sogar über die Regelungen der Musterbauordnung hinaus. Die Verbesserungen in der Landesbauordnung 2018 für das Bauen mit Holz im Vergleich zur Landesbauordnung 2000 werden in diesem Beitrag erläutert.

### 1.1. Vorbeugender Brandschutz

Das »Kerngeschäft« der Landesbauordnung ist die Gefahrenabwehr und v.a. der vorbeugende Brandschutz. Das Risiko einer Brandentstehung hängt nicht von der Bauweise eines Gebäudes ab, sondern ist nach der Brandursachenstatistik der IFS-Schadendatenbank v.a. auf Elektrizität und menschliches Fehlverhalten zurückzuführen. Da diese Brandursachen nicht auszuschließen sind und *«mit der Entstehung eines Brandes praktisch jederzeit gerechnet werden muss»* (OVG NRW U. v. 11.12.1987 10 A 363/86), regelt die Landesbauordnung die präventiven Maßnahmen, die im Brandfall für eine Vorbeugung der Brandausbreitung und für die Ermöglichung der Rettung von Menschen und Tieren sowie für wirksame Löscharbeiten erforderlich sind (§ 14 BauO NRW 2018). Dazu zählen u. a. Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen.

### 1.2. Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen

Sowohl die Anforderungen der Musterbauordnung als auch die der Landesbauordnung 2018 sind *baustoffneutral* formuliert. Der Gesetzestext unterscheidet nicht zwischen Baustoffen wie Holz, Mauerwerk, Stahl oder Stahlbeton, sondern nur zwischen dem klassifizierten Brandverhalten von Baustoffen. Das heißt, es wird zwischen leichtentflammbaren, normalentflammbaren, schwerentflammbaren und nichtbrennbaren Baustoffen unterschieden. Das

Brandverhalten von brennbaren Baustoffen wird wahlweise nach der nationalen DIN 4102-1:1998-05 bestimmt (Prüfung nach DIN 4102-16:2015-09 in dem in DIN 4102-15:1990-05 beschriebenen Brandschachttest) oder nach der europäischen DIN EN 13501-1:2010-01 (Single Burning Item-Test nach DIN EN 13823:2015-02 und/oder Einzelflammentest nach DIN EN 11925-2:2011-02). Die bauaufsichtliche Anforderung «normalentflammbar» erfüllen z.B. Baustoffe, die entweder nach DIN 4102-1:1998-05 als «B 2» klassifiziert sind, oder die nach DIN EN 13501-1:2010-01 mindestens als «E – d2» klassifiziert sind. Baustoffe, die leichtentflammbar sind (z. B. bestimmte Kunststoffe), dürfen weder jetzt noch in Zukunft verwendet werden (§ 17 Abs. 2 BauO NRW 2000 und § 26 Abs. 1 S. 2 BauO NRW 2018). Die meisten im Holzbau verwendeten Holzwerkstoffe (Vollholz, Brettschichtholz, Furnierschichtholz (LVL) usw.) sind «normalentflammbar» («B 2» oder «D – s2,d0») und dürfen dementsprechend verwendet werden.

### 1.3. Besonderheiten der Holzbauweise unter Brandschutzaspekten

Der Baustoff Holz unterscheidet sich unter Brandschutzaspekten von anderen Baustoffen. Unproblematisch ist die Feuerwiderstandsfähigkeit von Holz. Im Brandfall bildet sich auf der Oberfläche von Holzbauteilen eine Schicht aus Holzkohle, die den tragenden Querschnitt des Bauteils durch ihre geringe Wärmeleitfähigkeit schützt. Bei richtiger Anwendung können Holzkonstruktionen einem Brand 30, 60, 90 Minuten oder mehr widerstehen (Tragwerksbemessung von Holzbauten für den Brandfall nach DIN EN 1995-1-2:2010-12 i. V. m. DIN EN 1995-1-2/NA:2010-12). Da Holz brennbar ist, kann es sich allerdings im Gegensatz zu nichtbrennbaren Baustoffen nach der Brandentstehung am Brandgeschehen beteiligen und kann damit eine zusätzliche Brandlast darstellen. Die Brennbarkeit von Holz bzw. brennbare Oberflächen aus Holz (Oberflächen von Decken und Wänden sowie Bodenbeläge) müssen v.a. in Rettungswegen berücksichtigt werden, da Rettungswege nicht nur Fluchtwege für die Nutzer und Angriffswege für die Feuerwehr sind, sondern auch potenzielle Ausbreitungswege für einen Brand sein können. Bei Hohlraumkonstruktionen wie der Holztafel- oder Holzrahmenbauweise kommt hinzu, dass eine Übertragung von Rauch und Wärme durch Fugen in das Bauteil hinein und durch das Bauteil hindurch möglich ist. In diesem Kontext muss auch berücksichtigt werden, dass sich ein Brand über unzugängliche Hohlräume innerhalb des Bauteils ausbreiten kann und in diesen Hohlräumen nur schwer oder gar nicht zu löschen sein kann. Diese Unterscheidungsmerkmale der Holzbauweise von anderen Bauweisen sind zwar keine Ausschlusskriterien für das Bauen mit Holz, müssen jedoch berücksichtigt werden. Ihnen wird im Bauordnungsrecht mit der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFH HolzR Rechnung getragen (s. Exkurs M-HFH HolzR).

## 2. Bauen mit Holz nach der Landesbauordnung 2000

Die derzeit noch geltenden Vorschriften der Landesbauordnung 2000 klassifizieren Gebäude im Wesentlichen nach ihrer Höhe und unterscheiden gemäß § 2 Abs. 3 BauO NRW 2000 zwischen den folgenden drei Gebäudekategorien:

- Gebäude geringer Höhe (Gebäude, bei denen der Fußboden keines Geschosses mit Aufenthaltsräumen im Mittel mehr als 7 m über der Geländeoberfläche liegt),
- Gebäude mittlerer Höhe (Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes im Mittel mehr als 7 m und nicht mehr als 22 m über der Geländeoberfläche liegt) und
- Hochhäuser (Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über der Geländeoberfläche liegt).

An die Bauteile von Gebäuden geringer Höhe werden – mit Ausnahme der tragenden Bauteile der Kellergeschosse und mit Ausnahme von Brandwänden – keine Anforderungen an das Brandverhalten gestellt. Die tragenden Bauteile der oberirdischen Geschosse und Trennwände müssen allenfalls feuerhemmend sein und dürfen aus brennbaren Baustoffen wie Holz bestehen. Im Gegensatz dazu werden an fast alle Bauteile von anderen Gebäuden Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe gestellt. Die meisten Bauteile dieser Gebäude müssen feuerbeständig sein und zumindest in den wesentlichen Teilen aus

nichtbrennbaren Baustoffen bestehen (die wesentlichen Teile sind bei tragenden Bauteilen die tragenden oder aussteifenden Teile und bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich auch eine in Bauteilebene durchgehende Schicht). Das heißt im Ergebnis, dass Gebäude geringer Höhe, die bei den üblichen Geschosshöhen im Hochbau Gebäuden mit bis zu drei oberirdischen Geschossen entsprechen, nach der Landesbauordnung 2000 in Holzbauweise errichtet werden dürfen, höhere Gebäude dagegen nicht bzw. nur bei Zulassung von Abweichungen nach § 73 BauO NRW 2000.

### 3. Bauen mit Holz nach der Landesbauordnung 2018

Vor diesem Hintergrund erleichtern die neuen Anforderungen der Landesbauordnung 2018 an Bauteile und Baustoffe die Errichtung von Gebäuden in Holzbauweise erheblich. Die Vorschriften der Landesbauordnung 2018 klassifizieren Gebäude nicht mehr nur i.W. nach ihrer Höhe, sondern auch nach der Anzahl und Größe der Nutzungseinheiten. Sie unterscheiden gemäß § 2 Abs. 3 BauO NRW 2018 zwischen den folgenden fünf Gebäudeklassen (GKL):

- GKL 1 (a) (freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup> BGF),
- GKL 2 (Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m<sup>2</sup> BGF),
- GKL 3 (sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m),
- GKL 4 (Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m<sup>2</sup>) sowie
- GKL 5 (sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude).

An die tragenden Bauteile der oberirdischen Geschosse von Gebäuden der GKL 1 bis 3 werden keine Anforderungen an das Brandverhalten gestellt (§ 26 Abs. 2 BauO NRW 2018). Diese Bauteile und ggf. vorhandene Trennwände müssen allenfalls feuerhemmend sein und dürfen aus brennbaren Baustoffen bestehen. Brandwände müssen bei diesen Gebäuden lediglich hochfeuerhemmend sein und dürfen ebenfalls aus brennbaren Baustoffen bestehen (siehe unten). Die tragenden Bauteile der oberirdischen Geschosse von Gebäuden der GKL 4 müssen hochfeuerhemmend sein. Bei Bauteilen mit dieser Feuerwiderstandsfähigkeit dürfen die tragenden und aussteifenden Teile nach § 26 Abs. 2 S. 4 Nr. 2 BauO NRW 2018 ebenfalls aus brennbaren Baustoffen bestehen, müssen allerdings allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) haben und sie müssen Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben. Diese Anforderungen werden durch die o.g. Muster-Richtlinie konkretisiert (s. Exkurs M-HFHolzR). Brandwände müssen bei Gebäuden der GKL 4 auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung (Stoßprüfung nach DIN 4102-3:1977-09 oder DIN EN 1363-2:1999-10) hochfeuerhemmend sein und dürfen daher ebenfalls aus brennbaren Baustoffen bestehen. Dagegen müssen die tragenden Bauteile der oberirdischen Geschosse von Gebäuden der GKL 5 feuerbeständig sein und diese feuerbeständigen Bauteile müssen nach § 26 Abs. 2 S. 4 Nr. 2 BauO NRW 2018 in Übereinstimmung mit der Musterbauordnung *grundsätzlich* aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Im Fall von raumabschließenden Bauteilen müssen sie zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben. «*Grundsätzlich*» bedeutet in diesem Zusammenhang, dass unter den Voraussetzungen des § 26 Abs. 3 BauO NRW 2018 – der kein Äquivalent in der Musterbauordnung hat – selbst diese Bauteile unter bestimmten Voraussetzungen aus brennbaren Baustoffen wie Holz bestehen dürfen (s.u.). Das heißt im Ergebnis, dass Gebäude der GKL 1 bis 3, die Gebäuden mit bis zu drei oberirdischen Geschossen entsprechen, nach der Landesbauordnung 2018 nach wie vor in Holzbauweise errichtet werden dürfen und zukünftig auch Gebäude der GKL 4 bzw. Gebäude mit vier oder fünf oberirdischen Geschossen, wenn sie eine Brandschutzbekleidung und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben.

Für Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen gilt nach wie vor die Anforderungen, dass diese bei Gebäuden der GKL 4 und 5 (Gebäude nicht geringer Höhe) einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein müssen,

um eine Brandausbreitung auf und in der Fassade ausreichend lang zu begrenzen (§ 28 BauO NRW 2018). Diese Anforderung erfüllen Außenwandbekleidungen aus Holz nicht. Allerdings besteht auch hier die Möglichkeit, das Erreichen des vorgenannten Schutzziels im Zuge einer Abweichung nach § 69 BauO NRW 2018 auf andere Weise nachzuweisen. Entsprechende Konstruktionsvorschläge auf Grundlage von wissenschaftlichen Untersuchungen sind in der Fachliteratur zu finden (z. B. Winter, S. und Merk, M.: Teilprojekt TP 02 Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau – High Tech initiative Bayern – Holzbau der Zukunft, Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, München 2008).

### 3.1. Exkurs M-HFHHolzR

Die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHHolzR konkretisiert, wie die Anforderungen des § 26 Abs. 2 S. 2 Nr. 3 BauO NRW 2018 an hochfeuerhemmende Bauteile (Brandschutzbekleidung und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen) bei Gebäuden in Holztafel-, Holzrahmen- und Fachwerkbauweise erfüllt werden können. Eine Brandschutzbekleidung ist nach der M-HFHHolzR wirksam, wenn die tragenden Bauteile aus Holz für mindestens 60 Minuten nicht die Entzündungstemperatur von 300°C erreichen («Kapselkriterium»). Diese Anforderung entspricht der europäischen Klassifikation «K<sub>2</sub>60» nach DIN EN 13501-2:2010-02 («Brandschutzfunktion K<sub>2</sub>»). Als Brandschutzbekleidung werden nichtbrennbare Plattenwerkstoffe eingesetzt, insbesondere Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) und die Hohlraumdämmung aus nichtbrennbaren Dämmstoffen trägt ergänzend zum Schutz dieser Bauteile bei. Auf diese Weise begrenzen die Brandschutzbekleidung und die nichtbrennbaren Dämmstoffen die Teilnahme des Holzes am Brandgeschehen, die Brandausbreitung über brennbare Oberflächen, die Übertragung von Rauch und Wärme durch Fugen sowie Hohlraumbrände innerhalb der Bauteile.

### 3.2. Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5 nach § 26 Absatz 3 BauO NRW 2018

Abweichend von der Musterbauordnung regelt § 26 Abs. 3 BauO NRW 2018, dass tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend (GKL 4) oder feuerbeständig (GKL 5) sein müssen, auch aus brennbaren Baustoffen zulässig sind, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer (60 bzw. 90 Minuten) 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»*. In der Begründung zu § 26 Absatz 3 heißt es dazu, dass diese Anforderung *«auf unterschiedliche Weise erfolgen [kann], zum Beispiel in Form einer bauaufsichtlichen Zulassung bzw. einer allgemeinen Bauartgenehmigung oder durch begleitende planerische Maßnahmen, wie der Installation einer selbsttätigen Feuerlöschanlage. Dadurch wird auch bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 der Massivholzbau durchgängig ermöglicht und damit der Einsatzbereich von Holz aus Baustoff deutlich erweitert»* (LT-Drucks. 17/2166 S. 114).

Für das Bauen mit ungeschützten Holzbauteilen in Gebäuden der GKL 4 und 5 gibt es bislang keine bauaufsichtlich eingeführten technischen Regeln. Um die fachlichen Voraussetzungen für die Erarbeitung bauordnungsrechtlicher Regelungen zu schaffen, hat das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) im Januar 2017 einen Forschungsauftrag erteilt. Im ersten Teil des Forschungsauftrages sollte ermittelt werden, ob ein Prüfverfahren zur Beurteilung der Feuer- und Rauchdurchlässigkeit von Holzbauteilen (international) bereits existiert und ggf. ein Prüfverfahren für Deutschland vorgeschlagen werden, da sich Holz im Brandfall anders verhält als Massivbauteile und es kein entsprechendes technisches Regelwerk gibt. Im zweiten Teil des Forschungsauftrages sollten Prüfungen der Rauchdurchlässigkeit von Anschlüssen mittels Brandversuchen auf Grundlage des neuen Prüfverfahrens durchgeführt werden. Das Ergebnis des Teils 1 liegt mittlerweile vor und die entsprechenden Prüfverfahren müssen nunmehr ausgearbeitet und die Bauteilprüfungen durchgeführt werden. Dies wird noch geraume Zeit in Anspruch nehmen. Als Übergangslösung wird die M-HFHHolzR für gewisse Standardfälle im Wohnungsbau in der Weise überarbeitet, dass auch die Errichtung von Gebäuden der GKL 4 und 5 in Holzbauweise



ohne Brandschutzbekleidung ermöglicht wird. Vorbild für die neue M-HFH HolzR ist der Bauprüfdienst «Bauen in Massivholzbauweise» der Freien und Hansestadt Hamburg vom März 2018 (BPD Massivholzbau). In Kenntnis dieses Zeitplans wurde die Regelung des § 26 Absatz 3 nach dem Vorbild der Bauordnung für das Land Baden-Württemberg vorsorglich in die Landesbauordnung 2018 aufgenommen, die eine Ausweitung des Bauens mit Holz auf die GKL 5 erlaubt, sobald die entsprechenden Forschungsergebnisse beziehungsweise die entsprechenden technischen Regeln vorliegen.

## 4. Potenzial des Holzbaus

Nach der amtlichen Statistik der fertiggestellten Wohn- und Nichtwohngebäude wurden im Jahr 2016 rund 10 % der Wohngebäude und 7 % der Nichtwohngebäude überwiegend aus Holz hergestellt (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Fertiggestellte Wohn- und Nichtwohngebäude 2016 nach Gebäudeart und überwiegend verwendetem Baustoff

Überwiegend verwendeter Baustoff	Gebäudeart			
	Wohngebäude		Nichtwohngebäude	
Stahl	23	0,1 %	1.094	35 %
Stahlbeton	1.765	10 %	1.025	32 %
Ziegel	4.232	24 %	253	8 %
Kalksandstein	5.965	34 %	381	12 %
Porenbeton	2.545	15 %	79	2,5 %
Holz	1.780	10 %	218	7 %
Sonstige	1.105	6 %	110	3,5 %
<b>Gesamt</b>	<b>17.415</b>	<b>100 %</b>	<b>3.160</b>	<b>100 %</b>

IT.NRW: Statistische Berichte - Baufertigstellungen und Bauabgänge in Nordrhein-Westfalen 2016, S. 17.

Das Potenzial für die Holzbauweise ist jedoch insbesondere im Wohnungsbau weitaus größer. Wohngebäude mit bis zu drei oberirdischen Geschossen, die gegenwärtig noch als Wohngebäude geringer Höhe klassifiziert sind und die ab dem 1. Januar 2019 als Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3 klassifiziert sein werden, haben im Jahr 2016 rund 98 % der Neubauten ausgemacht und hätten bereits nach der geltenden Landesbauordnung 2000 in Holzbauweise errichtet werden können. Durch die neue Landesbauordnung 2018 werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Holzbau verbessert, sodass ab dem 1. Januar 2019 auch die Wohngebäude mit vier oder fünf oberirdischen Geschossen in Holzbauweise errichtet werden können. Selbst höhere Gebäude mit sechs oder mehr oberirdischen Geschossen, die nur einen Bruchteil der Neubauten ausmachen (s. Tabelle 2), können schon jetzt auf Grundlage von schutzzielorientierten und einzelfallbezogenen Brandschutzkonzepten in Holzbauweise errichtet werden, wie das Beispiel des siebengeschossigen Bürogebäudes «H7» in Münster zeigt.

Tabelle 2: Fertiggestellte Wohn- und Nichtwohngebäude 2016 nach Gebäudeart und Anzahl der Vollgeschosse

Anzahl der Vollgeschosse	Gebäudeart			
	Wohngebäude		Nichtwohngebäude	
1-3	17.078	98 %	3.050	96,5 %
4-5	323		79	
6-7	13	2 %	26	3,5 %
8 und mehr	1		5	
<b>Gesamt</b>	<b>17.415</b>	<b>100 %</b>	<b>3.160</b>	<b>100 %</b>

IT.NRW: Statistische Berichte - Baufertigstellungen und Bauabgänge in Nordrhein-Westfalen 2016, S. 21.

Der gesetzliche Rahmen für das Bauen mit Holz ist mit der Landesbauordnung 2018 verbessert worden und der vorbeugende Brandschutz steht dem Holzbau unterhalb der Hochhausgrenze bzw. bei mehr als 98 % der Wohngebäude nicht im Weg. Es obliegt jetzt der Holzbauwirtschaft, diesen vom Gesetzgeber geschaffenen Rahmen auszuschöpfen und die Bauherrschaft in Nordrhein-Westfalen von den Vorteilen des Bauens mit Holz zu überzeugen.



# Hamburg Holzbaustadt – Auswirkungen der neuen HBauO

Dipl.-Ing. Henning Klattenhoff  
Fachbereichsleiter Holzbauplanung  
ASSMANN BERATEN+PLANEN AG  
Hamburg, Deutschland





# Hamburg Holzbaustadt – Auswirkungen der neuen HBauO

Der Abstieg des Hamburger Sportvereins in die zweite Fußballbundesliga stellt grundlegende Fragen in der Hansestadt – eine der quälendsten: Fällt man im bundesdeutschen Ansehen wohlmöglich hinter Bremen oder gar Hannover zurück? So wie sich Pippi Langstrumpfs Gegenspieler, Messer-Jocke, nach Verlust seines Messers mit der Frage konfrontiert sah, was oder wer er denn ohne Messer nun noch sei, steht das Selbstbild der Elbmetropole auf dem Spiel.

Welche neue Identität soll nun die Stadt Hamburg entwickeln, um mit der neu erworbenen Degradierung mittelfristig Frieden zu schließen? Denn wer weiß schon, wann der HSV wieder aufsteigt?

Die Unterstellung, Hamburg habe sich im Bemühen um eine neue Sinnstiftung dem Holzbau zugewandt, kurzerhand die Bauordnung Holz-freundlich umgeschrieben und sich damit um den offenbar in Deutschland noch vakanten Titel «Holzbaustadt» beworben, geht jedoch fehl. Denn nachweislich wurden schon lange vor dem Abstieg des HSV die Weichen für einen Aufstieg in der Holzbauliga gestellt:

## **1. Die Erfolgsgeschichte einer Veranstaltungsreihe: das Holzbauforum Hamburg**

Am 02. November 2011 fand das erste Hamburger Holzbauforum statt. Die Nach-Feierabend-Veranstaltungsreihe möchte Architekten, Fachplaner wie auch interessierte Baufachleute, Institutionen und Bauherren an das Thema «Holzbau im städtischen Kontext» heranführen und über die Vorteile für die damit verbundenen Bauaufgaben informieren. Die Veranstaltungsreihe soll den Dialog fördern und ein Netzwerk der Beteiligten entstehen lassen.

Dies gelingt seit nunmehr sieben Jahren mit je mindestens vier Veranstaltungen bei andauerndem und sogar steigendem Erfolg: In diesem Jahr kamen jeweils zwischen 120 und 200 Gäste – Rekord! Die Veranstaltungsreihe hat sich über die Jahre zum Anlaufpunkt für Holzbauakteure und –Interessierte entwickelt, regelmäßig kommen Besucher aus benachbarten Städten: Kiel, Lübeck, Bremen, Hannover, Berlin, Rostock, uva. Es ist schwer zu sagen, in wie weit die Holzbauentwicklung oder die Änderung der LBauO in Hamburg mit dem Holzbauforum zusammenhängt, aber die regelmäßige Teilnahme von Mitgliedern der zuständigen städtischen Behörden hat Spuren hinterlassen.

Für die Veranstaltung des Holzbauforums Hamburg am 16.11.2016 war die Staatssekretärebene der Umwelt-Ressorts der vier norddeutschen Bundesländer Hamburg, Bremen, Schleswig-Holstein und Niedersachsen eingeladen. Alle diese Bundesländer waren zu dem Zeitpunkt Rot oder Rot-Grün geführt. Zwei der vier Eingeladenen sagten schließlich zu und nachdem Schleswig-Holstein wegen Krankheit fernbleiben musste, blieb der Hamburger Staatsrat Herr Pollmann als einziger Diskutant aus der Politik übrig und erschien auf dem Podium.

Das Gespräch mit dem Staatsrat machte sehr schnell eines deutlich: In seiner Behörde für Umwelt und Energie und vermutlich auch in der SPD-geführten Schwesterbehörde für Stadtentwicklung und Wohnen waren die Sympathien für den Holzbau durchaus sehr groß. Allerdings war offenbar von den Entscheidungsträgern nicht erkannt worden, dass der Holzbau in seiner Verbreitung im städtischen Kontext gehemmt ist und dass die Politik hier Abhilfe schaffen kann. Die Veranstaltung endete mit der Zusage des Staatsrates, sich für die Änderung der Bauordnung im Sinne des Holzbaus einzusetzen. Weitere Wünsche aus dem Publikum, zum Beispiel man solle zur Förderung des Holzbaus die Mehrwertsteuer erhöhen, blieben unerfüllt.

## 2. Das Holz und die Bauordnung

### 2.1. Die Bedeutung der Bauordnungen für den urbanen Holzbau

In Holzbaukreisen ist bekannt, dass die Bauordnungen wichtige Bausteine beim Erfolg des mehrgeschossigen Holzbaus darstellen: In wissenschaftlichen Untersuchungen und bei Befragungen von Holzbauunternehmern tauchen auf der Liste der Holzbauhemmnisse mehrere Aspekte ganz oben auf, die dem politischen Umfeld zuzuordnen sind, allen voran die herkömmlichen Bauordnungen, die insbesondere in der Gebäudeklasse 5 (Gebäude mit einer Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraums zwischen 13 und 22 Metern über Geländeoberkante) den Einsatz von nicht brennenden Materialien für tragende Bauteile fordern und damit die Verbreitung des Holzbaus in Gebäuden zwischen sechs und acht Geschossen behindern. Auch in der Gebäudeklasse 4 ist der Einsatz von Holz im Sinne der Musterbauordnung nur über die sogenannte Holzbaurichtlinie («Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise» – kurz M-HFHHolzR), also über Kapselung, möglich – eine Ausführungsform, die aufgrund des hohen zu betreibenden Aufwandes, die die dort formulierten Anforderungen verlangen, unpraktikabel erscheint und nicht zum Durchbruch der Holzbauweise in diesem Segment geführt hat.

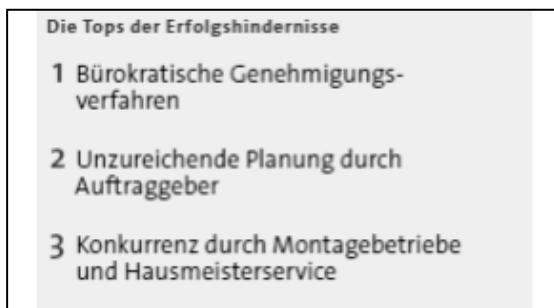


Abbildung 1: Vom Bund Deutscher Zimmermeister wird das Genehmigungsverfahren als das wichtigste Erfolgshindernis im Holzbau erkannt.

Dass es sehr wohl verantwortbar ist, mit Holz auch bis unter die magische Hochhausgrenze von 22 Metern zu bauen, ist in den letzten Jahren in zahlreichen Projekten europaweit gezeigt worden. In Deutschland wurden solche Bauvorhaben unter Zuhilfenahme von Brandschutzkonzepten genehmigt, die darstellen, warum das Bauen mit Holz auch in der Gebäudeklasse 5 als Abweichung von den Bauordnungen durch das Formulieren von Kompensationsmaßnahmen dennoch genehmigungswürdig ist.

Kurzum: Nur ein gutes Brandschutzkonzept eröffnet dem Holzbau bei herkömmlichen Bauordnungen die sonst verschlossene Tür in die höhere Geschossigkeit. Wenn kein kompetenter Brandschutz-Experte gefunden wird, droht diese Tür verschlossen zu bleiben. Auch der Kenntnisstand der Prüfbehörden zum Thema Holzbau und Brandschutz kann ausschlaggebend sein, ob ein Bauvorhaben eines Investors erfolgreich in Holz gebaut werden kann oder nicht. Faktisch stellt dieser Umstand eine Art Privatisierung des Baurechts dar, denn die Landesbauordnungen helfen hier nicht, einen wichtigen Umstand im Brandschutz zu regeln, sondern werden regelmäßig durch die erforderlichen Brandschutzkonzepte ausgehebelt. Einerseits stellen die in den Landesbauordnungen formulierten Anforderungen an den Brandschutz im Holzbau in den oberen Gebäudeklassen ein schwer kalkulierbares Wagnis für Bauherren und Investoren dar. Andererseits sind die vielen genehmigten Bauvorhaben mit Abweichungskonzepten und Kompensationsmaßnahmen ein klares Zeichen dafür, dass die Bauordnungen ganz offenbar nicht ausreichen, um den Stand der Technik für den Brandschutz im Holzbau hinreichend zu regeln.

In der Holzbauszene ist dieser Umstand hinreichend bekannt. In vielen Bundesländern wurden schon vor Jahren politisch Verantwortliche auf die oben genannten Umstände angesprochen. Schließlich gelang es als erstem Bundesland Baden-Württemberg, eine Änderung der Landesbauordnung auf den Weg zu bringen, die grundsätzlich auch den

Holzbau bis in die Gebäudeklasse 5 gestattet. Möglich wurde diese Änderung aufgrund des dort vorhandenen politischen Willens und einer in Baden-Württemberg nicht unerheblich mächtigen Lobby aus der Forst- und Holzwirtschaft als bedeutendem Wirtschaftsfaktor.

## 2.2. Die Änderung der Hamburger Bauordnung

Warum nun als nächste Bundesländer die waldfernen Stadtstaaten Hamburg, Berlin und Bremen prädestiniert sind, ihre Landesbauordnungen holzfreundlicher umzuschreiben, hat vielfältige Gründe:

- Stadt ist hier gleich Land: Alle Abstimmungen und Bauordnungsregelungen sind nur mit einer Kommune auszuhandeln.
- Alle Brandschutz-Aspekte sind nur mit einer kommunalen Feuerwehr zu klären.
- Die betreffenden Feuerwehren sind Berufsfeuerwehren: eine schnelle Präsenz von professionellen Löschkraften am Brandereignis ist gegeben.
- Der politische Willen ist da, Fortschritte im nachhaltigen Bauen zu erzielen und Perspektiven für den Wohnungsbau zu schaffen, um der hohen Nachfrage nach Wohnraum entgegenzukommen.
- Die erforderliche Nachverdichtung ist über Aufstockungen mit dem leichten Baustoff Holz schon aus statischen Gründen eher machbar.
- Das hohe Baupensum wird auf mehrere Schultern verteilt, wenn auch die Holzbaubranche integriert wird.

Für politische Parteien gibt es unterschiedliche Motive, aufs Holz zu setzen. In Hamburg ist die von den Grünen geführte Behörde für Umwelt und Energie mit der Nachhaltigkeit des nachwachsenden Baustoffes zu überzeugen. Die Behörde hat in jüngster Vergangenheit sehr aktiv auf die Förderung ökologischer Baustoffe gesetzt und ihrerseits auch den Kontakt zum Holzbauforum Hamburg gesucht. Die SPD-Geführte Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen ist grundsätzlich für den Wohnungsbau und die Stadtentwicklung zuständig. Hier liegt der Fokus eher auf den Möglichkeiten des Holzbaus zur Schaffung von bezahlbarem Wohnraum, den Potentialen für serielles Bauen und den Perspektiven für die im Bereich des innovativen modernen Holzbaus zu schaffenden Arbeitsplätzen. Der hohe Digitalisierungs- und Vorfertigungsgrad wird in diesem Zusammenhang als zukunftsweisend erkannt und die Verbindung zu anderen aktuellen Themen der Bauindustrie wie zum Beispiel BIM oder Industrie 4.0 wohlwollend zur Kenntnis genommen. Politisch gesehen ist der moderne urbane Holzbau eine eierlegende Wollmilchsau aus der Honigwabe.

## 2.3. Der Hamburger Weg

Hamburg hat nicht nur einen großen Hafen und mehr Brücken als Venedig und Amsterdam zusammen. Die Hansestadt hat auch die sogenannten Bauprüfdienste.

Seit März 2018 gibt es nun den «Bauprüfdienst Massivholzbau». Der Bauprüfdienst (BPD) ist ein Dokument, das Planungs- und Ausführungshinweise enthält, die auf Erfahrungen aus der praktischen Anwendung nach dem Stand der Technik und auf Ergebnissen aus Forschungsvorhaben basiert. Da die Fortschreibung des technischen Regelwerkes derzeit noch nicht abgeschlossen ist, soll der BPD Bauherren, Architekten und Bauaufsichtsbehörden grundlegende Hinweise zu Konstruktionen und Ausführungsdetails geben, die bei der Planung und Beurteilung von Bauvorhaben in Massivholzbauweise beachtenswert sind.



Abbildung 2: Der Bauprüfdienst «Bauen in Massivholzbauweise» bietet Hamburger Bauherren, Planern und Behörden eine geregelte Grundlage für das zulässige Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5.

Die Novellierung der Landesbauordnung in Baden-Württemberg von 2015 hat gezeigt, dass ohne die weitere Regelung oder Verständigung zu Themen wie Reduzierung der Rauchweiterleitung oder der Brandschutz von Verbindungen feuerbeständiger Bauteile eine Änderung der Landesbauordnung allein wirkungslos sein kann. In Baden-Württemberg werden diese erforderlichen Regelungen nun in einem Forschungsvorhaben untersucht, so dass dann die Änderung der Landesbauordnung von 2015 durch eine ausstehende Novellierung endlich die erhoffte Wirkung erzielen kann.

Der Hamburger Weg über den BPD geht nun mit hanseatischem Pragmatismus an das Dilemma heran: Fehlende Regelungen werden ganz einfach im BPD abgehandelt. Solange der BPD fachmännisch stets auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten wird und auch den Stand der Wissenschaft angemessen berücksichtigt, kann in Hamburg auf einem sehr gesunden Niveau mit Holz gebaut werden. Ein Manko: Auch im BPD wird der Begriff «Rauchdichtigkeit» verwendet, ein Begriff der in Fachkreisen umstritten ist: Auch Rauchschutztüren sind nicht rauchdicht.

#### 5.8. Rauchdichtigkeit bei raumabschließenden Bauteilen

In der aktuellen Fassung der DIN 4102-4:2016-05 sind keine geregelten Konstruktionen oder Ausführungshinweise enthalten, so dass keine genormten Konstruktionsdetails zur Ausbildung des Raumabschlusses in Hinblick auf die Rauchdichtigkeit der Bauteilanschlüsse und Fugen vorliegen.

Für die Ausbildung von raumabschließenden Bauteilen (z.B. Trennwände, Geschossdecken) werden nachfolgende grundlegende Konstruktionsprinzipien und Detailausbildungen empfohlen, mit denen nach dem Stand der heutigen Erkenntnisse eine ausreichende Rauchdichtigkeit erreicht werden kann. Entsprechend kann der Entwurfsverfasser davon ausgehen, dass die Ausführung von Anschlüssen nach diesen Prinzipien und Detailausführungen als ausreichender Nachweis der Rauchdichtigkeit gilt.

##### 5.8.1. Rauchdichtigkeit von Elementfugen

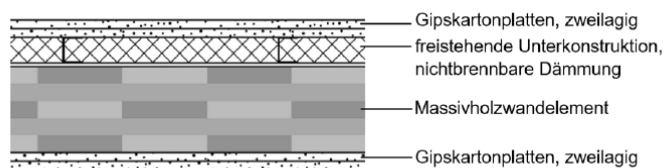


Abb. 4: Trennwand, akustisch wirksame Vorsatzschale und zweilagige Bekleidung (Horizontalschnitt)

Abbildung 3: Auszug aus dem Bauprüfdienst «Bauen in Massivholzbauweise».

In diesem Zusammenhang muss wohl auch gesehen werden, dass die neue Hamburger Landesbauordnung sich nur auf den «Massivholzbau» beschränkt. Der Massivholzbau lässt nicht die von der Feuerwehr so gefürchteten Hohlkammerbrände zu, erscheint in seinen Gestaltungsformen überschaubar und ist in vielen Forschungsvorhaben untersucht worden. Hätte man in Hamburg auch die Gebäudeklasse 5 grundsätzlich für alle Holzbausysteme geöffnet, hätte der zugehörige BPD wohl Telefonbuch-Stärke annehmen müssen und seine Erarbeitung Jahre in Anspruch genommen.

Sowohl die neue HBauO wie auch der BPD bleiben durch einige Einschränkungen konservativ: In der Formulierung der Bauordnung werden neben der Forderung des Massivholzeinsatzes die Nutzungseinheiten auf 200 m<sup>2</sup> und die Brandabschnitte auf 800 m<sup>2</sup>



geschossweise beschränkt. Im BPD wird auch der Anteil der sichtbaren Holzoberflächen eingeschränkt. Schließlich stellt das Regelwerk den ersten Schritt in den Holzbau dar. Im Einzelfall kann es nach wie vor ratsam sein, durch einen fachlich entsprechend qualifizierten Brandschützer ein Konzept erstellen zu lassen, welches durch das Angebot von Kompensationsmaßnahmen das Korsett der genannten Einschränkungen aufzuweiten vermag.

Auch wenn sich die Beschränkung auf den Massivholzbau und weitere im BPD genannte Anforderungen ein bisschen nach zweiter Liga anhören: Die Stärke des Hamburger Wegs liegt darin, dass mit dem BPD ein Instrumentarium gefunden ist, um den Holzbau in den Gebäudeklassen 4 und 5 auf einen sprichwörtlich sicheren Weg zu bringen und eine klare, geregelte Grundlage für Bauherren, Architekten und Behörden zu schaffen. Über Hamburg hinaus bietet das Dokument auch für das Planen und Bauen mit Holz in anderen Kommunen die Möglichkeit, als Referenz und Argumentationshilfe für das sichere Bauen mit Holz Anwendung zu finden.

### **3. Die Förderung des Holzbaus in Hamburg**

Die Hamburger Behörde für Umwelt und Energie hat neben der Führungsrolle bei der Änderung der Landesbauordnung zu Gunsten des Holzbaus auch an anderer Stelle an der Holzbauschraube gedreht:

Seit 2017 gibt es im geförderten Wohnungsbau und im Nichtwohnungsbau eine Holzbauforderung. Bezugsgröße ist das eingebaute Kilogramm Holz, das mit 30 bzw. 80 Cent bezuschusst wird. Abgewickelt wird die Förderung über die Hamburger Investitions- und Förderbank. Insbesondere in bestimmten Bereichen des Nichtwohnungsbaus ist ein sehr deutlicher Anstieg des Holzanteils erkennbar.

Des Weiteren hat man in der Behörde grundsätzlich verstanden, dass der moderne Holzbau Unterstützung braucht, um auf dem Markt in voller Breite anzukommen und um damit das nachhaltige Bauen in Hamburg wirkungsvoll nach vorn bringen zu können. In Kürze soll eine Möglichkeit geschaffen werden, dass unerfahrene Investoren und Planer, die sich an das Bauen mit Holz herantrauen, fachkundige Unterstützung aus einem Sachverständigenkreis bekommen können, der von der Behörde bezuschusst wird. Hintergrund ist die Erkenntnis, dass ein dauerhafter Fortschritt bei der Verwendung vom Baustoff Holz in der Bauindustrie nur dann erreicht werden kann, wenn Fehler und Mängel beim Umgang mit den noch relativ jungen Bauweisen des modernen Holzbaus auf ein Minimum reduziert werden können.

Schließlich ist auch die mangelhafte Ausbildungs- und Fortbildungssituation von Architekten und Ingenieuren in der Hansestadt Hamburg ein Thema: Bildungstechnisch gesehen ist die Stadt ein unterausgestatteter Vorort von Lübeck, Hildesheim und Braunschweig. Trotz dreier Universitäten sucht man in Hamburg einen Lehrstuhl für Holzbau vergebens.

### **4. Die Aussichten**

Die neue Landesbauordnung ist in Hamburg seit Mai 2018 in Kraft. Alles in allem hat der Prozess von der Willensbildung in den zuständigen Behörden, über die erforderlichen Absprachen mit anderen Beteiligten wie z. B. der Hamburger Feuerwehr oder der oberen Bauaufsicht, das Finden der richtigen Formulierungen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus Baden-Württemberg, die formale Beschlussfassung im Senat im Sommer 2017, einer weiteren Anhörung eines Brandschutzexperten in der Bürgerschaft im Oktober 2017, der Verabschiedung durch die Bürgerschaft bis hin zur formalen Einführung der neuen Landesbauordnung knapp eineinhalb Jahre in Anspruch genommen.

Es ist daher zu früh um zu bewerten, welches Wachstum im Hamburger Holzbau sich als Folge aus der geänderten Bauordnung ergeben hätte.

Grundsätzlich ist über die Jahre ein Trend im Bauen mit Holz in Hamburg erkennbar: Die in den Jahren 2012 und 2013 errichteten Holzgebäude auf dem Gelände der Internationalen Bauausstellung haben eindrucksvoll die technische Machbarkeit im mehrgeschossigen Holzbau zur Schau gestellt. Gleich mehrere Bauweisen in Holz und Holz-Beton-Hybrid sind ausgeführt worden. Seit ca. zwei Jahren ist auch bei Investoren der Glaube an die Wirtschaftlichkeit des Holzbaus und das Verständnis seiner Vorteile deutlich erkennbar.

Das statistische Bundesamt veröffentlicht regelmäßig Zahlen zum Anteil des Holzbaus an den Baugenehmigungen des Wohnungsbaus in den Bundesländern. Zwischen 2010 und 2017 lässt aber die reine Quotenbetrachtung keine klare Tendenz pro Holz in Hamburg erkennen:

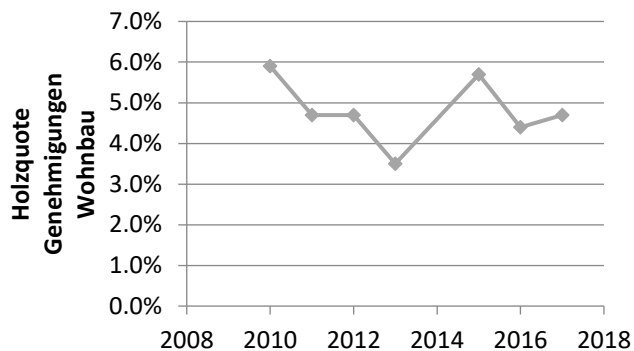


Abbildung 4: Die vom statistischen Bundesamt veröffentlichten Holzquoten im Wohnbau lassen für Hamburg keine klare Tendenz erkennen.

In absoluten Zahlen gemessen steigt die Anzahl der Hamburger Wohngebäude in Holz seit mindestens knapp 10 Jahren deutlich, da der Wohnungsbau allgemein erheblich zugenommen hat:

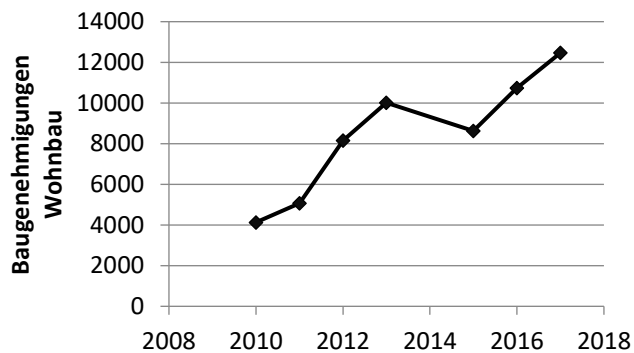


Abbildung 5: Aufgrund der Umsetzung politisch initiiertener Wohnungsbauziele ist die Zahl der Baugenehmigungen im Hamburger Wohnbau in den letzten 10 Jahren erheblich gestiegen.

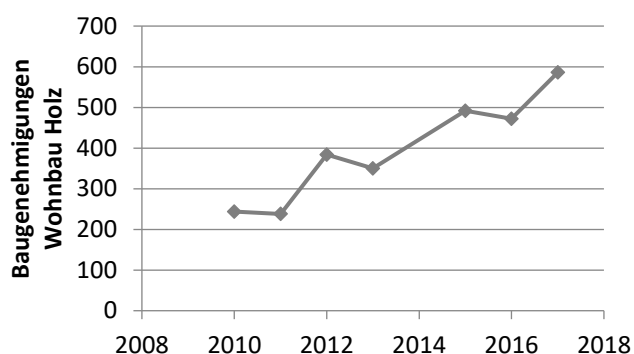


Abbildung 6: Demzufolge gibt es eine klare Tendenz im Hamburger Wohnbau: Die Anzahl der Holzgebäude nimmt zu.

Die Schwankungen in der Quote zeigen jedoch, dass bis 2017 keine Trendwende, also kein exponentielles Wachstum pro Holz erkennbar ist. Ob sich dies durch die Änderung der Bauordnung ergeben wird, bleibt abzuwarten.

Allerdings hat schon die politische Willensbekundung die Umstände für den Holzbau in den Gebäudeklassen 4 und 5 deutlich einfacher gemacht, da mit dem Argument des Vorgriffs auf eine ohnehin zu verabschiedender positiver Regelung für den Holzbau eine höhere Zuverlässigkeit im Genehmigungsprozess erkennbar wurde.

Dass hier insbesondere Investoren neues Vertrauen in den Holzbau gewinnen konnten, ist an mehreren geplanten Bauvorhaben erkennbar – allen voran die «Wildspitze», die dieses Vertrauen in die Umsetzbarkeit von großen Holzbauprojekten eindrucksvoll demonstriert. Neben dem 19-geschossigen Holzhochhaus ist insbesondere der 7-geschossige Riegel von Interesse: Dieser Gebäudeabschnitt soll im Sinne der neuen HBauO ausgeführt werden, also ohne brandschutztechnisch erforderliche Abweichungen von der Bauordnung auskommen.



Abbildung 7: Neben der «Wildspitze», einem 19-geschossigen Hochhaus aus Holz, wird der angeschlossene 7-geschossige Riegel im Sinne der neuen Hamburger Bauordnung vermutlich ohne Abweichungen von den im BPD enthaltenen Brandschutzregeln geplant werden können. (Grafik: Stömer Murphy Partner)

Eines ist klar: Die Hansestadt Hamburg setzt derzeit in der Tat Maßstäbe im urbanen Holzbau. Auch wenn der Titel um die «Holzbaustadt» immer aufs Neue wieder erworben werden will: Hamburg wird in diesem Metier ganz sicher in Zukunft nicht zweitklassig werden.



# **Nachweis der geforderten Feuerwiderstandsdauer sowie der Brand- und Rauchdichtheit in mehrgeschossigen Gebäuden**

Dipl.-Ing. Volker Nees  
nees Ingenieure GmbH  
Münster, Deutschland



2 | Nachweis der geforderten Feuerwiderstandsdauer sowie der Brand- und Rauchdichtheit | V. Nees

# Nachweis der geforderten Feuerwiderstandsdauer sowie der Brand- und Rauchdichtheit in mehrgeschossigen Gebäuden

## 1. Einführung

Im Brandschutz gelten prinzipiell weltweit die gleichen Schutzziele. Der Entstehung von Bränden und der Ausbreitung von Feuer und Rauch sind vorzubeugen. Weiterhin sind eine Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen. Zur Definition der Anforderungen ist unter anderem die Größe der einzelnen Nutzungseinheiten im Gebäude zu berücksichtigen. Weiterhin müssen die vorhandenen Brandlasten berücksichtigt und Flucht- und Rettungswege vorgesehen werden. Für den Löschangriff durch die Feuerwehr ist z.B. die bauliche Situation wie die Zugänglichkeit zu dem Gebäude entscheidend. Weiterhin sind sicherheitstechnische Anlagen wie Feuerlöschanlagen oder Brandmeldeanlagen zu berücksichtigen.

Bei den Anforderungen an Bauteile spielen das Brandverhalten und der Feuerwiderstand eine Rolle. Das Brandverhalten ist abhängig von dem gewählten Baustoff. Der Feuerwiderstand hingegen ist abhängig von der gewählten Konstruktion der Bauteile. Das Brandverhalten ist speziell in der Brandentstehungsphase in Bezug auf die Brandentwicklung und -weiterleitung von Bedeutung. Durch die entstehende Wärme in dem Raum beginnen die Materialien im Raum Pyrolysegase abzugeben. Sofern die Wärme in dem Brandraum nicht abgeführt wird, kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen der steigenden Temperatur im Brandraum und der dadurch steigenden Oxidation, bis sich die Gase im Brandraum schlagartig entzünden, was als «flash over» bezeichnet wird. Nach dem Feuerüberschlag (bei ca. 1.000 °C) wird von einem vollentwickelten Brand gesprochen. Mit dieser Phase beginnt außerdem jene Zeit, welche maßgeblich für die Bauteilbemessung nach den geltenden Regelwerken ist. So hält beispielsweise eine feuerbeständige Wand, beginnend mit dem Feuerüberschlag mindestens 90 Minuten dem Brand stand.

Insgesamt verlor Holz als konstruktiver Werkstoff insbesondere durch Großbrände und dadurch entstandene Bauvorschriften an Bedeutung. Andere Materialien wie Stahl, Beton, Stahlbeton und Kunststoffe ergänzten den Markt der Baustoffe. Stahlbeton, Mauerwerk und Stahl dominieren mittlerweile als Baustoffe für Tragwerke von Gebäuden. Erst im Verlauf der letzten 30 Jahre gewinnt der Baustoff Holz wieder mehr an Bedeutung. Dies ist besonders den ökologischen Vorteilen des nachwachsenden Baustoffs zu verdanken. Die Klimaerwärmung und die damit einhergehenden Vorschriften lassen den Einsatz von Holz im Bau von Gebäuden wieder steigen. Holz als nachwachsender Rohstoff bietet – bei der richtigen Erzeugung – die optimale Voraussetzung hinsichtlich der Nachhaltigkeit.

Holz als brennbarer Baustoff ist derzeit in Deutschland in der Regel für die Verwendung für tragende und aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, mit Anforderung an die Feuerwiderstandsfähigkeit in mehrgeschossigen Gebäuden (ab Gebäudeklasse 5) nicht zulässig. Abweichend hiervon ist die Verwendung von Holz für diese Bauteile ab der neuen Bauordnung NRW 2018 zulässig. Hierfür ist die entsprechende Feuerwiderstandsdauer nachzuweisen und der Übertragung von Feuer und Rauch über die Grenzen von Brand- und Rauchabschnitten vorzubeugen.

Durch die Ergänzung in der BauO NRW 2018 sind Holzbauteile auch ohne brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen zulässig. Die Vorbeugung der Ausbreitung von Feuer und Rauch kann über verschiedene Wege nachgewiesen werden. Dies erfolgt beispielsweise über eine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik. Eine weitere Möglichkeit sind begleitende planerische Maßnahmen wie selbsttätige Feuerlöschanlagen.

Anforderungen an Anschlussbereiche brandabschnittsbildender Bauteile werden z.B. in der Lignum-Dokumentation «4.1 Bauteile in Holz – Decken, Wände und Bekleidungen mit Feuerwiderstand» schweizweit geregelt. Demnach ist insbesondere ein Abbrand von innen durch Schwachstellen im Anschlussbereich zu verhindern.

Für die Ausführung gelten die nachfolgenden Punkte:

- Durchgehende Fugen vermeiden
- Passgenaue Ausführung der Beplankungen in Eckbereichen an benachbarte Bauteile
- Versetzte Stöße der Beplankungen auch in den Eckbereichen
- Kraftschlüssiger Anschluss der Wände an benachbarte Bauteile
- Anschluss Wand – Decke: Gewährleistung der statischen Funktion der Auflager auch nach der geforderten Feuerwiderstandsdauer
- Verfüllen der Hohlräume im Anschlussbereich mit Mineralwolle (Schmelzpunkt  $\geq 1000$  °C,  $\rho \geq 26$  kg/m<sup>3</sup>)
- Schwind- und Quellverhalten von Holzbauteilen beachten

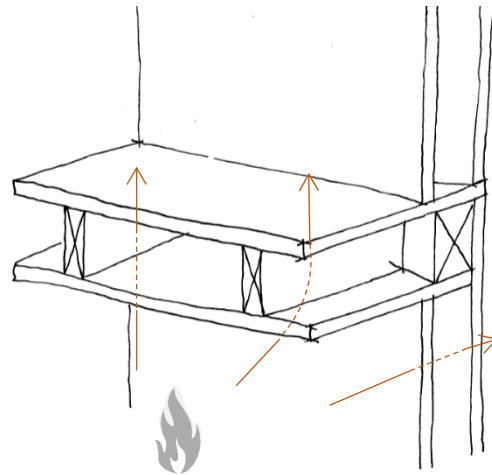


Abbildung 1: Risikosituationen im Anschlussbereich in Anlehnung an die Lignum-Dokumentation 4.1

In der Lignum-Dokumentation «4.2 Bauteile in Holz – Anschlüsse bei Bauteilen mit Feuerwiderstand» werden darüber hinaus beispielhaft Konstruktionsvorschläge für Anschlusssituationen bei Holzbauteilen dargestellt.

## 2. Betrachtung anhand von Projekten

### 2.1. H7 – Münster

Das siebengeschossige Büro- und Verwaltungsgebäude «H7» befindet sich am Hafen in Münster. Die Besonderheit des Gebäudes bildet das Tragwerk. Die Konstruktion der tragenden Bauteile wird vom 1. Obergeschoss bis zum 6. Obergeschoss teilweise in Holz-Hybrid-Bauweise sowie teilweise in Holzbauweise hergestellt. Dabei bestehen die Geschosdecken aus Stahlbeton mit darunter befindlichen Brettschichtholzbindern. Das Erdgeschoss und die Tiefgarage werden konventionell aus Stahlbeton errichtet.

Abweichend von den zum Zeitpunkt der Errichtung geltenden Bauvorschriften in NRW wurden zum Teil tragende Bauteile aus brennbaren Baustoffen hergestellt. Aufgrund dieser Ausführung wurde unter anderem insbesondere die Ausbreitung von Feuer und Rauch betrachtet.

Die Stützen und Binder aus Holzwerkstoffen sind als einzelne linienförmige Bauteile im Gebäude geplant. Es handelt sich um eine offene und sichtbare Tragkonstruktion. Die tragenden Bauteile weisen jeweils einen Abstand untereinander auf. Die einzelnen Brettschichtholzbinden werden durch Unterzüge aus Stahlbeton im mittleren Feld vollständig unterbrochen.



Flächige Bauteile, wie die Geschossdecken, werden aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt. Die Ausbildung von Hohlräumen ist ausschließlich im Bereich nichtbrennbarer Baustoffe geplant. Teile der tragenden brennbaren Bauteile, die sich in einen Hohlraum erstrecken, werden durch eine Brandschutzbekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen geschützt.

Die horizontale Verlegung der primären technischen Gebäudeausrüstung insbesondere der elektrischen Leitungsanlagen innerhalb der Geschosse wurde im Bereich der nichtbrennbaren Bauteile vorgesehen.

Der Ausbreitung von Feuer und Rauch auf weitere Geschosse wird durch die durchgängige Stahlbeton-Verbunddecke, die bis an die nichtbrennbaren Teile der Außenwand insbesondere der nichtbrennbaren Wärmedämmung geführt wird, vorgebeugt.

## 2.2. The Cradle - Düsseldorf

Das Objekt «The Cradle» wird als sechsgeschossiges Gebäude im Bereich des Medienhafens in Düsseldorf geplant. Ab dem 1. Obergeschoss sind Büro- und Verwaltungsflächen konzipiert. Im Erdgeschoss ist eine Gastronomie vorgesehen. Unterhalb des Gebäudes befindet sich eine zweigeschossige Tiefgarage.

Die Planung des Gebäudes sieht ab dem 1. Obergeschoss eine Holzbauweise vor. Dabei wird der zentrale Erschließungskern in Massivbauweise hergestellt. Im Erdgeschoss und in den Untergeschossen ist eine massive Bauweise geplant. Die Decken werden ab dem Erdgeschoss als massive Holzdecken hergestellt.

Die Holzbauteile werden vorrangig als offene und sichtbare Konstruktionen hergestellt, um Hohlräume und damit eine Ausbreitung von Feuer und Rauch über Hohlräume zu vermeiden.

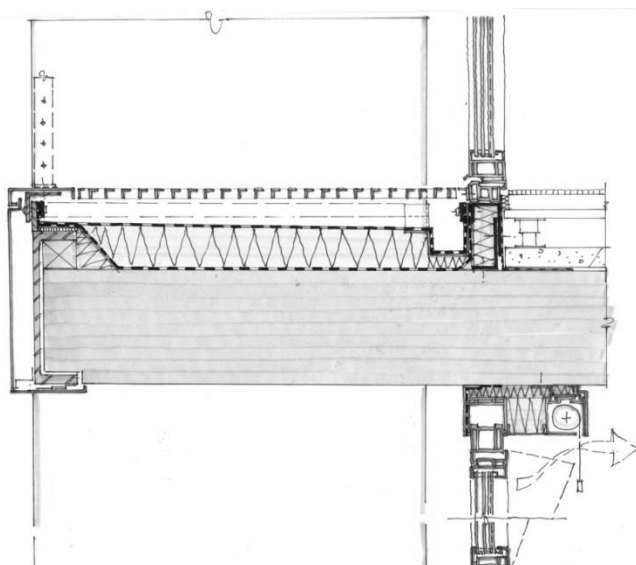


Abbildung 2: Darstellung der Holzdecke anhand eines Details  
(Quelle: Knippers Helbig GmbH)

## 3. Holz in mehrgeschossigen Gebäuden – Aussicht

In Deutschland sind Dimensionen von Hochhäusern aufgrund der bauordnungsrechtlichen Vorgaben bisher nicht realisierbar. In den meisten Bundesländern sind Holzgebäude lediglich bis zur GK 4 zulässig (vgl. Abschnitt 4).

Um die gesellschaftliche Grundeinstellung zu Hochhäusern aus Holz zu erfassen, wurde im Rahmen einer Masterarbeit («Brandschutztechnische Betrachtung der Realisierbarkeit von Hochhäusern aus Holz in Deutschland», Maike Fellhölter) eine Befragung zur Akzeptanz von Hochhäusern aus Holz durchgeführt. Nach dieser Befragung besteht ein grundsätzliches Interesse an der Nutzung von Gebäuden – im speziellen Hochhäusern – aus Holz.

Die Akzeptanz ist unter anderem von der Art der Nutzung abhängig. Je kürzer die Aufenthaltsdauer in dem Gebäude ist, umso eher können sich die Befragten die Nutzung vorstellen. So würden mehr Menschen in einem Hochhaus aus Holz arbeiten oder Freizeitaktivitäten nachgehen, als in diesen zu wohnen.

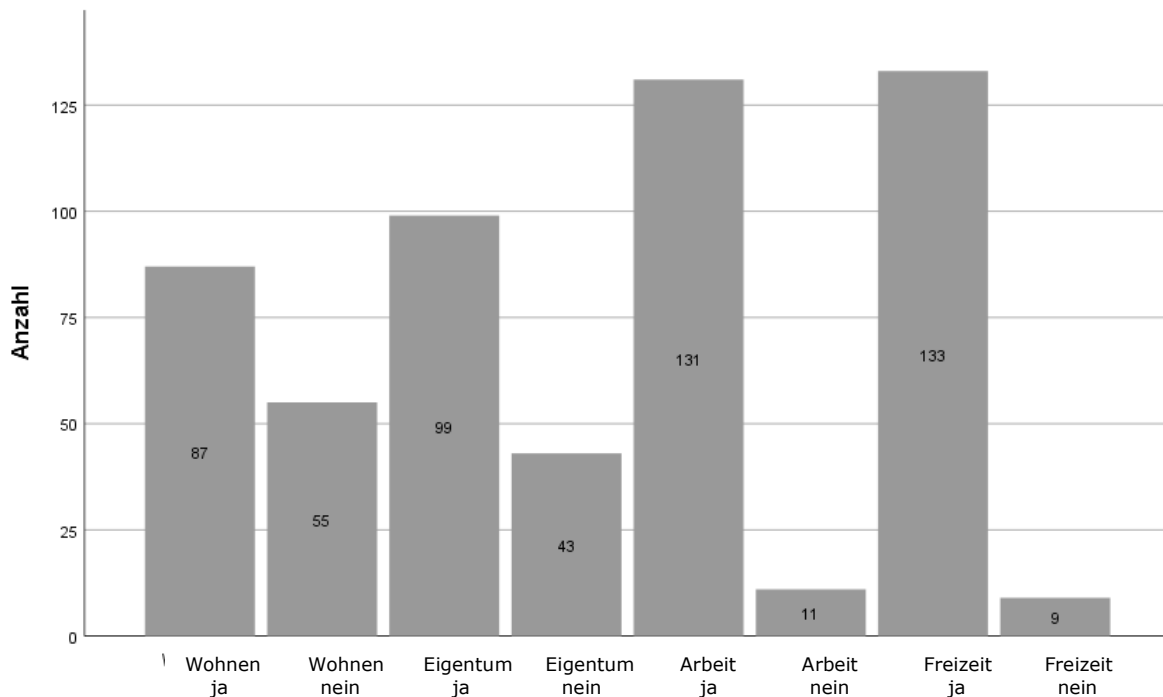


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung – Nutzung von Hochhäusern aus Holz

Im Bereich der Hochhäuser ist im Besonderen auf die Brandabschnittstrennung – speziell die Geschosstrennung – zu achten. Hierfür ist ein besonderes Augenmerk auf die genaue Planung der Details und die gewissenhafte Ausführung der Holzbauteile zu achten.

#### 4. Holzbau in den einzelnen Bundesländern

In Deutschland ist die Anwendung von Holz in den Bundesländern nicht einheitlich geregelt. In der nachfolgenden Abbildung 3 wird ersichtlich, dass die Verwendung von Holz für die Tragkonstruktion bei Gebäuden der Gebäudeklasse 5 (GK 5) lediglich in Baden-Württemberg, Berlin und Hamburg unter bestimmten Voraussetzungen möglich ist. Für alle weiteren Bundesländer – ausgenommen Nordrhein-Westfalen – gilt dies lediglich für Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 4. In Nordrhein-Westfalen wird dies mit der Einführung der neuen Bauordnung (BauO NRW 2018) Anfang 2019 möglich. Bisher ist in Nordrhein-Westfalen die Anwendung von Holz in den GK 1 bis 3 zulässig.



Abbildung 4: Übersicht der Holzanwendung in den einzelnen Bundesländern

Im Rahmen einer Projektarbeit («Erstellen und Ausarbeiten eines Leitfadens zur Bestimmung der Notwendigkeit eines Brandschutzkonzeptes», Tim Schmidt) wurde eine Webseite ([www.brandschutz-guide.de](http://www.brandschutz-guide.de)) erstellt, über die die Zulässigkeit von Holz in den einzelnen Bundesländern in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse und der Art des Gebäudes abgefragt werden kann.

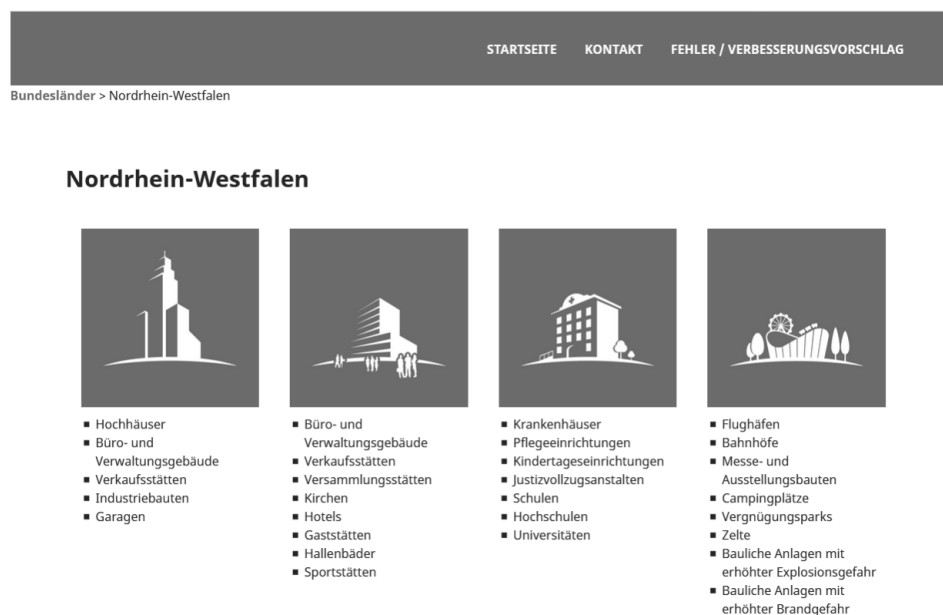


Abbildung 5: Darstellung der Webseite [www.brandschutz-guide.de](http://www.brandschutz-guide.de)

Über die Eingabe Ihrer Gebäudeeckdaten erhalten Sie eine Zuordnung zu der entsprechenden Gebäudeklasse und die Information, ob es sich bei Ihrem Gebäude um einen Sonderbau handelt. Darüber hinaus erhalten Sie Informationen über das Erfordernis eines Brandschutznachweises und durch wen dieser aufzustellen sowie zu prüfen ist.

## 5. Ausblick

Besonders die aktuellsten Entwicklungen im Baurecht der deutschen Bundesländer zeigen, dass Holz in Deutschland wieder mehr Anwendung findet. Aufgrund dieser und der weltweiten Entwicklungen lässt sich erahnen, dass es sich nicht um das «ob», sondern eher um das «wann» einer Genehmigungsfähigkeit von hohen Gebäuden aus Holz handelt. Dabei handelt es sich, besonders in Hinblick auf die Nachhaltigkeit, um eine wichtige Entwicklung. Für diese ist es unter anderem von Bedeutung weiter in diesem Bereich zu forschen und die Akzeptanz von Gebäuden aus Holz zu fördern.



# Der erste Fünfer

Dr. Hendrik Seibel  
Seibel Architektur . Consult  
Düsseldorf, Deutschland





# Der erste Fünfer

In unmittelbarer Nähe zum Zentrum entsteht derzeit in Köln-Lindenthal einer der ersten Fünfgeschossigen Wohnungsbauten Nordrhein-Westfalens in Holzbauweise – der erste Fünfer! Initiator und Bauherr ist Martin Opitz, Geschäftsführer der Opitz-Holzbau GmbH & Co. KG.



Abbildung 1: Der erste Fünfer – Visualisierung 04/2017  
© Janina Behr/ Seibel Architektur . Consult

## 1. Das Ziel

Im Februar 2017 starteten wir auf Grundlage der bis dahin von Kastner-Pichler Architekten erbrachten Vorentwurfsplanung mit der Bearbeitung der weiteren Entwurfs- u. Genehmigungsplanung. Ziel war es, unter Verweis auf die im Dezember 2016 noch von der alten Landesregierung NRWs verabschiedete Novellierung der Bauordnung bis Ende des Jahres eine Baugenehmigung zu erlangen, um zeitgleich mit Inkrafttreten im Januar 2018 mit den Bauarbeiten des ersten Fünfers in Köln starten zu können.

Im Gegensatz zu den sonst üblichen Hybridbauten werden die fünf oberirdischen Geschosse komplett in Holzbauweise errichtet. Für die Außen- u. Wohnungstrennwände kommt eine Holzrahmenbauweise zur Ausführung, die Wände des Treppenhauses, sowie die Abschlusswand zum Nachbargebäude werden mit Brettschichtstapelholz ausgeführt und zu den Wohnungen schalltechnisch entkoppelt. Selbst der Aufzugsschacht wird als der Erste seiner Art in Nordrhein-Westfalen oberirdisch komplett in Holzbauweise errichtet. Lediglich die notwendigen Treppen und Podeste, sowie das Kellergeschoss müssen aus brandschutztechnischen Gründen in Stahlbeton ausgeführt werden.

Für die übrigen Geschossdecken wird der «Opitz Power Floor» (OPF) verwendet, eine von Martin Opitz entwickelte Holzbalkendecke, die im März 2017 zum Europäischen Patent angemeldet wurde. Als vorgefertigte Elementdecke erfüllt der OPF die für Mehrfamilienhäuser geltenden Schall- u. Brandschutzanforderungen und wirkt mit dem vor Ort eingebrachtem Füllmaterial zusätzlich als klimaregulierender Speicher.

## 2. Der Weg

Etwa 10 Monate für die Genehmigung eines Mehrfamilienhauses? Nicht aussergewöhnlich und sehr gut zu schaffen – dachten wir! Zwar hatten wir bis dahin aufgrund der langjährigen Zusammenarbeit mit den Holzbauprofis der regional tätigen Firma Lüddecke schon einige Erfahrung in der Entwurfs- u. Genehmigungsplanung von Ein- bis Zweigeschossigen Holzbauten gesammelt. Der Weg zur Baugenehmigung des ersten Fünfers – und die damit verbundenen politischen Entwicklungen – waren dann aber auch für uns ein Novum und in der Tat nicht vorhersehbar.

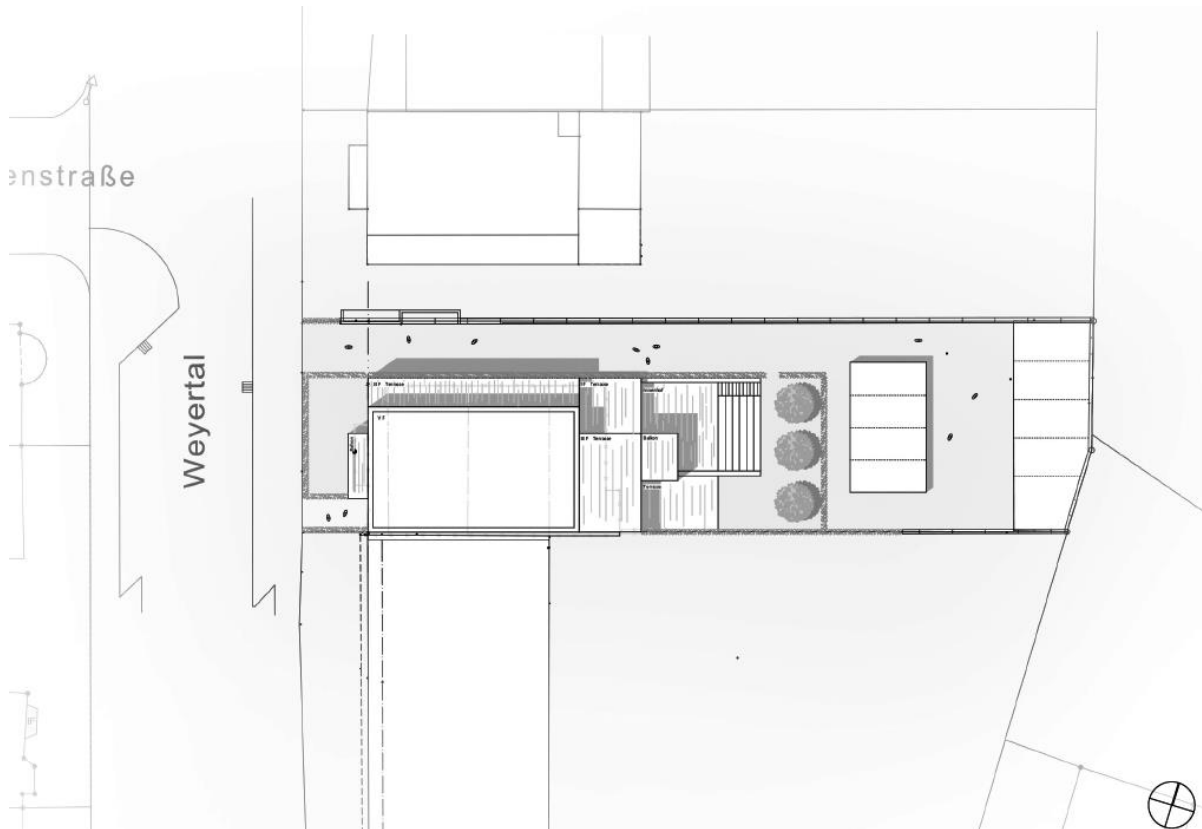


Abbildung 2: Der erste Fünfer – Lageplan (ohne Maßstab)  
© Janina Behr/ Seibel Architektur . Consult

### 2.1. Frühe Einbindung der Behörden

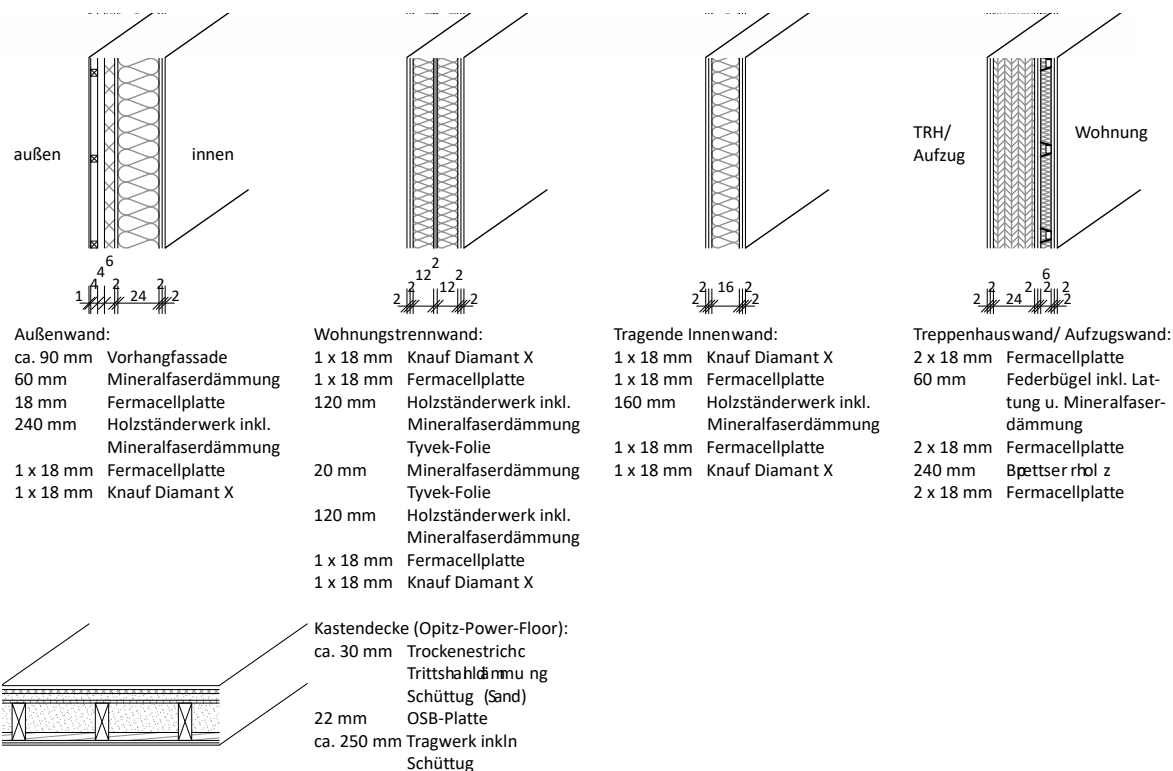
Der Philosophie unseres Büros folgend – die eine frühe und gleichberechtigte Einbindung möglichst aller Projektbeteiligten vorsieht – haben wir direkt nach Beauftragung Kontakt mit den MitarbeiterInnen der Stadt Köln aufgenommen, um die Möglichkeiten der Genehmigungsfähigkeit zu besprechen. Schliesslich war es durch die Novellierung der Bauordnung erstmals möglich, für Gebäude mit bis zu 13,00 m Fussbodenhöhe auch die tragenden Teile in Holzbauweise auszuführen – de facto galt zum Zeitpunkt der Einreichung Ende Mai 2017 aber noch immer die alte Bauordnung, nach der selbst ein Gebäude mittlerer Höhe nicht in Holzbauweise hätte errichtet werden dürfen.

Da die Novellierung aber bereits beschlossen war und damit Anfang 2018 hätte in Kraft treten sollen, haben wir uns mit der Stadt Köln darauf verständigt, in den wesentlichen Punkten eine Abweichung von den (noch) geltenden Regularien zu beantragen und die abweichenden Bauteilaufbauten im Rahmen des vom Büro Walter Ingenieure erstellten Brandschutzkonzeptes nachvollziehbar darzustellen und zu begründen.

### 2.2. Bauteilaufbauten

Die feuerhemmenden bzw. hochfeuerhemmenden Anforderungen an die tragenden Wände und Stützen wurden gem. nachfolgender Darstellung durch eine beidseitige Bekleidung mit Fermacellplatten – die sog. Kapselung – erreicht.





EG M 1:200

Wand-/ Deckenaufbau schematisch

Abbildung 3: Der erste Fünfer – Bauteilaufbauten (ohne Maßstab)  
 © Janina Behr/ Seibel Architektur . Consult

Auch der aus Brettsperholz gefertigte Aufzugsschacht wird innenseitig mit Hilfe einer doppelten Fermacell-Beplankung gekapselt und erfüllt somit die Anforderung Hochfeuerhemmend.

Für die Decken kommt der Opitz Power Floor zum Einsatz, eine Kastendecke, die wahlweise mit Quarzsand oder Estrichbeton aufgefüllt wird und im Verbund mit der unterseitigen Kapselung ebenfalls die Anforderung Hochfeuerhemmend erfüllt.

### 2.3. Integrale Planung

Die Realisierung einer für NRW derart prototypischen Bauweise ist nur durch die enge Abstimmung im Team und eine echte Integrale Planung möglich. Im Gegensatz zum klassischen Planungsprozess, der eine vergleichsweise späte Einbindung von Fachplanern und Ausführenden vorsieht, haben wir die Fachplaner für Tragwerk, Brand-, Wärme- u. Schallschutz, sowie die Stadt Köln als Genehmigungsbehörde bereits kurz nach Beauftragung im Februar 2017 eingebunden. Auch Martin Opitz als Hersteller und Initiator saß in den Gesprächen immer mit am Tisch, so dass konstruktive Besonderheiten direkt am 3D-Modell besprochen und in die Planung einfließen konnten.

Bereits vor Einreichung der Genehmigungsplanung wurden Hersteller und Prüfer der Aufzugsanlage an der Planung beteiligt. In enger Zusammenarbeit mit der Firma KONE haben wir im weiteren Verlauf der Ausführungsplanung die Anschlussdetails für die erforderlichen Montageschienen entwickelt.

In der Spitze waren an der Planung des Mehrfamilienhauses vom Bodengutachter, über den Artenschutzbeauftragten bis zum Prüfeningenieur mehr als 20 Behörden und Planungsbüros zeitgleich beteiligt.



- platzsparender Wandaufbau, somit mehr Wohnfläche je Bruttogrundfläche
- Energieeffizient durch Kerndämmung und Füllmaterial als Speichermasse
- Positive CO<sub>2</sub>-Bilanz

Insbesondere in Ballungsräumen wie Köln bietet der Holzelementbau ein erhebliches Potential, kurzfristig Ressourcen schonenden Wohnraum zu schaffen, der aufgrund der positiven CO<sub>2</sub>-Bilanz einen aktiven und nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz leistet. Bauartbedingt wird der erste Fünfer einen um etwa 45% geringeren Jahresprimärenergiebedarf aufweisen als es die aktuelle EnEV vorsieht. Angesichts steigender Energiekosten – der sog. zweiten Miete – ermöglicht die energieeffiziente, mehrgeschossige Holzbaulose somit auch langfristig bezahlbaren Mietwohnungsraum, gerade im innerstädtischen Bereich und für Familien mit Kindern zu schaffen.

### **Neubau MFH Weyertal, Köln**

Bauherr:	Martin Opitz, Köln
Architektur:	Seibel Architektur . Consult, Düsseldorf
Tragwerksplanung u. Brandschutz:	Walter Ingenieurgesellschaft mbH, Aachen
Bauphysik:	Prof. Dr.-Ing. Peter Lieblang, Köln
Holzbau:	Opitz Holzbau GmbH & Co. KG, Neuruppin
Montage:	Zimmerei Lüddecke – Die Holzbauprofis, Sprockhövel
Betonfertigteile:	Romey Baustoffwerke GmbH & Co. KG, Plaidt
Fachplanung HLS:	Z&R GmbH, Neuruppin
Fachplanung ELT:	Planungsbüro Penke GmbH, Neuruppin
Aufzugsanlage:	KONE GmbH, Köln



**Block C2**

**Baurecht**



# **Das neue Anordnungsrecht des Bestellers gemäss § 650b ff. BGB – Unterschiede zu §§ 1, 2 VOB/B**

Dr. Matthias Orlowski  
Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft mbH  
Düsseldorf, Deutschland







# Das neue Anordnungsrecht des Bestellers gemäss § 650b ff. BGB – Unterschiede zu §§ 1, 2 VOB/B

Der deutsche Gesetzgeber hat am 09.03.2017 das «Gesetz zur Reform des Bauvertragsrechts, zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung, zur Stärkung des zivilprozessualen Rechtsschutzes und zum maschinellen Siegel im Grundbuch- und Schiffs-registerverfahren» beschlossen,<sup>1</sup> das seit dem 01.01.2018 wesentliche bauvertragliche Vorschriften in den §§ 650a ff. des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) regelt. Das vorliegende Referat befasst sich mit den praktischen und rechtlichen Änderungen des Anordnungsrechts des Bestellers gemäss § 650b BGB, das für alle ab dem 01.01.2018 geschlossenen Bauverträge § 650a BGB gelten wird.

Bislang enthielt das BGB nur wenige bauvertragliche Spezialvorschriften. Aus diesem Grunde haben gewerbliche Bauvertragsparteien in aller Regel die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/B) vereinbart. Hierbei handelt es sich nicht um Gesetzesrecht, sondern um Allgemeine Vertragsbedingungen, die jedoch gemäss § 310 Abs. 1 S. 3 BGB nur dann einer AGB-rechtlichen Inhaltskontrolle entzogen sind, wenn sie ohne inhaltliche Abweichungen insgesamt in den Bauvertrag einbezogen und gegenüber einem Unternehmer, einer juristischen Person des öffentlichen Rechts oder einem öffentlich-rechtlichen Sondervermögen verwendet wurden.

War die VOB/B indes nicht vereinbart, konnte der Besteller nur solche Anordnungen treffen, die zur Erreichung einer funktionsgerechten und zweckentsprechenden Leistung notwendig sind. Nicht zur Herbeiführung des werkvertraglichen Erfolges notwendige Leistungsänderungen waren dann nur durch einen zweiseitigen *Änderungsvertrag* möglich; ein allgemeines *einseitiges* Anordnungsrecht des Bestellers war nicht anerkannt.<sup>2</sup>

In § 650b BGB hat der deutsche Gesetzgeber ein allgemeines Anordnungsrecht für den Besteller eines Bauvertrages gesetzlich neu eingeführt.

## 1. Voraussetzungen des Anordnungsrechts nach § 650b BGB

§ 650b BGB hat folgenden Wortlaut:

### § 650b – Änderung des Vertrags; Anordnungsrecht des Bestellers

(1) <sup>1</sup>Begehrt der Besteller

1. eine Änderung des vereinbarten Werkerfolgs (§ 631 Absatz 2) oder
2. eine Änderung, die zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig ist,

streben die Vertragsparteien Einvernehmen über die Änderung und die infolge der Änderung zu leistende Mehr- oder Mindervergütung an. <sup>2</sup>Der Unternehmer ist verpflichtet, ein Angebot über die Mehr- oder Mindervergütung zu erstellen, im Falle einer Änderung nach Satz 1 Nummer 1 jedoch nur, wenn ihm die Ausführung der Änderung zumutbar ist. <sup>3</sup>Macht der Unternehmer betriebsinterne Vorgänge für die Unzumutbarkeit einer Anordnung nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 geltend, trifft ihn die Beweislast hierfür. <sup>4</sup>Trägt der Besteller die Verantwortung für die Planung des Bauwerks oder der Außenanlage, ist der Unternehmer nur dann zur Erstellung eines Angebots über die Mehr- oder Mindervergütung verpflichtet, wenn der Besteller die für die Änderung erforderliche Planung vorgenommen und dem Unternehmer zur Verfügung gestellt hat. <sup>5</sup>Begehrt der Besteller eine Änderung, für die dem Unternehmer nach § 650c

<sup>1</sup> BGBl. I 2017, 969.

<sup>2</sup> Leupertz, in: Messerschmidt/Voit, Privates Baurecht, 2. Aufl. 2012, Teil I., Lit. K. Rn. 62f. auch zu den Gegenmeinungen.

Absatz 1 Satz 2 kein Anspruch auf Vergütung für vermehrten Aufwand zusteht, streben die Parteien nur Einvernehmen über die Änderung an; Satz 2 findet in diesem Fall keine Anwendung.

(2) <sup>1</sup>Erzielen die Parteien binnen 30 Tagen nach Zugang des Änderungsbegehrens beim Unternehmer keine Einigung nach Absatz 1, kann der Besteller die Änderung in Textform anordnen. <sup>2</sup>Der Unternehmer ist verpflichtet, der Anordnung des Bestellers nachzukommen, einer Anordnung nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 jedoch nur, wenn ihm die Ausführung zumutbar ist. <sup>3</sup>Absatz 1 Satz 3 gilt entsprechend.

Abbildung 1: Wortlaut des § 650b BGB

### 1.1.1. Wirksamer Bauvertrag

#### 1.1.2. Bauvertrag

Das Anordnungsrecht des Bestellers setzt einen Bauvertrag voraus, also einen «Vertrag über die Herstellung, die Wiederherstellung, die Beseitigung oder den Umbau eines Bauwerks, einer Aussenanlage oder eines Teils davon» (§ 650a Abs. 1 BGB) oder einen «Vertrag über die Instandhaltung eines Bauwerks [...], wenn das Werk für die Konstruktion, den Bestand oder den bestimmungsgemässen Gebrauch von wesentlicher Bedeutung ist» (§ 650a Abs. 2 BGB). Das Anordnungsrecht gilt auch für Verbraucherbauverträge (§ 650i Abs. 3 BGB) und Architekten- und Ingenieurverträge (§ 650q BGB), nicht aber für Bau-trägerverträge (§ 650u Abs. 2 BGB) oder sonstige Werkverträge. Erforderlich ist daher insbesondere eine Abgrenzung zwischen Bauverträgen und «einfachen» Werkverträgen mit Bauwerksbezug.

Zur Auslegung der Begriffe «Bauwerk» und «Aussenanlagen» verweist der Gesetzgeber auf die zu § 634a Abs. 1 BGB a.F.<sup>3</sup> bzw. § 648a BGB a.F. ergangene Rechtsprechung; die «Instandhaltung» soll wie in § 2 Abs. 9 HOAI und § 1 VOB/A zu verstehen sein.<sup>4</sup>

Eine Werkleistung «bei einem Bauwerk» i.S.d. § 634a Abs. 1 Nr. 2 BGB a.F. liegt vor, «wenn das Werk in der Errichtung oder der grundlegenden Erneuerung eines Gebäudes oder eines anderen Bauwerks besteht, wobei unter grundlegender Erneuerung Arbeiten zu verstehen sind, die insgesamt einer ganzen oder teilweisen Neuerrichtung gleichzuachten sind».<sup>5</sup> Legt man diese Definition auch für § 650a Abs. 1 BGB zugrunde, werden vom neuen Bauvertragsrecht nur «Substanzarbeiten» erfasst.<sup>6</sup>

Unternehmer einer Aussenanlage ist nach der Rechtsprechung ein Unternehmer, der mit gestalterischen Arbeiten betraut ist, die der Errichtung der Aussenanlage oder deren Bestand dienen.<sup>7</sup>

Ob – wie bei §§ 648, 648a BGB a.F. vertreten wird<sup>8</sup> – zudem eine Werterhöhung im Grundstück erforderlich ist oder nicht, lässt die Gesetzesbegründung offen.

Nach der Rechtsprechung des BGH sind Abbruch- und Rodungsarbeiten sowie eine isoliert beauftragte Beseitigung von Altlasten keine Bauwerksleistungen i.S.d. §§ 648, 648a BGB a.F.<sup>9</sup> bzw. des § 634a Abs. 1 Nr. 2 BGB a.F.<sup>10</sup> Da § 650a BGB jedoch auch die «Beseitigung [...] eines Bauwerks, einer Außenanlage oder eines Teils davon» als Bauvertragsleistung definiert, sind zumindest isoliert beauftragte Abbruch- und Rodungsarbeiten Bauleistungen im Sinne dieser Vorschrift.<sup>11</sup>

<sup>3</sup> BGH, Urteil v. 02.08.2016 – VII ZR 348/13 –, BauR 2016, 1478 = NJW 2016, 2876.

<sup>4</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 53.

<sup>5</sup> BGH, Urteil v. 20.12.2012 – VII ZR 182/10 –, BauR 2013, 596 = NJW 2013, 601.

<sup>6</sup> Leupertz, in: Prütting/Wegen/Weinreich, BGB, 12. Aufl. 2017, Anhang zu §§ 631-651, Rn. 6.

<sup>7</sup> BGH, Beschluss v. 24.02.2005 – VII ZR 86/04 –, BauR 2005, 1019 = NJW-RR 2005, 750.

<sup>8</sup> Jousen, in: Ingenstau/Korbion, VOB, 20. Aufl. 2017, Anh. 1 Rn, 151 f. m.w.N.; Voit, in: Bamberger/Roth, Beckscher Online-Kommentar, 42 Ed., Stand 01.02.2017, § 648a Rn. 3; Palandt-Sprau § 648a Rn. 7.

<sup>9</sup> BGH, Beschluss v. 24.02.2005 – VII ZR 86/04 –, BauR 2005, 1019 = NJW-RR 2005, 750

<sup>10</sup> BGH, Urteil v. 09.03.2004 – X ZR 67/01 –, BauR 2004, 1798.

<sup>11</sup> Damit stehen dem Unternehmer von Abbruch- und Rodungsarbeiten entgegen bisheriger Rechtsprechung des BGH jedenfalls ab dem 01.01.2018 auch die Sicherungsrechte der §§ 650e und 650f BGB zu (Sicherungshypothek bzw. Bauhandwerkersicherung).

### 1.1.3. Wirksamkeit

Das Anordnungsrecht setzt zudem einen *wirksamen* Bauvertrag voraus. Es besteht daher nicht, wenn der Bauvertrag beispielsweise aufgrund einer Schwarzgeldabrede insgesamt nichtig<sup>12</sup> ist.

## 1.2. Änderungsbegehren des Bestellers

Um eine Änderung des Bauvertrages anordnen zu können, muss der Besteller zunächst gegenüber dem Unternehmer nach Vertragsschluss den Wunsch äussern, den vereinbarten Werkerfolg oder – unter Beibehaltung des vereinbarten Werkerfolgs – die hierzu vereinbarten Leistungen zu ändern. § 650b BGB unterscheidet weder zwischen geänderten und zusätzlichen Leistungen noch zwischen «Änderungen des Bauentwurfs» (§ 1 Abs. 3 VOB/B) und «nicht vereinbarten Leistungen» bzw. «anderen Leistungen» (§ 1 Abs. 4 VOB/B). Das Gesetz schreibt für das Änderungsbegehren des Bestellers keine Form vor, jedoch wird zumindest Textform empfohlen.

Fraglich ist, ob das Änderungsbegehren des Bestellers auch Anordnungen zu den Baumständen und insbesondere zur Bauzeit umfasst. Bei § 1 Abs. 3 VOB/B ist dies sehr umstritten.<sup>13</sup> Dem Referentenentwurf liess sich durch Umkehrschluss aus § 650b Abs. 2 S. 3 BGB-RefE noch entnehmen, dass der Besteller jedenfalls bei «schwerwiegenden Gründen» auch Anordnungen zur Bauzeit treffen konnte.<sup>14</sup> Im Regierungsentwurf<sup>15</sup> ist dieser Passus zwar wieder weggefallen; dies allein lässt jedoch nicht den Rückschluss zu, dass der Besteller nach § 650b BGB keine Anordnungen zu den Baumständen treffen dürfe, zumal die Gesetzesbegründung hierzu keine Hinweise enthält.<sup>16</sup> Es empfiehlt sich daher, insoweit eine klarstellende vertragliche Regelung zu treffen.

## 1.3. Kein Einvernehmen

§ 650b Abs. 1 BGB geht hinsichtlich der Vertragsänderung zunächst vom *Konsensprinzip* aus und zielt vorrangig darauf ab, dass sich Besteller und Unternehmer über die Änderung des Bauvertrages und über die hierfür zu leistende Mehr- oder Mindervergütung einigen. Erfolgt die Einigung, wird hiermit der ursprüngliche Bauvertrag abgeändert und regelt fortan die geänderte Bau- und Vergütungsverpflichtung. Ein (einseitiges) Anordnungsrecht des Bestellers besteht dann nicht. Nur wenn sich die Vertragspartner über die Vertragsänderung nicht einigen, greifen die gesetzlichen Regelungen zum Anordnungsrecht gemäss § 650b Abs. 2 BGB sowie zur Vergütungsanpassung in § 650c BGB.

Der Unternehmer muss zunächst ein prüfbares Angebot über die Mehr- oder Mindervergütung erstellen, das bei zusätzlichen Leistungen deren Kosten umfasst und bei geänderten Leistungen durch eine Vergleichsberechnung die Mehr- oder Minderkosten ausweist. Ob der Unternehmer bei der Erstellung seines Angebotes die Vergütungsermittlungsgrundlagen des § 650c Abs. 1, 2 BGB zu beachten hat oder in seiner Preisfindung grundsätzlich frei ist, ergibt sich weder aus dem Gesetzestext noch aus seiner Begründung. Da § 650b Abs. 1 BGB jedoch vom Konsensprinzip ausgeht, ist der Unternehmer bei der Kalkulation seines Angebotes nach § 650b Abs. 1 S. 2 BGB – wie bei § 631 Abs. 1 BGB – in den Grenzen der §§ 138, 242 BGB frei.

<sup>12</sup> BGH, Urteil v. 16.03.2017 – VII ZR 197/16 –, BauR 2017, 1199 = NJW 2017, 1808; Urteil v. 11.06.2015 – VII ZR 216/14 –, BauR 2015, 1655 = NJW 2015, 2406; Urteil v. 10.04.2014 – VII ZR 241/13 –, BauR 2014, 1141 = NJW 2014, 1805.

<sup>13</sup> Bejahend: Wieseler, in: Preussner/Kandel/Jansen, Beck'scher Online-Kommentar VOB Teil B, 27. Edition 2017, § 1 Abs. 3 Rn. 18ff.; Keldungs, in: Ingenstau/Korbion, VOB, 20. Aufl. 2017, § 1 Abs. 3 Rn. 7 m.w.N.; Zanner/Keller NZBau 2004, 353; verneinend: von Rintelen, in: Kapellmann/Messerschmidt, VOB, 5. Aufl. 2015, § 1 Abs. 3 Rn. 54ff.; Thode ZfBR 2004, 214, 225.

<sup>14</sup> Referentenentwurf des Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz zum Entwurf eines Gesetzes zur Reform des Bauvertragsrechts und zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung vom 24.09.2015, Seiten 12 und 57, abrufbar unter [https://www.bmjv.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/Dokumente/RefE\\_Bauvertragsrecht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmjv.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/Dokumente/RefE_Bauvertragsrecht.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (Stand: 05.09.2018).

<sup>15</sup> BT-Drucks. 18/8486.

<sup>16</sup> Leupertz, in: Prütting/Wegen/Weinreich, BGB, 12. Aufl. 2017, Anhang zu §§ 631-651, Rn. 7.

Der Unternehmer braucht kein Angebot zu erstellen,

- wenn das Änderungsbegehren des Bestellers zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs nicht notwendig und dem Unternehmer die Ausführung der Änderung nicht zumutbar ist (§ 650b Abs. 1 S. 2 BGB),
- wenn der Besteller die Planungsverantwortung trägt und dem Unternehmer die geänderte Planung noch nicht zur Verfügung gestellt hat (§ 650b Abs. 1 S. 4 BGB) oder
- wenn die Änderung zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig ist und der Unternehmer die Planungsverantwortung trägt und deshalb gemäss § 650c Abs. 1 S. 2 BGB keinen Anspruch auf Vergütung für vermehrten Aufwand hat (§ 650b Abs. 1 S. 5 BGB).

#### 1.4. Fristablauf: 30 Tage

Der Besteller kann die Änderungen gemäss § 650b Abs. 2 BGB erst anordnen, wenn die Vertragspartner über die Änderung des Bauvertrages «binnen 30 Tagen nach Zugang des Änderungsbegehrens beim Unternehmer keine Einigung» erzielen. Der Besteller muss daher für eine Anordnung grundsätzlich die Frist abwarten.

Vor Ablauf der 30-Tagesfrist steht dem Besteller das Anordnungsrecht allenfalls dann zu, wenn der Unternehmer entsprechend § 281 Abs. 2 BGB ernsthaft und endgültig die Einigung verweigert oder wenn besondere Umstände vorliegen, die unter Abwägung der beiderseitigen Interessen eine sofortige Anordnung des Bestellers rechtfertigen (z.B. bei Gefahr in Verzug), wofür der Besteller die Darlegungs- und Beweislast trägt. Diese Ausnahme ist zwar nicht ausdrücklich gesetzlich geregelt, jedoch wäre dem Besteller in diesen Fällen ein weiteres Zuwarten unzumutbar.

#### 1.5. Form

Liegen die Voraussetzungen vor, kann der Besteller entscheiden, ob er die Änderung einseitig anordnet oder nicht. Die Anordnung gemäss § 650b Abs. 2 BGB ist eine *einseitige, empfangsbedürftige Willenserklärung*, die der *Textform* (§ 126b BGB) bedarf, d.h. unter Nennung der Person des Erklärenden und mindestens per E-Mail<sup>17</sup> versandt werden muss. Wird die Textform nicht eingehalten, ist die Anordnung nichtig und damit für den Unternehmer unbeachtlich (§ 125 S. 1 BGB).

Vertraglich können grundsätzlich strengere Formen vereinbart werden (z.B. Schriftform). Da die Textform gesetzliche Formvorschrift ist, ist die gesetzliche Form bei mündlichen oder konkludenten (= durch schlüssiges Verhalten) Anordnungen nicht gewahrt. Hat der Unternehmer nach einer mündlichen Anordnung des Bestellers gebaut und beruft sich der Besteller später auf die Formunwirksamkeit seiner Anordnung, kann dies im Einzelfall treuwidrig sein, wenn die Formnichtigkeit des vorgenommenen Rechtsgeschäfts zu einem schlechthin untragbaren Ergebnis führen würde.<sup>18</sup>

## 2. Rechtsfolgen einer Anordnung nach § 650b BGB

§ 650c BGB regelt die Rechtsfolgen einer Anordnung auf den Vergütungsanspruch des Unternehmers und hat folgenden Wortlaut:

### § 650c – Vergütungsanpassung bei Anordnungen nach § 650b Abs. 2

(1) <sup>1</sup>Die Höhe des Vergütungsanspruchs für den infolge einer Anordnung des Bestellers nach § 650b Absatz 2 vermehrten oder verminderten Aufwand ist nach den tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn zu ermitteln. <sup>2</sup>Umfasst die Leistungspflicht des Unternehmers auch die Planung des Bauwerks oder der Außenanlage, steht diesem im Fall des § 650b Absatz 1 Satz 1 Nummer 2 kein Anspruch auf Vergütung für vermehrten Aufwand zu.

<sup>17</sup> MüKo-Einsele, 7. Aufl. 2015, § 126b BGB Rn. 6 m.w.N.

<sup>18</sup> BGH, Urteil v. 16.07.2004 – V ZR 222/03 –, NJW 2004, 3330.

(2) <sup>1</sup>Der Unternehmer kann zur Berechnung der Vergütung für den Nachtrag auf die Ansätze in einer vereinbarungsgemäß hinterlegten Urkalkulation zurückgreifen. <sup>2</sup>Es wird vermutet, dass die auf Basis der Urkalkulation fortgeschriebene Vergütung der Vergütung nach Absatz 1 entspricht.

(3) <sup>1</sup>Bei der Berechnung von vereinbarten oder gemäß § 632a geschuldeten Abschlagszahlungen kann der Unternehmer 80 Prozent einer in einem Angebot nach § 650b Absatz 1 Satz 2 genannten Mehrvergütung ansetzen, wenn sich die Parteien nicht über die Höhe geeinigt haben oder keine anderslautende gerichtliche Entscheidung ergeht. <sup>2</sup>Wählt der Unternehmer diesen Weg und ergeht keine anderslautende gerichtliche Entscheidung, wird die nach den Absätzen 1 und 2 geschuldete Mehrvergütung erst nach der Abnahme des Werks fällig. <sup>3</sup>Zahlungen nach Satz 1, die die nach den Absätzen 1 und 2 geschuldete Mehrvergütung übersteigen, sind dem Besteller zurückzugewähren und ab ihrem Eingang beim Unternehmer zu verzinsen. <sup>4</sup>§ 288 Absatz 1 Satz 2, Absatz 2 und § 289 Satz 1 gelten entsprechend.

Abbildung 2: Wortlaut des § 650c BGB

## 2.1. Ausführung der geänderten Bauleistungen

Der Unternehmer ist verpflichtet, einer wirksamen Anordnung des Bestellers nach § 650b BGB nachzukommen, ausser die Anordnung ist zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs nicht notwendig, und dem Unternehmer ist die Ausführung der Änderung nicht zumutbar (§ 650b Abs. 2 S. 2 BGB). Der Besteller trägt die Beweislast für die Zumutbarkeit der Ausführung, ausser die Unzumutbarkeit ergibt sich aus betriebsinternen Vorgängen des Unternehmers (§ 650b Abs. 2 S. 3 i.V.m. Abs. 1 S. 3 BGB).

Der Gesetzeswortlaut lässt offen, ob und ggf. wann der Unternehmer seine Arbeiten bei Streitigkeiten über die Anordnung einstellen kann. Da jedoch auch der Unternehmer gemäss § 650d BGB jederzeit die Möglichkeit hat, eine einstweilige gerichtliche Klärung zu §§ 650b, 650c BGB herbeizuführen, ohne einen Verfügungsgrund glaubhaft machen zu müssen, werden streitige Anordnungen regelmässig kein Leistungsverweigerungsrecht des Unternehmers begründen.

## 2.2. Vergütung

### 2.2.1. Vereinbarte Vergütung

Haben sich die Vertragspartner gemäss § 650b Abs. 1 S. 1 BGB auf eine geänderte Vergütung geeinigt, haben sie den ursprünglichen Bauvertrag einvernehmlich abgeändert. Es gilt dann diese vereinbarte Vergütung, unabhängig davon, wie die Vertragspartner sie ermittelt haben. § 650c BGB findet in diesem Fall keine Anwendung. Abschlagszahlungen kann der Unternehmer nach der einvernehmlich geänderten Vergütung verlangen.

### 2.2.2. Anpassung der Vergütung nach § 650c BGB

Der Unternehmer kann seine Vergütung bei einer Anordnung des Bestellers gemäss § 650c BGB anpassen. Er kann sie entweder nach den tatsächlich erforderlichen Kosten zuzüglich Zuschlägen oder durch Rückgriff auf eine vereinbarungsgemäss hinterlegte Urkalkulation berechnen. Nach der Gesetzesbegründung steht dem Unternehmer für die Vergütungsberechnung insoweit ein Wahlrecht zu, das aber je Nachtrag nur einmal ausgeübt werden kann.<sup>19</sup>

#### 2.2.2.1. Tatsächlich erforderliche Kosten + Zuschläge

Ausgangspunkt der Vergütungsanpassung ist § 650c Abs. 1 S. 1 BGB. Hiernach wird die Vergütung des Unternehmers «nach den tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn» ermittelt. Nach § 2 Abs. 6 VOB/B würde dagegen das vereinbarte Vertragspreisniveau fortgeschrieben.

Der «geänderte Aufwand nach den tatsächlichen Kosten» entspricht der Differenz zwischen den Ist-Kosten aufgrund der Anordnung und den hypothetischen Kosten ohne die

<sup>19</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

Anordnung.<sup>20</sup> Da in der Vergütungsermittlung gemäss § 650c Abs. 1 S. 1 BGB die Gemeinkosten der Baustelle nicht erwähnt werden, aber nicht davon auszugehen ist, dass der Gesetzgeber diese Kosten von der Vergütungsermittlung ausnehmen wollte, umfassen die «Ist-Kosten» bzw. «hypothetischen Kosten» die jeweiligen *Herstellkosten*, also die Einzelkosten der Teilleistungen zuzüglich der Gemeinkosten der Baustelle.

Neben den «tatsächlich erforderlichen Kosten» kann der Unternehmer «angemessene Zuschläge für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn» verlangen. Wie der Unternehmer diese Zuschläge zu ermitteln hat und wann sie angemessen sind, lässt der Gesetzgeber ausdrücklich offen. Auch die Begriffe «allgemeine Geschäftskosten», «Wagnis» und «Gewinn» werden nicht definiert. Der Gesetzesbegründung ist zu entnehmen, dass ein blosser Verweis des Unternehmers auf seine Urkalkulation nicht ausreicht, um die Angemessenheit der Zuschläge darzulegen.<sup>21</sup> Dem Unternehmer ist bei der Vergütungsermittlung nach § 650c Abs. 1 BGB jedweder Rückgriff auf die Urkalkulation verwehrt. Dies soll das Preisrisiko für beide Vertragspartner begrenzen.<sup>22</sup>

### 2.2.2.2. Rückgriff auf die vereinbarungsgemäss hinterlegte Urkalkulation

Diese Unwägbarkeiten bei der Ermittlung der Vergütungsanpassung soll der Unternehmer umgehen können, wenn er gemäss § 650c Abs. 2 S. 1 BGB «für den Nachtrag auf die Ansätze in einer vereinbarungsgemäss hinterlegten Urkalkulation» zurückgreift. Gemäss § 650c Abs. 2 S. 2 BGB wird vermutet, dass die auf Grundlage der Urkalkulation fortgeschriebene Vergütung den «tatsächlich erforderlichen Kosten» nach § 650c Abs. 1 BGB entspricht, wobei der Besteller diese Vermutung widerlegen kann.<sup>23</sup>

§ 650c Abs. 2 BGB erwähnt den Begriff der «Urkalkulation», ohne ihn näher zu definieren. Die Gesetzesbegründung enthält einzig den konkretisierenden Hinweis, dass die Urkalkulation «ausreichend aufgeschlüsselt» sein müsse.<sup>24</sup> Unter Urkalkulation ist die in einem geschlossenen und i.d.R. versiegelten Umschlag verwahrte Fassung der Dokumentation und Offenlegung der Kalkulationsansätze (z.B. Mittellöhne, Material- und Hilfsmaterialqualitäten, deren Mengen- und Stückkosten, die Geräte- und Maschinendaten, Erschweris-, Minder- und Mehrmengenzuschläge, Zuschläge für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn etc.) zu verstehen, die ursächlich zu dem Angebotspreis führen und dem Angebot des Unternehmers zugrunde liegen.<sup>25</sup> Form und Inhalt einer Urkalkulation sind nicht normiert. Auch die Vorlage der Urkalkulation durch den Unternehmer ist weder gesetzlich noch in der VOB/B geregelt. § 650c Abs. 2 BGB setzt eine entsprechende vertragliche Regelung voraus («vereinbarungsgemäss hinterlegt»); einige Vertragsmuster der öffentlichen Hand enthalten bereits entsprechende Klauseln.<sup>26</sup>

Dem Unternehmer steht das Wahlrecht zwischen § 650c Abs. 1 und 2 BGB nicht zu, sondern er muss die geänderte Vergütung nach § 650c Abs. 1 BGB berechnen,

- wenn die hinterlegte Urkalkulation nicht «ausreichend aufgeschlüsselt» ist, denn dann ist eine Fortschreibung der Vergütung für den Nachtrag nicht möglich,
- wenn im Bauvertrag die Hinterlegung der Urkalkulation nicht geregelt oder sogar ausgeschlossen wurde,
- wenn der Unternehmer eine Urkalkulation überhaupt nicht erstellt hat, denn auf eine plausible Nachkalkulation, wie sie das OLG Düsseldorf für die Schlüssigkeit eines Mehrvergütungsanspruchs bei Nachträgen nach § 1 VOB/B gefordert hat,<sup>27</sup> kann der Unternehmer bei § 650c Abs. 3 BGB nicht zurückgreifen, da sie nicht «vereinbarungsgemäss hinterlegt» wurde oder

<sup>20</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>21</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>22</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>23</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>24</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>25</sup> Kommunalpolitischer Leitfaden, Bd. 4 (Rechnungsprüfung), Ziff. 3.2.5.

<sup>26</sup> Z.B. Zusätzliche Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen im Straßen- und Brückenbau – ZVB/E-StB 2014 – Lit. A. Ziff. 1.1.

<sup>27</sup> OLG Düsseldorf, Urteil v. 21.11.2014 – 22 U 37/14 –, BauR 2015, 494.

- wenn die Urkalkulation für eine der geänderten Leistungen keinen Preis enthält, denn dann kann der Unternehmer die Vergütung für diese Leistung nur nach § 650c Abs. 1 BGB berechnen. Da der Unternehmer die Wahl zwischen § 650c Abs. 1 und 2 BGB für jeden Nachtrag nur einmal treffen kann, muss er die Vergütung dann für den gesamten Nachtrag nach den «tatsächlich erforderlichen Kosten» zuzüglich Zuschlägen ermitteln; ein Rückgriff auf die Urkalkulation wäre nur dann denkbar, wenn der Unternehmer auf eine Vergütung für die Leistungen verzichtet, für die die Urkalkulation keine Preise enthält.

Haben sich die allgemeinen Geschäftskosten im Zeitpunkt der Anordnung gegenüber dem Vertragsschluss erhöht, kann der Unternehmer diese Kostenerhöhung nur dann berücksichtigen, wenn er seine Vergütung nach § 650c Abs. 1 BGB ermittelt.<sup>28</sup>

### 2.2.3. Ausschluss der Mehrvergütung

Ist die Anordnung des Bestellers zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig und obliegt dem Unternehmer auch die Planung des Bauwerks/der Aussenanlage, hat der Unternehmer gemäss § 650c Abs. 1 S. 2 BGB grundsätzlich keinen Anspruch auf Vergütung vermehrten Aufwandes.

§ 650 c Abs. 1 S. 2 BGB führt bei Unternehmern, die vertraglich zusätzlich zu den Bauleistungen auch die Planung übernommen haben, regelmässig zu untragbaren Ergebnissen, weil der Verlust jedweden Mehrvergütungsanspruchs nicht einmal einen Planungsfehler voraussetzt und unterstellt wird, dass der auch planende Unternehmer vertraglich stets alle Planungs-, Bau- und Vergütungsrisiken übernommen habe.<sup>29</sup> Der Ausschluss der Vergütung nach § 650c Abs. 1 S. 2 BGB erscheint allenfalls dann plausibel, wenn der Unternehmer (insbesondere bei einem Globalpauschalvertrag) nicht nur die Planungs- und Bauleistungen, sondern auch das Vergütungsrisiko für deren Mangelfreiheit sowie das Massen- und Mengenrisiko vollständig übernommen hat; trägt der Unternehmer dagegen (wie beim Detailpauschal- oder Einheitspreisvertrag) diese Risiken nicht, kann ihm in diesen Fällen ein Mehrvergütungsanspruch schlechterdings nicht verwehrt werden, weil das Vergütungsrisiko beim Besteller liegt. Dieser könnte den Unternehmer trotz Planungsfehlern zudem regelmässig auch nicht auf Schadensersatz in Anspruch nehmen, weil die Mehrkosten entweder Sowieso-Kosten sind oder zu einer entsprechenden Wertsteigerung des Objektes führen, so dass nach den Grundsätzen der Vorteilsausgleichung ein Schaden gar nicht erst entsteht.<sup>30</sup> Hier ist daher eine Korrektur durch Rechtsprechung und Gesetzgeber geboten.

Ein Anspruch des Bestellers auf eine Mindervergütung bleibt in den Fällen des § 650b Abs. 1 S. 2 BGB unberührt.

## 2.3. Fälligkeit von Abschlagszahlungen

Haben sich die Vertragspartner über die Höhe der Vergütung der Anordnung geeinigt, findet § 650c BGB keine Anwendung, und es gilt der nachträglich geänderte Werklohn, der nach Abnahme und Schlussrechnungslegung fällig wird (§ 641 Abs. 1 S. 1 i.V.m. § 650g Abs. 4 Nr. 2 BGB). Vor der Abnahme kann der Unternehmer Abschlagszahlungen (z.B. gemäss § 632a BGB) auf den geänderten Werklohn verlangen.

Haben sich die Vertragspartner jedoch über die Höhe der Vergütung für die Anordnung des Bestellers nicht geeinigt und ergeht auch keine anders lautende gerichtliche Entscheidung, kann der Unternehmer (vorläufig pauschaliert) für Abschlagsrechnungen 80 % der von ihm nach § 650b Abs. 1 S. 2 BGB angebotenen Mehrvergütung ansetzen (§ 650c Abs. 3

<sup>28</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>29</sup> Beispiel: Der Besteller beauftragt den Unternehmer durch Detailpauschalpreisvertrag mit der Errichtung eines Bauvorhabens. Das Bodengutachten des Bestellers weist die Bodenklassen 1 – 5 aus. Der Unternehmer plant auf Grundlage dieses Bodengutachtens und beginnt mit dem Bau. Es stellt sich heraus, dass die Bodenklassen 6 – 7 vorliegen, die zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen. Nach § 650c Abs. 1 S. 2 BGB könnte der Unternehmer keine Mehrvergütung verlangen, wenn der Besteller die zusätzlichen Maßnahmen anordnet, denn er trägt die Planungsverantwortung, und die Änderung ist zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig.

<sup>30</sup> BGH, Urteil v. 21.05.2015 – VII ZR 190/14 –, BauR 2015, 1515 = NJW-RR 2015, 1048.

S. 1 BGB).<sup>31</sup> Gemäss § 650c Abs. 3 S. 2 BGB wird die nach § 650c Abs. 1 und 2 BGB geschuldete Mehrvergütung „erst nach der Abnahme des Werks fällig“. Diese Rechtsfolge scheint sich bereits aus § 641 Abs. 1 S. 1 BGB zu ergeben. Die Bedeutung des § 650c Abs. 3 S. 2 BGB erschliesst sich erst auf den zweiten Blick:

Diese Vorschrift stellt zunächst klar, dass die Vergütung gemäss § 650c Abs. 1 und 2 BGB grundsätzlich<sup>32</sup> erst nach der Abnahme «des Werks» fällig wird, wobei unter «Werk» insoweit das *Gesamtwerk* zu verstehen ist, also die vertraglich beauftragten und die einseitig angeordneten Werkleistungen. Auch wenn die angeordnete Leistung daher gesondert abgenommen werden könnte, soll die Fälligkeit der Vergütung erst mit der Gesamtabnahme eintreten.

Die weitere Bedeutung des § 650c Abs. 3 S. 2 BGB erschliesst sich in einer Gesamtschau der Abs. 1 – 3: Die Abs. 1 und 2 haben die Höhe des dem Unternehmer für den Nachtrag zustehenden Werklohns zum Gegenstand, der gemäss § 650c Abs. 3 S. 2 BGB «erst nach der Abnahme des Werks» und Schlussrechnungslegung (§ 650g Abs. 4 Nr. 2 BGB) fällig wird. Dies hat Bedeutung für den Anspruch des Unternehmers auf Abschlagszahlungen: Gemäss § 632a Abs. 1 S. 1 BGB kann der Unternehmer «von dem Besteller eine Abschlagszahlung in Höhe des Wertes der von ihm erbrachten und nach dem Vertrag geschuldeten Leistungen verlangen». Der Wert der erbrachten Leistungen bemisst sich nach dem vereinbarten Werklohn.<sup>33</sup> Da § 650c BGB aber nur zur Anwendung gelangt, wenn der Besteller die Änderung angeordnet hat, sich die Vertragspartner also gerade nicht auf eine geänderte Vergütung geeinigt haben, schuldet der Unternehmer zwar die geänderten Leistungen, jedoch haben sich die Mehrkosten mangels Einigung noch nicht im vereinbarten Werklohn niedergeschlagen. Auch auf § 650c Abs. 1 und 2 BGB kann der Unternehmer für die Berechnung der Abschlagszahlungen nicht zurückgreifen, weil die hiernach berechnete Vergütung nicht zwischen den Vertragspartnern vereinbart ist<sup>34</sup> und sie gemäss § 650c Abs. 3 S. 2 BGB erst nach der Abnahme oder aufgrund einer «anderslautende gerichtliche Entscheidung» fällig wird.

Um die Liquidität des Unternehmers und den Zahlungsfluss an ihn auch bei Anordnungen des Bestellers nach § 650b Abs. 2 BGB sicherzustellen, gewährt § 650c Abs. 3 S. 1 BGB dem Unternehmer deshalb bis zu einer «anderslautenden gerichtlichen Entscheidung» einen Anspruch auf Abschlagszahlungen, den er *vorläufig* mit 80 % seines Angebotspreises ansetzen kann.<sup>35</sup>

Abschlagszahlungen kann der Unternehmer die nach § 650c Abs. 1 und 2 BGB berechnete Vergütung daher ausschliesslich dann zugrunde legen, wenn eine gerichtliche Entscheidung hierzu ergeht oder sich die Vertragspartner hierauf geeinigt haben (§ 650c Abs. 3 S. 1 BGB).

§ 650c Abs. 3 S. 3 BGB stellt schliesslich klar, dass der Unternehmer Überzahlungen zurück zu gewähren hat. Um Unternehmern den Anreiz für überhöhte Angebote/Abschlagsrechnungen zu nehmen, sind die überzahlten Beträge ab Eingang der (Über)Zahlung beim Unternehmer entsprechend der Verzugszinsregelungen zu verzinsen, und zwar unabhängig davon, ob den Unternehmer an der Überzahlung ein Verschulden trifft oder nicht (Rechtsfolgenverweisung).

Überhaupt erscheint das Zusammenspiel von § 650c Abs. 3 S. 1 und 3 BGB nicht ausgewogen: Da der Unternehmer bei der Erstellung seines Angebotes nicht an die Vorgaben des § 650c Abs. 1, 2 BGB gebunden ist, kann er bestrebt sein, einen höheren Preis als die «tatsächlich erforderlichen Kosten» anzubieten. Bietet der Unternehmer die begehrte

<sup>31</sup> Beachte: Beim Verbrauchervertrag kann der Unternehmer wegen § 650m Abs. 1 BGB nur 90 % dieser 80 %, mithin 72 % verlangen.

<sup>32</sup> Ausnahme: Es ergeht eine „anderslautende gerichtliche Entscheidung“.

<sup>33</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 47.

<sup>34</sup> Die Entscheidung des BGH, Beschluss v. 24.05.2012 – VII ZR 34/11 –, BauR 2012, 1395 = NJW-RR 2012, 981, wonach der Auftragnehmer eines VOB/B-Vertrages berechtigt ist, auch dann Abschlagszahlungen für eine vom Auftraggeber geforderte zusätzliche Leistung zu verlangen, wenn sich die Vertragspartner über die Höhe der Vergütung nicht geeinigt haben, steht dem nicht entgegen, weil der Vergütungsanspruch nach § 2 Abs. 5, 6 VOB/B anders als der nach § 650c Abs. 1, 2 BGB sofort fällig wird.

<sup>35</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 58; BT-Drucks. 18/11437, S. 48.



Änderung beispielsweise zu 125 % der tatsächlich erforderlichen Kosten an und einigen sich die Vertragspartner nicht auf diesen Preis, kann der Unternehmer gemäss § 650c Abs. 3 S. 1 BGB Abschlagszahlungen auf Grundlage von 80 % des Angebotspreises berechnen, in dem gewählten Beispiel also in Höhe von 100 % der tatsächlich erforderlichen Kosten.<sup>36</sup> Eine «anderslautende gerichtliche Entscheidung» hat der Unternehmer nicht zu fürchten, wenn er in dem Verfahren die nach § 650c Abs. 1 BGB ermittelten tatsächlich erforderlichen Kosten belegen kann. Nach der Abnahme hat der Unternehmer auch keine Rückzahlungs- und Verzinsungsansprüche des Bestellers nach § 650c Abs. 3 S. 3 BGB zu fürchten, da er nicht überzahlt wurde.

### 3. Abdingbarkeit der §§ 650b, 650c BGB

Mit der Neueinführung des gesetzlichen Bauvertragsrechts stellt sich für die Kautelarpraxis die Frage, ob und in wie weit die §§ 650b – 650d BGB in Allgemeinen Vertragsbedingungen abbedungen werden können. Denkbar wäre beispielsweise, das Anordnungsrecht des Bestellers einzuschränken oder abzubedingen, die Frist des § 650b Abs. 2 BGB zu verkürzen oder zu verlängern, die Vergütungsanpassung abweichend von § 650c BGB zu regeln (z.B. Fortschreibung des Vertragspreisniveaus wie in § 2 VOB/B) oder dem Besteller und nicht dem Unternehmer die Wahl zwischen § 650c Abs. 1 und 2 BGB zu geben. Die AGB-rechtliche Zulässigkeit dieser Änderungen wird die Gerichte die kommenden Jahre beschäftigen.

Bei der Abfassung allgemeiner Geschäftsbedingungen stellt sich insbesondere die Frage, ob die §§ 650a ff. BGB gesetzliche Leitbilder enthalten, denn gemäss § 307 Abs. 1 S. 1, Abs. 2 Nr. 1 BGB wird eine unangemessene Benachteiligung vermutet, wenn die Klausel «mit wesentlichen Grundgedanken der gesetzlichen Regelung, von der abgewichen wird, nicht zu vereinbaren ist».

Leitbildcharakter hat insbesondere § 650c BGB. In der Gesetzesbegründung des Regierungsentwurfs zu § 650c Abs. 4 BGB-RegE hat der Gesetzgeber ausgeführt:<sup>37</sup>

«Vereinbaren die Parteien sonstige Abweichungen von der VOB/B oder machen sie von deren Öffnungsklauseln Gebrauch, schliesst dies die Privilegierung nicht aus. Mit dieser Regelung soll ermöglicht werden, [dass] die im Rahmen von VOB/B-Verträgen seit vielen Jahren praktizierte und von den Beteiligten auch akzeptierte Praxis der Preisfortschreibung fortgeführt werden kann, obwohl sie vom gesetzlichen Leitbild des § 650c BGB-E abweicht.»

Zwar hat der Gesetzgeber § 650c Abs. 4 BGB-RegE nicht umgesetzt, jedoch enthält § 650c Abs. 1 – 3 BGB keine Abweichungen zu § 650c Abs. 1 – 3 BGB-RegE, die Zweifel am Leitbildcharakter dieser Vorschriften begründen würden. Die Kautelarpraxis wird sich daher darauf einstellen müssen, dass § 650c BGB ein gesetzliches Leitbild ist.

Im Zusammenhang mit Verbraucherbauverträgen stellt sich zudem die Frage, ob überhaupt Abweichungen von §§ 650b, 650c BGB zu Lasten des Verbrauchers auch in Individualvereinbarungen zulässig sind, denn § 650o BGB erklärt abweichende Vereinbarungen u.a. von § 650i BGB für unwirksam. § 650i Abs. 3 BGB verweist auf die bauvertraglichen Vorschriften der §§ 650a – 650h BGB («[...] gelten ergänzend»), so dass in Verbraucherbauverträgen möglicherweise auch Abweichungen von §§ 650b, 650c BGB unzulässig sein könnten. Allerdings ist anzunehmen, dass der Gesetzgeber in § 650o BGB nicht nur § 640 Abs. 2 S. 2 BGB, sondern auch die §§ 650a – 650h BGB erwähnt hätte, wenn diese von dem Verbot abweichender vertraglicher Regelungen erfasst werden sollten.

<sup>36</sup> Orłowski ZfBR 2016, 419, 427.

<sup>37</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 57.

## 4. Isolierte Inhaltskontrolle der §§ 1 Abs. 3, 4; 2 Abs. 5, 6 VOB/B 2016

Für die VOB/B in ihrer aktuellen Fassung vom 07.01.2016<sup>38</sup> stellt sich die Frage, ob die §§ 1, 2 VOB/B ab dem 01.01.2018 noch einer isolierten Inhaltskontrolle standhalten.

Ist die VOB/B als Ganzes gegenüber einem Unternehmer, einer juristischen Person des öffentlichen Rechts oder einem öffentlich-rechtlichen Sondervermögen vereinbart, ist sie gemäss § 310 Abs. 1 S. 3 BGB privilegiert und unterliegt mit ihren Bestimmungen keiner Inhaltskontrolle der §§ 307 Abs. 1, 2; 308 Nr. 1a, 1b BGB. An dieser Privilegierung ändert die Einführung der §§ 650b – 650d BGB zum 01.01.2018 nichts.

Ist die VOB/B nicht als Ganzes vereinbart oder zwar als Ganzes, jedoch nicht gegenüber dem in § 310 Abs. 1 S. 3 BGB genannten Personenkreis vereinbart, unterliegen ihre Bestimmungen, die die Rechtsnatur allgemeiner Vertragsbedingungen haben (§ 1 Abs. 2 Nr. 6 VOB/B),<sup>39</sup> der Inhaltskontrolle der §§ 305 ff. BGB.

Bislang ist herrschende Meinung, dass §§ 1 Abs. 3<sup>40</sup> und 4<sup>41</sup> mit den zugehörigen Vergütungsanpassungsregelungen des § 2 VOB/B einer isolierten AGB-Inhaltskontrolle standhalten. Es erscheint jedoch sehr zweifelhaft, ob diese herrschende Meinung unter Geltung der §§ 650b – 650d BGB aufrecht gehalten werden kann:

§ 650b BGB regelt das Anordnungsrecht des Bestellers grundlegend anders als § 1 Abs. 3, 4 VOB/B. Nach § 650b BGB muss der Unternehmer Anordnungen des Bestellers nachkommen, ausser sie sind nicht zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig und ihre Umsetzung ist für den Unternehmer nicht zumutbar. Nach § 1 Abs. 4 VOB/B kann der Unternehmer zur Ausführung der vertraglichen Leistung erforderliche, aber nicht vereinbarte Leistungen verweigern, «wenn sein Betrieb auf derartige Leistungen nicht eingerichtet ist»; ändert der Besteller den Bauentwurf (§ 1 Abs. 3 VOB/B) steht dem Unternehmer dieses Leistungsverweigerungsrecht nicht zu. Gegenüber § 650b BGB ist § 1 Abs. 4 VOB/B daher einerseits enger, § 1 Abs. 3 VOB/B dagegen teilweise weiter. Dies könnte zur Folge haben, dass § 1 Abs. 3, 4 VOB/B einer isolierten Inhaltskontrolle bei Geltung der §§ 650b – 650d BGB nicht mehr standhält.

Die Anordnungsrechte nach § 1 VOB/B sind bei einer Inhaltskontrolle stets im Zusammenhang mit den Vergütungsregelungen des § 2 Abs. 5, 6 VOB/B zu sehen. In § 650c BGB hat sich der Gesetzgeber deutlich von der Fortschreibung des Vertragspreisniveaus abgekehrt und stellt massgeblich auf die tatsächlich erforderlichen Kosten zuzüglich angemessener Zuschläge ab. § 2 Abs. 5, 6 VOB/B dagegen zementiert das vereinbarte Vertragspreisniveau für alle Nachträge getreu der Korbion'schen Faustformel<sup>42</sup> «Guter Preis bleibt guter Preis, schlechter Preis bleibt schlechter Preis». Wie vorstehend unter Ziffer 3. ausgeführt, enthält § 650c BGB ein gesetzliches Leitbild,<sup>43</sup> von dessen wesentlichen Grundgedanken § 2 Abs. 5, 6 VOB/B unvereinbar abweicht.

Es spricht daher derzeit Vieles dafür, dass §§ 1 Abs. 3, 4; 2 Abs. 5, 6 VOB/B jedenfalls ab dem 01.01.2018 einer isolierten Inhaltskontrolle nicht mehr standhalten werden. Der Hauptausschuss Allgemeines (HAA) des Deutsche Vergabe- und Vertragsausschusses für Bauleistungen (DVA) hatte in sein Arbeitsprogramm für 2017/2018 zwar zunächst die «Überprüfung der VOB/B im Hinblick auf das Gesetz zur Reform des Bauvertragsrechts»

<sup>38</sup> Bekanntmachung vom 31.07.2009, BAnz. Nr. 155 vom 15.10.2009), geändert durch Bekanntmachung vom 26.06.2012 (BAnz AT 13.07.2012 B3), zuletzt geändert durch Bekanntmachung vom 07.01.2016 (BAnz AT 19.01.2016 B3).

<sup>39</sup> BGH, Urteil v. 24.07.2008 – VII ZR 55/07 –, BauR 2008, 1603 m.w.N.; Urteil v. 14.01.1971 – VII ZR 3/69 –, BauR 1971, 124 = BGHZ 55, 198 (Grundsatzurteil).

<sup>40</sup> Von Rintelen, in: Kapellmann/Messerschmidt, VOB/B, § 1 Rn. 101ff.; Jansen, in: Beck'scher VOB-Kommentar, § 1 Abs. 3 VOB/B Rn. 112ff. jeweils m.w.N.

<sup>41</sup> BGH, Urteil v. 25.01.1996 – VII ZR 233/94 –, BauR 1996, 378.

<sup>42</sup> Korbion/Hochstein, VOB-Vertrag, 2. Aufl. 1979, Rn. 286.

<sup>43</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 57.

aufgenommen, dann aber mit Beschluss vom 18.01.2018 mehrheitlich beschlossen, die VOB/B «zunächst unverändert zu lassen»:<sup>44</sup>

«Der HAA präferiert eine Weiterentwicklung der VOB/B, hält es jedoch für erforderlich, zunächst die aktuelle Diskussion zum BGB-Bauvertrag in der Fachwelt und die Rechtsprechung zu beobachten. Neuregelungen in der VOB/B wären zum aktuellen Zeitpunkt verfrüht: Die Praxis müsste sich zeitgleich zum Inkrafttreten des gesetzlichen Bauvertragsrechts im BGB auch auf eine veränderte VOB/B einstellen, die erforderliche Rechtssicherheit neuer VOB/B-Regelungen wäre mangels gesicherter Auslegung des BGB-Bauvertrags jedoch nicht gewährleistet.

Der HAA wird die Entwicklung der Rechtsprechung zum neuen gesetzlichen Bauvertragsrecht, insbesondere unter AGB-rechtlichen Aspekten, verfolgen und daraus ggf. Veränderungsbedarf in der VOB/B ableiten.»

## 5. Einstweiliger Rechtsschutz (§ 650d BGB)

§ 650d BGB gibt den Bauvertragsparteien die Möglichkeit, Streitigkeiten über das Anordnungsrecht des Bestellers (§ 650b BGB) und seine Vergütungsfolgen (§ 650c BGB) unter erleichterten Voraussetzungen zum Gegenstand einer Einstweiligen Verfügung zu machen. § 650d BGB lautet wie folgt:

### § 650d – Einstweilige Verfügung

Zum Erlass einer einstweiligen Verfügung in Streitigkeiten über das Anordnungsrecht gemäß § 650b oder die Vergütungsanpassung gemäß § 650c ist es nach Beginn der Bauausführung nicht erforderlich, dass der Verfügungsgrund glaubhaft gemacht wird.

Abbildung 3: Wortlaut des § 650d BGB

### 5.1. Glaubhaftmachung des Verfügungsanspruchs

Zunächst muss der Verfügungsanspruch glaubhaft gemacht werden. Für sein Anordnungsrecht nach § 650b Abs. 2 BGB muss der Besteller z.B. glaubhaft machen, dass ein wirksamer Bauvertrag vorliegt, dass er gegenüber dem Unternehmer eine Änderung dieses Bauvertrages begehrt hat, dass sich die Vertragspartner binnen 30 Tagen nicht auf die Änderung des Bauvertrages und der Vergütung einigen können, dass eine konkrete Änderung des Bauvertrages in Textform angeordnet wurde und dass die Ausführung der Änderung für den Unternehmer zumutbar ist, sollte die Änderung nicht zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig sein.

Will der Unternehmer seinen Vergütungsanspruch nach § 650c Abs. 1 oder 2 BGB gerichtlich durch einstweilige Verfügung festgestellt wissen, muss er glaubhaft machen, dass ein wirksamer Bauvertrag geschlossen wurde, dass der Besteller wirksam eine Änderung des Bauvertrages nach § 650b Abs. 2 BGB angeordnet hat und dass die Voraussetzungen des § 650c Abs. 1 oder 2 BGB vorliegen.

Zur Glaubhaftmachung genügt im Rahmen einer einstweiligen Verfügung ein geringerer Überzeugungswert des Beweises. Mittel der Glaubhaftmachung sind die Bezugnahme auf bereits im Hauptsacheverfahren ergangene Urteile<sup>45</sup>, eidesstattliche Versicherungen<sup>46</sup> der Partei oder Dritter und anwaltliche Versicherungen<sup>47</sup> sowie der Vollbeweis durch präsen- te Beweismittel, z.B. die Vorlage von Urkunden oder Gutachten,<sup>48</sup> oder die Vernehmung präsen- ter Sachverständiger<sup>49</sup> oder Zeugen in der mündlichen Verhandlung.

<sup>44</sup> Abrufbar unter [http://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Bauwesen/beschluss\\_vobb\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bauwesen/beschluss_vobb_bf.pdf) (Stand: 05.09.2018).

<sup>45</sup> Hartmann, in: Baumbach / Lauterbach / Albers / Hartmann, ZPO, 75. Aufl. 2017, § 920 Rn. 15.

<sup>46</sup> BayObLG, Urteil v. 23.02.1995 – 5 St RR 79/94 –, NJW 1996, 406; OLG Celle, Beschluss v. 12.06.1986 – 2 W 34/86 –, NJW-RR 1987, 447.

<sup>47</sup> OLG München, Beschluss v. 25.07.1985 – 11 W 1867/85 –, MDR 1985, 1037 = JurBüro 1986, 66.

<sup>48</sup> OLG Köln, Urteil v. 25.03.1981 – 2 U 3/81 –, NJW 1982, 390.

<sup>49</sup> OLG Düsseldorf, Beschluss v. 19.12.1980 – 10 W 99/80 –, DB 1981, 785.

## 5.2. Glaubhaftmachung des Verfügungsgrundes

Eine einstweilige Verfügung hat nach §§ 935, 940 ZPO nur dann Erfolg, wenn der Antragsteller auch einen Verfügungsgrund glaubhaft macht. Hiervon abweichend bestimmt § 650d BGB, dass es «nach Beginn der Bauausführung» nicht erforderlich ist, einen Verfügungsgrund für einstweilige Verfügungen zu §§ 650b, 650c BGB glaubhaft zu machen. Hierbei handelt es sich um eine *widerlegbare Vermutung*.<sup>50</sup>

Der Gesetzgeber betritt insoweit kein Neuland; ähnliche Fälle, in denen eine Gefährdung im Rahmen des Verfügungsgrundes nicht glaubhaft gemacht zu werden braucht, finden sich beispielsweise bei der Anordnung der Eintragung einer Vormerkung oder eines Widerspruchs in das Grundbuch bzw. Schiffsregister gemäss §§ 885 Abs. 1 S. 2, 899 Abs. 2 S. 2 BGB, bei der Zuordnung eines Widerspruchs zu einer GmbH-Gesellschafterliste gemäss § 16 Abs. 3 S. 5 GmbHG oder bei Sicherungsverfügungen gemäss § 12 Abs. 2 UWG, §§ 2, 5 UKlaG i.V.m. § 12 Abs. 2 UWG oder § 42a Abs. 6 S. 2 UrhG.

Auch wenn gemäss § 650d BGB der Verfügungsgrund vermutet wird, muss das Gericht den Verfügungsgrund prüfen.<sup>51</sup> Kann der Antragsgegner die Vermutung widerlegen, muss der Antragsteller den Verfügungsgrund glaubhaft machen. Die Vermutung ist widerlegt,

- wenn ein vollstreckbarer Titel, der nicht nur gegen Sicherheitsleistung vollstreckbar ist, vorliegt, der seinem Inhalt nach das Sicherheitsbedürfnis des Antragstellers entfallen lässt, weil er dieses abdeckt,<sup>52</sup>
- wenn der Antragsgegner das Nichtbestehen eines Verfügungsgrundes glaubhaft gemacht hat<sup>53</sup> sowie
- insbesondere in den Fällen der sogenannten *Selbstwiderlegung*.<sup>54</sup> Hier wird man die Rechtsprechung zur Eintragung einer Bauhandwerkersicherungshypothek nach § 648 Abs. 1 BGB a.F. / § 650e BGB entsprechend heranziehen können, denn auch nach § 885 Abs. 1 S. 2 BGB braucht ein Verfügungsgrund nicht glaubhaft gemacht zu werden. Jedoch kann die Vermutung des Verfügungsgrundes dadurch widerlegt werden, dass der Unternehmer mit dem Antrag auf Erlass der einstweiligen Verfügung ohne sachlichen Grund geraume Zeit zuwartet<sup>55</sup> oder die Vollziehungsfrist des § 929 III 2 ZPO ohne nachvollziehbaren Grund versäumt und einen neuen Antrag stellt, weil er damit regelmässig zu erkennen gibt, dass die Angelegenheit nicht eilbedürftig ist.<sup>56</sup> Die gesetzliche Vermutung des Verfügungsgrundes kann jedoch wieder aufleben, wenn sich die Umstände wesentlich ändern.<sup>57</sup>

Es stellt sich die Frage, ob einstweilige Verfügungen auch dann nach § 650d BGB privilegiert werden, wenn sie nicht Anordnungs-/Vergütungsanpassungsansprüche nach §§ 650b, 650c BGB, sondern nach §§ 1, 2 VOB/B zum Gegenstand haben. Dagegen spricht jedoch der Wortlaut des § 650d BGB, der ausdrücklich (nur) auf das «Anordnungsrecht gemäß § 650b» und die «Vergütungsanpassung gemäß § 650c» Bezug nimmt.

<sup>50</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 58.

<sup>51</sup> MüKo-Drescher, 5. Aufl. 2016, ZPO, § 935 Rn. 22.

<sup>52</sup> Grunsky, in: Stein/Jonas, 22. Aufl. 2002, Bd. 9, ZPO, § 935 Rn. 14.

<sup>53</sup> MüKo-Drescher, 5. Aufl. 2016, ZPO, § 935 Rn. 23 m.w.N.

<sup>54</sup> MüKo-Drescher, 5. Aufl. 2016, ZPO, § 935 Rn. 18ff.

<sup>55</sup> OLG Celle, Urteil v. 05.03.2015 – 13 U 12/15 –, BauR 2015, 1195 = NJOZ 2015, 1043 (14 Monate nach Schlussrechnungslegung); OLG Düsseldorf, Urteil v. 05.02.2013 – I-21 U 123/12 –, NZBau 2013, 507 = NJW-RR 2013, 798 (25 Monate); OLG Hamm, Urteil v. 04.11.2003 – 21 U 44/03 –, BauR 2004, 872 = NJW-RR 2004, 379 (mehr als 1½ Jahre); OLG Celle, Urteil v. 27.02.2003 – 14 U 116/02 –, BauR 2003, 1439 (neun Monate); OLG Düsseldorf, Urteil v. 10.12.1999 – 22 U 170/99 –, BauR 2000, 921 = NJW-RR 2000, 825 (neun Monate); OLG Koblenz, Beschluss v. 27.04.2007 – 5 W 309/07 –, BauR 2007, 1619 (keine Selbstwiderlegung bei ernsthaft wirkenden Zahlungsversprechen des Bauherrn).

<sup>56</sup> OLG Celle, Beschluss v. 30.08.2012 – 5 W 42/12 –, BauR 2013, 128; a.A. OLG Hamburg, Urteil v. 04.05.2012 – 8 U 5/12 –, BauR 2012, 1442 = MDR 2012, 1249, wenn die Vollziehungsfrist nur um wenige Tage überschritten und der Antragsteller sich zeitnah um den Erlass einer zweiten einstweiligen Verfügung bemüht.

<sup>57</sup> OLG Hamburg, Urteil v. 11.08.2005 – 5 U 19/05 –, NJOZ 2005, 4308 = WRP 2005, 1301.

### 5.3. Vollziehung

Einstweilige Verfügungen werden i.d.R. durch Zustellung im Parteibetrieb innerhalb der Frist des § 929 Abs. 2 ZPO (ein Monat) vollzogen; eine Zustellung im Amtsbetrieb ist nicht ausreichend.<sup>58</sup> Versäumt der Antragsteller diese Vollziehungsfrist, wird die einstweilige Verfügung gegenstandslos und ihre Vollziehung unstatthaft.

## 6. Zusammenfassung

Die Entscheidung des Gesetzgebers, ein Anordnungsrecht des Bestellers gesetzlich zu regeln, ist zu befürworten, mag der Umfang des Anordnungsrechts auch nicht ohne Zweifel sein. Auch die Entscheidung gegen die Beibehaltung des Vertragspreisniveaus für Nachtragsleistungen und für eine Vergütung nach den tatsächlich erforderlichen Kosten zur Vermeidung von «Spekulationen bei der Preisgestaltung»<sup>59</sup> erscheint nachvollziehbar und sinnvoll. Die Möglichkeit des Rückgriffs auf eine – wie auch immer geartete – Urkalkulation durchbricht dieses System jedoch wieder.

Zudem verbleiben Unstimmigkeiten, die die Praxis angehen und lösen muss:

Ein Bauvertrag kann formlos<sup>60</sup> geschlossen werden; haben die Vertragspartner keine Vergütung vereinbart, schuldet der Besteller die übliche Vergütung (§ 632 Abs. 2 BGB), bei der konkrete Zuschläge des Bauunternehmers z.B. für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn keine Bedeutung haben. Ordnet der Besteller dieses Bauvertrages dagegen nach § 650b Abs. 2 BGB Änderungen an, muss die Anordnung in Textform erfolgen (§ 650b Abs. 2 S. 1 BGB), und – sollten sich die Vertragspartner auch hier nicht einigen – kann der Unternehmer nach seiner Wahl die Vergütung dieser geänderten Leistungen nach den tatsächlich erforderlichen Kosten zuzüglich angemessener Zuschläge für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn oder (widerlegbar durch den Besteller) nach der vereinbarungsgemäss hinterlegten Urkalkulation abrechnen.

Für die Durchsetzung der nach dem Bauvertrag geschuldeten Leistungen haben Anträge des Bestellers auf Erlass einer einstweiligen Verfügung nur dann Erfolg, wenn er auch den Verfügungsgrund glaubhaft macht; bei der Durchsetzung geänderter Leistungen wird dieser Verfügungsgrund dagegen nach § 650d BGB vermutet. Umgekehrt soll der Unternehmer Abschlagszahlungen für Leistungen, die der Besteller nachträglich angeordnet hat, durch einstweilige Leistungsverfügungen durchsetzen können, nicht aber Abschlagszahlungen über die im Bauvertrag oder durch Änderungsvereinbarung nachträglich vereinbarten Leistungen.

Es ist davon auszugehen, dass § 1 Abs. 2, 3 und § 2 Abs. 5, 6 VOB/B 2016 ab dem 01.01.2018 einer isolierten Inhaltskontrolle nicht (mehr) standhalten und dass Abweichungen von §§ 650b – 650d BGB durch Allgemeine Geschäftsbedingungen nur sehr eingeschränkt rechtswirksam sein werden.

<sup>58</sup> BGH, Urteil v. 22.10.1992 – IX ZR 36/92 –, NJW 1993, 1076.

<sup>59</sup> BT-Drucks. 18/8486, S. 56.

<sup>60</sup> Für den Verbraucherbauvertrag gilt dagegen die Textform: § 650i Abs. 2 BGB



# **Mängelhaftung bei Baustofflieferungen – Bedenkenanmeldung/Ersatz von Aus- und Einbaukosten**

Stephan Eichner  
Rechtsanwälte Eichner & Kollegen  
Köln, Deutschland







# Mängelhaftung bei Baustofflieferungen - Bedenkenanmeldung/Ersatz von aus- und Einbaukosten

Ein Unternehmer, der Baumaterialien kauft, um sie bei seinem Kunden (Auftraggeber) einzubauen, oder bauseits, d. h. vom Auftraggeber gestelltes Material einbaut, kann in Schwierigkeiten geraten, wenn sich das Material später als mangelhaft herausstellt. Denn in diesem Fall kann der Unternehmer Anspruchsinhaber und Anspruchsgegner zugleich sein.

## I. Einbau von vom Unternehmer gekauften Baumaterialien

Hier ist zwischen den Rechtsbeziehungen, die zwischen dem Unternehmer und dem Verkäufer der Baumaterialien einerseits und denjenigen, die zwischen dem Unternehmer und seinem Auftraggeber andererseits bestehen, zu unterscheiden.

### 1. Der Kauf der Baumaterialien durch den Unternehmer

Das Vertragsverhältnis, das der Lieferung von Baumaterialien zugrunde liegt, ist ein Kaufvertrag. Treten also nach der Lieferung Mängel an dem Baumaterial auf, stehen dem Unternehmer als Käufer die gesetzlichen Mängelrechte zu. Dies gegenüber seinem Vertragspartner, mithin dem Verkäufer des Materials. Der Verkäufer ist regelmäßig nicht der Hersteller des Materials, sodass sich der Käufer im Falle der Reklamation auch nicht von dem Verkäufer an den Hersteller verweisen lassen sollte und darf.

Die kaufrechtlichen Vorschriften des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) werden regelmäßig bei Kaufleuten durch die Regelungen des Handelsgesetzbuches (HGB) ergänzt. Daraus folgt, dass § 377 Abs. 1 HGB zur Anwendung kommt. Danach ist der Käufer der Ware verpflichtet, «diese unverzüglich nach der Ablieferung durch den Verkäufer, soweit dies nach ordnungsmäßigem Geschäftsgange tunlich ist, zu untersuchen und, wenn sich ein Mangel zeigt, dem Verkäufer unverzüglich Anzeige zu machen».

Diese Untersuchungs- und Rügepflicht ist für den Käufer von erheblicher Bedeutung. Denn wenn er gegen eine dieser Pflichten verstößt, sind seine Mängelansprüche gegen den Verkäufer ausgeschlossen.

#### 1.1 Der Umfang der Untersuchungspflicht

Der Umfang der Untersuchungspflicht hängt vom jeweiligen Einzelfall ab und wird u. a. durch die Branche und den Handelsbrauch bestimmt. Dabei ist einerseits das Interesse des Verkäufers zu berücksichtigen, sich nicht längere Zeit nach der Ablieferung der Ware dann nur schwer feststellbaren Gewährleistungsrechten ausgesetzt zu sehen. Andererseits dürfen die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Untersuchung aber auch nicht überspannt werden. Anhaltspunkte für die Grenzen der Zumutbarkeit bilden vor allem der für eine Überprüfung erforderliche Kosten- und Zeitaufwand und die dem Käufer zur Verfügung stehenden technischen Prüfungsmöglichkeiten.

Ob im Einzelfall verschärfte Untersuchungsanforderungen zum Tragen kommen, hängt von der Natur der Ware, von den Branchengepflogenheiten sowie vom Gewicht der zu erwartenden Mangelfolgen und von etwaigen Auffälligkeiten der gelieferten Ware ab. Der Käufer darf sich beispielsweise nicht arglos auf Verkäuferangaben zum chemischen Anteil eines bestimmten Elements einer Kaufsache verlassen, wenn gerade dieser Anteil zentrale Bedeutung und negative Auswirkungen für die vorgesehene Verarbeitbarkeit des Bauprodukts hat. In diesem Fall ist der Käufer vielmehr verpflichtet, eine eigenständige chemische Analyse des gelieferten Materials vorzunehmen. Dies gilt jedenfalls dann, wenn die chemische Überprüfung mit geringfügigen Kosten verbunden ist und zeitnah durchgeführt werden kann.

Die Prüfungspflicht besteht auch dann, wenn die Materialien sofort auf die Baustelle geliefert und dort direkt eingebaut werden. Die subjektiven Fähigkeiten des Käufers sind beim Umfang der Prüfung unerheblich.

Handelt es sich um gleichartige Massengüter, genügen stichprobenartige Untersuchungen, die fachmännisch durchgeführt werden müssen. Kann dies der Käufer selbst nicht leisten, muss er sich notfalls eines fachkundigen Dritten bedienen.

## 1.2 Die Unverzüglichkeit der Untersuchung und Rüge

Die Untersuchung hat unverzüglich nach der Ablieferung zu erfolgen. Auch insofern kommt es auf die Handelsbräuche an. Allgemein wird angenommen, dass die Untersuchung, ob die erforderlichen Papiere mitgeliefert wurden oder die Verpackung unversehrt ist, innerhalb von ein bis zwei Tagen zu erfolgen hat. Die im Rahmen dieser groben Untersuchung erkennbaren Mängel werden als «offenkundige Mängel» bezeichnet. Eine detaillierte Untersuchung hat ca. binnen Wochenfrist zu erfolgen, wobei sich diese Frist bei komplizierten Untersuchungen verlängern kann.

Offenkundige Mängel und solche, die bei den vorgenannten Untersuchungen nicht erkennbar waren, sind gemäß § 377 Abs. 3 HGB unverzüglich, d.h. regelmäßig binnen ein bis zwei Tagen nach ihrer Entdeckung anzuzeigen. Gleiches gilt für Mängel, die sich erst später zeigen. In der Mängelrüge müssen Art und Umfang des Mangels bezeichnet sein.

Für die Rechtzeitigkeit von Untersuchung und Rüge trifft den Käufer die Darlegungs- und Beweislast. Er muss also beweisen, wann und wie er nach Anlieferung die Untersuchung vorgenommen hat, welche Zeitdauer diese beanspruchte, welche Ergebnisse die Untersuchung brachte und schließlich, wann und wie und mit welchem Inhalt die Mängelanzeige erfolgt ist. Es empfiehlt sich deshalb immer eine gute Dokumentation.

## 2. Die Mängelhaftung des Verkäufers für Aus – und Einbaukosten

Hat der Verkäufer Baumaterial geliefert, das sich nach seinem Einbau als mangelhaft herausstellt, so kann der Ausbau des mangelhaften und der Einbau des vom Verkäufer im Wege der Nacherfüllung geschuldeten mangelfreien Materials erhebliche Kosten verursachen. Es stellt sich die Frage, wer diese Kosten zu tragen hat.

### 2.1 Die bisherige Rechtslage

Der Europäische Gerichtshof (EuGH) hatte im Jahre 2011 entschieden, dass der Verkäufer einer beweglichen Sache im Rahmen der Nacherfüllung gegenüber einem Verbraucher verpflichtet ist, die bereits in eine andere Sache eingebaute mangelhafte Kaufsache auszubauen, die Ersatzsache einzubauen und die Kosten für beides zu tragen. Der Bundesgerichtshof (BGH) bejahte daraufhin eine Ersatzpflicht des Verkäufers für Aus- und Einbaukosten, wenn es sich bei dem Käufer um einen Verbraucher handelt.

Für einen Kaufvertrag zwischen Unternehmern (B2B-Geschäft) galt dies nicht. Der Unternehmer konnte von dem Verkäufer nur die Lieferung von neuem, mangelfreiem Baumaterial verlangen. Die Aus- und Einbaukosten musste der Unternehmer grundsätzlich selbst tragen. Er bekam sie nur von dem Verkäufer ersetzt, wenn er ihm ein schuldhaftes Verhalten nachweisen konnte. Dieser Nachweis war regelmäßig in den Fällen, in denen das Material bereits mangelhaft vom Hersteller an den Verkäufer geliefert worden war, ausgeschlossen. Denn nach der Rechtsprechung des BGH ist der Hersteller nicht Erfüllungsgehilfe des Verkäufers, der das Baumaterial an den Unternehmer weiterverkauft.

### 2.2 Die Rechtslage ab dem 01.01.2018

Das «Gesetz zur Reform des Bauvertragsrechts und zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung» soll die unterschiedliche Behandlung von B2B-Geschäft und Verbrauchsgüterkauf beenden. Deshalb hat der Gesetzgeber § 439 Abs. 3 BGB neu eingefügt. Nicht nur Verbrauchern, sondern auch Unternehmern soll nunmehr ein verschuldensunabhängiger Anspruch gegen den Verkäufer des mangelhaften Materials auf Ersatz der Aus- und Einbaukosten zustehen.

Voraussetzung ist, dass die mangelhafte Kaufsache gemäß ihrer Art und ihrem Verwendungszweck eingebaut oder an eine andere Sache angebracht worden ist. Weitere Voraussetzung ist, dass der Käufer die mangelhafte Kaufsache gutgläubig eingebaut oder verarbeitet hat. Kennt der Käufer den Mangel zum Zeitpunkt des Einbaus oder ist ihm der Mangel infolge grober Fahrlässigkeit unbekannt geblieben, sind seine Rechte ausgeschlossen.

Die Haftung des Verkäufers für Aus- und Einbaukosten kann durch eine Individualvereinbarung zwischen Verkäufer und Unternehmer abbedungen und somit ausgeschlossen werden. Der Unternehmer wäre deshalb nicht gut beraten, wenn er mit dem Verkäufer einer solcher Vereinbarung treffen würde. Ob Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) des Verkäufers diesen Ausschluss herbeiführen können, wird von der Rechtsprechung zu klären sein. Nach der Begründung des Gesetzgebers soll ein formularmäßiger Ausschluss oder eine Beschränkung der Rechte des Käufers gemäß § 439 Abs. 3 BGB jedenfalls grundsätzlich wegen unangemessener Benachteiligung des Käufers unwirksam sein.

### **3. Die Ansprüche des Auftraggebers gegen den Unternehmer**

Von den Ansprüchen des Unternehmers gegen den Verkäufer sind die Ansprüche zu trennen, die der Auftraggeber gegen den Unternehmer wegen des Einbaus von mangelhaften Baumaterialien hat.

Hierbei handelt es sich nicht um kaufrechtliche, sondern um werkvertragliche Ansprüche, da der Vertrag zwischen dem Unternehmer und seinem Auftraggeber ein Werkvertrag ist. Werden beim Auftraggeber keine einwandfreien Materialien verbaut, so ist das mangelfreie Werk, das der Unternehmer ihm schuldet, eben nicht mangelfrei mit der Folge, dass der Auftraggeber den Unternehmer unter Setzung einer angemessenen Frist zur Mängelbeseitigung auffordern und nach Fristablauf die Mängel auf Kosten des Unternehmers beseitigen lassen kann.

Wenn der Auftraggeber beim Unternehmer also einen Baumangel anzeigt, muss der Unternehmer handeln. Er sollte die Mängelanzeige seines Auftraggebers sofort überprüfen. Ist sie berechtigt und resultiert der Baumangel aus mangelhaftem Baumaterial, ist der Unternehmer verpflichtet, den Mangel unverzüglich bei dem Verkäufer des Materials anzuzeigen. Ist der Mangel aus der Sicht des Verkäufers unstrittig, dürfte die Abwicklung der Mängelbeseitigung im Verhältnis Unternehmer – Verkäufer und Unternehmer – Auftraggeber unproblematisch sein.

Stellt der Verkäufer indes in Abrede, dass das von ihm gelieferte Baumaterial mangelhaft ist, wird es für den Unternehmer schwierig. Dies gilt insbesondere dann, wenn sein Auftraggeber ihm den Mangel nicht nur angezeigt, sondern ihn zugleich bereits zur Mängelbeseitigung unter Fristsetzung aufgefordert hat. Um zu vermeiden, dass die Frist verstreicht und der Auftraggeber somit nach Fristablauf die Mängel zu Lasten des Unternehmers beheben lassen kann, kann ihm nur empfohlen werden, den Ist-Zustand zu dokumentieren und ggfls. einen Sachverständigen hinzuzuziehen, um von ihm klären zu lassen, ob das Baumaterial mangelhaft ist oder nicht. Bestätigt der Gutachter den Mangel, kann der Unternehmer diesen beim Auftraggeber innerhalb der ihm gesetzten Frist beseitigen und im Anschluss daran auf der Grundlage des Sachverständigengutachtens beim Verkäufer des Materials Rückgriff nehmen.

## **II. Einbau von bauseits gestelltem Baumaterial**

Da das Baumaterial, das vom Unternehmer verarbeitet wird, in diesen Fällen nicht vom Unternehmer gekauft, sondern vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wird, können keine Ansprüche existent sein, die der Unternehmer bei dem Verkäufer des Materials geltend machen könnte. Solche Ansprüche stehen ausschließlich dem Auftraggeber zu.

Wenn der Unternehmer meint, die Baumaterialien deshalb «ungeprüft» einbauen zu dürfen, irrt er. Zwar trifft ihn keine Untersuchungspflicht nach § 377 HGB mehr. Aber ihm

obliegt die Prüfungspflicht des § 4 Abs. 3 der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/B). Diese Vorschrift findet im gesamten Werkvertragsrecht Anwendung, und damit auch dann, wenn die Geltung der VOB/B zwischen Auftraggeber und Unternehmer nicht vereinbart ist.

§ 4 Abs. 3 VOB/B legt fest, dass der Unternehmer dem Auftraggeber seine Bedenken gegen die «Güte der vom Auftraggeber gelieferten Stoffe oder Bauteile unverzüglich – möglichst schon vor Beginn der Arbeiten – schriftlich mitzuteilen hat». Dabei richtet sich der Umfang der Prüfungspflicht nach den Umständen des Einzelfalles. Zu beachten ist, dass das bloße Vorhandensein von Prüf- oder Gütezeichen die Prüfung durch den Unternehmer noch nicht entbehrlich macht, auch wenn sie grundsätzlich schwächer sein darf, weil im Allgemeinen davon auszugehen ist, dass die betreffenden Stoffe oder Bauteile einer besonderen Überwachung bei der Herstellung unterworfen waren. Der Unternehmer hat allerdings dann eine besondere Prüfungspflicht, wenn neuartige Bauweisen oder die Verwendung neuartiger Baustoffe oder Bauteile vom Auftraggeber gefordert werden. In diesem Fall muss er unbedingt über den neusten Stand auf seinem Fachgebiet Bescheid wissen, notfalls muss er sogar zur Information bei geeigneten Stellen Erkundigungen einholen. Keinesfalls darf er sich auf das verlassen, was vom Auftraggeber oder seinem Architekten bereitgestellt oder verlangt wird.

Allgemein ist die Prüfungspflicht des Unternehmers auf die Prüfung von Stoffen oder Bauteilen hinsichtlich deren Brauchbarkeit für die zu erstellende Bauleistung beschränkt.

Hat der Unternehmer Bedenken gegen die Güte der vom Auftraggeber gelieferten Stoffe oder Bauteile, so hat er hierüber den Auftraggeber zu informieren. Der Unternehmer hat die Bedenken in der richtigen Zeit (unverzüglich), in der richtigen Form (schriftlich), gegenüber dem richtigen Adressaten (Auftraggeber) und mit dem notwendigen Inhalt (präzise Beschreibung der Bedenken) anzumelden. Diese Voraussetzungen hat der Unternehmer zu erfüllen und im Streitfall nachzuweisen. Nur dann ist er von der Haftung befreit.

### **III. Fazit**

Die Rechtslage beim Einbau von mangelhaften Baumaterialien hat sich zu Gunsten des Unternehmers verbessert. Von dieser Verbesserung profitiert der Unternehmer aber nur, wenn er den unterschiedlichen Vertragsverhältnissen zwischen ihm und dem Auftraggeber einerseits (Werkvertrag) und dem Verkäufer des Materials andererseits (Kaufrecht) Rechnung trägt, insbesondere der ihm obliegenden Untersuchungs- und Rügepflicht gegenüber dem Verkäufer bzw. der Prüfungspflicht gegenüber seinem Auftraggeber bei bauseits gestellten Material vollumfänglich und fehlerfrei nachkommt.

# Chancen und Risiken der fiktiven Abnahme nach neuem gesetzlichen Bauvertragsrecht

Rechtsanwalt André Bußmann  
Bußmann & Feckler Rechtsanwälte PartmbB  
Köln, Deutschland





# Chancen und Risiken der fiktiven Abnahme nach neuem gesetzlichen Bauvertragsrecht

## 1. Die Abnahme im «allgemeinen Werkvertragsrecht»

### Fall 1: Abnahme - brauch' ich nicht

Die Firma Gut Holz errichtet eine komplizierte Holzterrasse und rückt ab, ohne eine Abnahme durchzuführen. Darauf angesprochen antwortet deren Geschäftsführer, Herr Holz: «Das machen wir nie! Der Kunde findet das immer so komisch, wenn er noch was unterschreiben muss. Der denkt dann immer, wir wollen, dass er uns aus der Haftung freistellt.» Warum geht Herr Holz hier falsch vor?

#### Antwort:

Die Abnahme ist eines der für den Unternehmer wichtigsten Instrumente des Baurechts, zugleich aber maßlos überschätzt. Mit der Abnahme endet quasi die Errichtungsphase und es beginnt die Nachhaftungsphase. Tatsächlich sind einige Abnahmewirkungen für den Auftragnehmer von erheblicher Wichtigkeit:

- Mit der Abnahme beginnt die Verjährungsfrist für Mängelansprüche (umgangssprachlich: Gewährleistungsfrist) zu laufen.
- Die Gefahr hinsichtlich eines «zufälligen» Unterganges geht auf den Auftraggeber über.
- Ohne Abnahme wird die Schlusszahlung nicht fällig. Zudem kann man nach erfolgter Fertigstellung nicht mehr aus Abschlagsrechnungen vorgehen.
- Die Beweislast kehrt sich für alle nicht vorbehaltenen Mängel um: Muss der Auftragnehmer bis zur Abnahme beweisen, dass Mängel nicht vorliegen, ist es nach der Abnahme Aufgabe des Auftraggebers, die Existenz von Mängeln zu beweisen.
- Soweit nichts anderes vereinbart ist, müssen Vertragsstrafen wegen Verzuges zum Zeitpunkt der Abnahme vorbehalten werden. Geschieht dies nicht, verfallen sie.

Zumeist treten die wahren Probleme bei einer fehlenden Abnahme erst nach einiger Zeit auf. Der Klassiker liegt dann vor, wenn der Auftraggeber einen Teil der Schlussrechnung nicht zahlt, Mängel behauptet, dann lange Diskussionen stattfinden, mitunter Jahre später auf Restzahlung geklagt wird und der Auftraggeber sich auf die Mängel und eine fehlende Abnahme sowie fehlende Abnahmefähigkeit beruft. Der Auftragnehmer muss, um seine Vergütung zu erhalten, die Abnahmefähigkeit der Leistung beweisen und haftet vielfach noch für zwischenzeitlich entstandene Schäden.

Auch die Hoffnung innerhalb eines VOB/B-Vertrages auf die dortigen fiktiven Abnahmeformen des § 12 Abs. 5 VOB/B ist meist trügerisch. **§ 12 Abs. 5 VOB/B** lautet wie folgt:

*«1. Wird keine Abnahme verlangt, so gilt die Leistung als abgenommen mit Ablauf von 12 Werktagen nach schriftlicher Mitteilung über die Fertigstellung der Leistung.*

*2. Wird keine Abnahme verlangt und hat der Auftraggeber die Leistung oder einen Teil der Leistung in Benutzung genommen, so gilt die Abnahme nach Ablauf von 6 Werktagen nach Beginn der Benutzung als erfolgt, wenn nichts anderes vereinbart ist. Die Benutzung von Teilen einer baulichen Anlage zur Weiterführung der Arbeiten gilt nicht als Abnahme.*

*3. Vorbehalte wegen bekannter Mängel oder wegen Vertragsstrafen hat der Auftraggeber spätestens zu den in den Nummern 1 und 2 bezeichneten Zeitpunkten geltend zu machen.»*

Hat der Auftragnehmer die VOB/B gegenüber einem Verbraucher verwendet, ist die genannte Klausel unwirksam. Wird die VOB/B von dem Auftraggeber eingeführt, sind die fiktiven Abnahmeformen des § 12 Abs. 5 VOB/B meist durch abändernde vertragliche

Regelungen ausgeschlossen, was nach überwiegender Auffassung der Literatur und Rechtsprechung bereits bei bloßer Vereinbarung der förmlichen Abnahme der Fall sein soll.

Dabei könnte es so einfach sein. **§ 640 Abs. 1 Satz 1 BGB** gibt es doch vor:

*«Der Besteller ist verpflichtet, das vertragsgemäß hergestellte Werk abzunehmen (...).»*

Es handelt sich bei der Abnahme also um eine echte Vertragspflicht des Auftraggebers.

## Fall 2: Gesagt, getan

Die Firma Gut Holz errichtet für Herrn Neureich einen neuen Carport. Nach der Beendigung tritt Herr Fleißig, ein neu eingestellter Bauleiter der Firma Gut Holz, an den Auftraggeber heran. Er berichtet ihm, dass die Bauarbeiten nun beendet seien und er das Ergebnis der Arbeiten gemeinsam mit ihm anschauen wolle. So begibt man sich zum Carport und Herr Fleißig führt den Auftraggeber herum. Am Ende fragt er ihn, ob der Carport nach seinem Geschmack sei. «Ganz hervorragende Arbeit, 1a!» äußert Herr Neureich. Nach Eingang der Schlussrechnung meldet sich Herr Neureich und meint, er werde diese im Moment selbstverständlich nicht begleichen. Zunächst müsse mit ihm die Abnahme durchgeführt werden. Trifft diese Ansicht zu?

### Antwort:

Um diese Frage beantworten zu können, ist zunächst zu klären, was überhaupt eine Abnahme ist. Tatsächlich ist der konkrete Begriff weder in der VOB/B, noch in irgendeinem Gesetz definiert. Der Bundesgerichtshof erläutert ihn wie folgt:

*«Die Abnahme ist die mit der körperlichen Hinnahme des Werks verbundene Billigung des Werkes als der Hauptsache nach vertragsgemäßer Leistung.»*

Auf den ersten Blick verwirrt diese Definition sicherlich mehr, als sie hilft. Klar wird aber, dass die Abnahme aus zwei wesentlichen Elementen besteht, nämlich der «körperlichen Hinnahme» zum einen und der Billigung als «vertragsgemäße Leistung» zum anderen.

Die körperliche Hinnahme stellt quasi die Übergabe des Werks an den Auftraggeber dar. Dies erfolgt bei Arbeiten an Grundstücken regelmäßig automatisch, indem dem Auftraggeber die Nutzung ermöglicht wird.

Die Billigung als «vertragsgemäße Leistung» geschieht dadurch, dass der Auftraggeber sich in irgendeiner Form mit der fertigen Leistung zufrieden zeigt. Hierfür ist es nicht erforderlich, dass keine Mängel mehr sichtbar sind. Es genügt, dass die Leistung «im Wesentlichen» vertragsgerecht ist. Dies formuliert **§ 640 Abs. 1 Satz 2 BGB** ausdrücklich wie folgt:

*«Wegen unwesentlicher Mängel kann die Abnahme nicht verweigert werden.»*

Inhaltlich beinahe deckungsgleich formuliert **§ 12 Abs. 3 VOB/B**:

*«Wegen wesentlicher Mängel kann die Abnahme bis zur Beseitigung verweigert werden.»*

Kleinere Mängel hindern die Abnahme also nicht.

Zur Abnahme genügt es nun, dass der Auftraggeber sich mit dem Ergebnis grundsätzlich einverstanden erklärt.

Dies dürfte hier der Fall sein: Indem der Herr Neureich sich lobend über den Carport äußert, hat er unzweideutig zu erkennen gegeben, dass er die erbrachte Leistung als «vertragsgemäße» anerkennt. Weiterhin sind keine Nutzungshindernisse festzustellen. Damit ist eine Abnahme erfolgt. Eine weitere Abnahmebegehung ist deshalb nicht erforderlich. Freilich mag im Bestreitensfall die Beweisführung für die Fa. Gut Holz etwas schwierig sein, weswegen sich eine förmliche Abnahme stets empfiehlt.



### Fall 3: Taube Ohren

Die Firma Gut Holz soll ein Holzhaus für den Generalunternehmer Groß & Stark AG errichten. Nach Fertigstellung der eigenen Leistungen, wendet sich die Firma Gut Holz an die an die Groß & Stark AG, die jedoch erst dann einer Abnahmebegehung zustimmen will, wenn ihr Bauherr mit ihr eine solche durchgeführt hat. Das werde geschehen, sobald die Heizung und die Elektrik installiert und die Sanitärleistungen abgeschlossen seien. Danach übernehme der Kunde der Groß & Stark AG das Objekt zur Fertigstellung in Eigenregie. So lange kann und möchte die Firma Gut Holz nicht warten. Sie setzt der Groß & Stark AG eine Frist zur Durchführung der Abnahme, die diese - wie zu erwarten war - verstreichen lässt. Die Firma Gut Holz fragt sich, was sie nun noch tun kann, um die Wirkungen der Abnahme herbeizuführen.

#### Antwort:

Zunächst einmal sind die Vertragsverhältnisse zu trennen: Allein der Generalunternehmer hat einen Vertrag mit dem Bauherrn geschlossen. Die Firma Gut Holz hat ausschließlich mit dem Generalunternehmer kontrahiert. Dementsprechend hat sie gegen die Groß & Stark AG auch einen eigenen Abnahmeanspruch.

Sie darf auch nicht dahingehend vertröstet werden, es müsse erst eine Abnahme mit dem Bauherrn durchgeführt werden, da dies die Abnahmewirkungen in nicht mehr vertretbarer Weise zeitlich verschieben würde. Man stelle sich einmal eine Großbaumaßnahme vor. Der Tiefbauer, der die Baugrube aushebt müsste dann u.U. mehrere Jahre auf eine Abnahme warten. Dementsprechend kann die Firma Gut Holz die Abnahme eigenständig sofort nach Fertigstellung ihrer Arbeiten fordern.

Übrigens: Der Generalunternehmer könnte sich nicht einmal mit einer Klausel in seinen Geschäftsbedingungen dagegen wehren, aus welcher sich ergibt, dass eine Abnahme frühestens gemeinsam mit der Abnahme durch den Bauherrn durchgeführt wird. Eine solche Klausel ist nach § 307 BGB unwirksam.

Dennoch scheint die Firma Gut Holz in der Zwickmühle zu stecken. Da die Groß & Stark AG sich weigert, die Abnahme zu erklären, befürchtet sie, auf Abnahme zu klagen. Allerdings zeigt uns das Gesetz auch einen alternativen, ggf. Erfolg versprechenden Weg auf. Gerade das neue Bauvertragsrecht leistet dem Auftragnehmer hierbei gute Dienste. Schauen wir uns nachfolgend doch einmal an, welche Möglichkeiten das alte und welche Möglichkeiten das neue Recht bereithält:

### Fall 4: Die Aufforderung zur Abnahme

Die Firma Gut Holz hat für die Pfefferkorn GmbH umfangreiche Holzarbeiten fertiggestellt und möchte nun eine Abnahme herbeigeführt wissen. Herr Grün schreibt hierzu das folgende Schreiben an die Pfefferkorn GmbH:

Sehr geehrte Damen und Herren,

unsere Leistungen haben wir fertiggestellt. Wir bitten nun um Abnahme bis zum 31.10.2018.

Mit freundlichen Grüßen  
Gut Holz

Die Pfefferkorn GmbH meldet sich nicht, obwohl nachgewiesen werden kann, dass das Schreiben zugegangen ist. Und nun?

#### Antwort:

Für einen Werkvertrag, der vor dem 01.01.2018 abgeschlossen wurde, gilt noch das «alte» Recht. Schauen wir uns also zuerst einmal die **alte Fassung** des **§ 640 Abs. 1 Satz 3 BGB** an, der hierfür bereits eine Lösung vorsah:

*«Der Abnahme steht es gleich, wenn der Besteller das Werk nicht innerhalb einer ihm vom Unternehmer bestimmten angemessenen Frist abnimmt, obwohl er dazu verpflichtet ist.»*

Damit wäre, da sich die Pfefferkorn GmbH bis zum 31.10.2018 nicht geäußert hatte, die Abnahme fiktiv eingetreten.

Allerdings war die alte Regelung des § 640 Abs. 1 Satz 3 BGB mit zahlreichen Problemen behaftet:

Gerade der letzte Halbsatz «obwohl er dazu verpflichtet ist» sorgte immer wieder für Zündstoff. Die überwiegende Ansicht in Rechtsprechung und Literatur ging nämlich davon aus, dass trotz der eigentlich bereits durch Fristablauf erreichten fiktiven Abnahme der Unternehmer weiterhin beweisen musste, dass seine Leistungen im Wesentlichen mangelfrei waren. Gelang ihm dieser Beweis nicht, wurde ihm die fiktive Abnahme quasi durch die Hintertür wieder genommen. Hieraus folgte, dass die Vorschrift erheblich abgeschwächt wurde, musste der Unternehmer doch quasi im vorausgehenden Gehorsam zum Zeitpunkt des Fristablaufs seine gesamte Leistung vollständig in einer Art und Weise dokumentieren, dass ihm später, wenn der Auftraggeber irgendwelche Mängel behauptete, die Möglichkeit gegeben war, zu beweisen, dass keine Mängel vorlagen, die eine Abnahmeverweigerung rechtfertigten.

In vielen Fällen mag dieser Beweis auch später noch zu führen sein. In einigen Fällen wird es fast unmöglich sein zu beweisen, dass der Mangel vor dem Zeitpunkt des Fristablaufs noch nicht vorhanden war. Das gilt umso mehr, als es nicht darum gehen wird, ob der Mangel sich bereits gezeigt hat. Auch eine Mangelursache, die erst einige Zeit später ein konkretes Mangelsymptom ausbilden wird, ist ein tauglicher Mangel.

Genau hier schloss sich ein weiterer Streit im Schrifttum an: Genügt es für den Auftragnehmer zu beweisen, dass sich zum Abnahmezeitpunkt noch keine wesentlichen Mängel gezeigt haben oder muss der Auftragnehmer bei Geltung des alten Rechts tatsächlich konkret beweisen, dass keine wesentlichen Mängel und somit auch keine wesentlichen verdeckten Mängel vorhanden waren? Gerade Letzteres kann um ein Vielfaches schwerer sein.

Es gibt jedoch noch ein weiteres Problem: Eine fiktive Abnahme war recht leicht zu verhindern. Äußerte der Auftraggeber bei einem vor dem 01.01.2018 geschlossenen Vertrag innerhalb der gesetzten Frist, er werde schlicht nicht abnehmen, musste er dies mit keinem Wort begründen. Allein die stumpfe Ablehnung zerschlug die Chance auf eine fiktive Abnahme.

Hat der Gesetzgeber es jetzt besser gemacht? Schauen wir es uns an:

### **Fall 5: Die stumpfe Ablehnung**

Bei einem anderen Vertrag, den die Firma Gut Holz nunmehr am 02.01.2018 mit der Bös & Willig GmbH abgeschlossen hat, sind die Leistungen der Firma Gut Holz beendet worden. Sie schreibt:

*Sehr geehrte Damen und Herren,*

*unsere Leistungen haben wir am 12.11.2018 fertiggestellt. Wir bitten nun um Abnahme bis spätestens zum 27.11.2018.*

*Mit freundlichen Grüßen*

Am 26.11.2018 flattert bei der Firma Gut Holz ein Schreiben der Bös & Willig GmbH ein, in welchem diese stumpf mitteilt:

*Sehr geehrter Herr Grün,*

*leider können wir die Abnahme derzeit nicht erteilen, da erhebliche Mängel existent sind.*

*Mit freundlichen Grüßen*

Im Folgenden läuft die gesetzte Frist ab, ohne dass ein weiterer Kontakt stattfindet. Hat die Abnahme nun stattgefunden?

**Antwort:**

Nach altem Recht war es, wie bereits gezeigt, tatsächlich Gang und Gäbe, dass Abnahmen relativ lapidar verweigert wurden. Der Auftraggeber konnte damit die Abnahmefiktion sehr einfach verhindern.

Der Gesetzgeber hat nun festgestellt, dass die Regelung in **§ 640 Abs. 1 Satz 3 BGB a.F.** das Ziel, einen einfachen Weg zu einer Abnahme zu ebnen, wohl verfehlt hatte.

Auch im aktuellen Recht wird an der Möglichkeit einer fiktiven Abnahme festgehalten, da sie als wichtiges Instrument zur Herbeiführung der Abnahmewirkungen bei unberechtigter Abnahmeverweigerung des Bestellers gesehen wird. Man hat allerdings Überlegungen angestellt, wie man dieses Instrument für die Auftragnehmer zukünftig effektiver ausgestalten könnte. Dabei wurde ein genaues Augenmerk darauf geworfen, die Risiken und Belastungen zwischen den Parteien gerecht zu verteilen. Es sollte vermieden werden, dass Auftraggeber von ihrem Abnahmeverweigerungsrecht missbräuchlich Gebrauch machen und den Auftragnehmer auf diese Art und Weise zumindest temporär und allzu leicht um deren Recht bringen können. Der alte § 640 Abs. 1 Satz 3 BGB wurde nun durch **§ 640 Abs. 2 Satz 1 BGB n.F.** wie folgt reformiert:

*«Als abgenommen gilt ein Werk auch, wenn der Unternehmer dem Besteller nach Fertigstellung des Werks eine angemessene Frist zur Abnahme gesetzt hat und der Besteller die Abnahme nicht innerhalb dieser Frist unter Angabe mindestens eines Mangels verweigert hat.»*

Damit ist zunächst festgehalten, dass die Fiktion nicht nur dann eintritt, wenn sich der Auftraggeber gar nicht äußert, sondern auch dann, wenn er die Abnahme ohne Benennung mindestens eines Mangels ablehnt. In der Entwurfsfassung nach der ersten Lesung hieß es übrigens noch *«(...) unter Angabe von Mängeln (...)»*. Dies wurde nun präzisiert.

Fraglich ist jedoch, wie detailliert die Mängelbenennung vonstatten zu gehen hat und ob gegebenenfalls der von der Firma Bös & Willig im obigen Fall entworfene Text der Abnahmeverweigerung bereits ausreichend sein könnte.

Nach der Entwurfsbegründung soll der Besteller nicht zwingend alle Mängel angeben oder im Detail darlegen müssen. Es genüge, wenn er beispielsweise dem Unternehmer anhand eines Mangels mitteile, wo das Werk aus seiner Sicht nicht die vereinbarte Beschaffenheit habe. Dabei genügt die Beschreibung des bloßen Mangelsymptoms. Die Mangelursache muss hingegen nicht benannt werden. Erfolgt eine solche Mängelrüge nebst Abnahmeverweigerung, ist die fiktive Abnahme gescheitert. Wird später (gerichtlich) überprüft, ob die Verweigerung wirksam ist, darf der Auftraggeber zudem weitere, in seinem Ablehnungsschreiben nicht genannte Mängel benennen. Auch diese sind dann bei der Bewertung der Berechtigung zur Abnahmeverweigerung zu berücksichtigen.

Vorliegend wird man, wenn die Leistung der Firma Gut Holz fertiggestellt ist, von einer (fiktiven) Abnahme ausgehen müssen. Die lediglich pauschale Bezugnahme auf erhebliche Mängel reicht nicht aus, eine wirksame Abnahmeverweigerung im Sinne des **§ 640 Abs. 2 BGB n.F.** zu erklären. Hier hätte die Bös & Willig GmbH zumindest das Mangelsymptom bezeichnen müssen.

**Fall 6: Beweislasten**

Im Fall 5 wendet die Bös & Willig GmbH nachträglich plötzlich erhebliche Mängel ein, die die Firma Gut Holz bestreitet. Lägen diese Mängel jedoch allesamt vor, müsste man davon ausgehen, dass wesentliche Mängel an der Leistung die Abnahme tatsächlich behindern könnten.

Es stellt sich die Frage, ob die Bös & Willig GmbH auf diese Art und Weise quasi rückwirkend die Abnahme noch verhindern kann und ob die Firma Gut Holz die Abnahmefähigkeit ihrer Leistungen im Zeitpunkt des Fristablaufs beweisen muss.

**Antwort:**

Wir hatten bereits dargestellt, dass **§ 640 Abs. 1 Satz 3 BGB a.F.** insofern unter einem erheblichen Makel litt und dass der Auftragnehmer auch nach erlangter fiktiver Abnahme die Abnahmefähigkeit, also die Existenz maximal unwesentlicher Mängel beweisen musste. Gelingt dies nicht, verlor er die erlangte Abnahme wieder.

Diese erhebliche Schwäche will **§ 640 Abs. 2 Satz 1 BGB n.F.** nun aushebeln. Nochmals zum Text:

*«Als abgenommen gilt ein Werk auch, wenn der Unternehmer dem Besteller nach Fertigstellung des Werks eine angemessene Frist zur Abnahme gesetzt hat und der Besteller die Abnahme nicht innerhalb dieser Frist unter Angabe mindestens eines Mangels verweigert hat.»*

Mit dieser Formulierung tritt die Abnahme ein, wenn das Werk fertiggestellt ist und der Besteller innerhalb der gesetzten Frist sich nicht zurückmeldet oder aber die Abnahme zwar verweigert, jedoch keinen Mangel angibt. Von dem Erfordernis einer Abnahmefähigkeit und einer Verpflichtung des Auftraggebers zur Abnahme findet sich in der Neufassung nichts. Damit führt ein Schweigen oder eine Ablehnung unter Nichtbenennung von Mängeln nach aktuellem Recht zunächst einmal auch dann zur Abnahme, wenn tatsächlich wesentliche Mängel vorhanden sein sollten.

Überlegungen dahingehend, dass dies unfair sein könne, sind meines Erachtens fehl am Platze. Dies hängt damit zusammen, dass der Auftraggeber ohne weiteres durch Benennung nur eines entsprechenden Mangels die fiktive Abnahme verhindern könnte, zudem auch nach erfolgter Abnahme die Geltendmachung von Mängelrechten möglich bleibt.

Allerdings wird nun ein Terminus in das Gesetz eingeführt, den es zu beachten gilt. Voraussetzung dafür, dass die fiktive Abnahme funktioniert, ist die «Fertigstellung der Leistung». Damit soll schlicht vermieden werden, dass der Auftragnehmer eine Abnahme fordert, obwohl er noch mitten in der Ausführung steckt. Der Begriff der «Fertigstellung» ist insofern deutlich weiter als der der Abnahmefähigkeit. Dabei kommt es nur darauf an, ob die einzelnen Leistungen abgearbeitet bzw. erbracht sind, unabhängig davon, ob Mängel existent sind – die Gesetzesbegründung schreibt dies eindeutig.

Der Nachweis der Fertigstellung wird also deutlich leichter gelingen, als der Nachweis der im Wesentlichen gegebenen Mangelfreiheit, wie er nach der derzeitigen Fassung noch erforderlich wäre.

Es empfiehlt sich somit, mit der Fertigstellung der Leistung eine eindeutige, möglichst detaillierte Fotodokumentation zu fertigen, auf der erkennbar ist, dass das Leistungsverzeichnis «abgearbeitet» wurde. Diese sollte von einem auch später noch zur Verfügung stehenden Zeugen unter Abgleich mit dem Leistungsverzeichnis erstellt werden. Zudem empfiehlt sich auch eine schriftliche Dokumentation. Dann klappt es auch mit der fiktiven Abnahme, wenn der Auftraggeber keine wirksame Verweigerung ausspricht.

**Fall 7: Bedeutsame Mängel**

Die Firma Gut Holz hat mit dem beschriebenen Procedere erfolgreich gearbeitet, so dass sie dies nun dauerhaft durchführt. Nachdem sie auf Grundlage eines Vertrages vom 02.02.2018 ein Bauvorhaben für die Gewitzt & Schlau GmbH durchgeführt hat, versendet sie ein Schreiben, in dem sie auf die Fertigstellung hinweist und eine Abnahme innerhalb von zwei Wochen verlangt. Kurz vor Ablauf der gesetzten Frist geht folgendes Schreiben bei der Firma Gut Holz ein:

*Sehr geehrte Damen und Herren,*

*wir bedauern, Ihnen mitteilen zu müssen, dass wir eine Abnahme Ihrer Leistungen nicht erklären können. Tatsächlich liegen mehrere Mängel vor. So sind beispielsweise die Terrassen seitlich des Hauses und im hinteren Garten massiv verschmutzt.*

*Mit freundlichen Grüßen*

Die Firma Gut Holz meint, der behauptete Mangel sei «pillepalle» und wäre, wenn er überhaupt vorliegen würde, angesichts des Gesamtvolumens absolut unwesentlich, so dass eine Abnahme nicht verweigert werden könne. Und nun?

**Antwort:**

Schauen wir uns noch einmal die Formulierung des **§ 640 Abs. 2 Satz 1 BGB n.F.** an:

*«Als abgenommen gilt ein Werk auch, wenn der Unternehmer dem Besteller nach Fertigstellung des Werks eine angemessene Frist zur Abnahme gesetzt hat und der Besteller die Abnahme nicht innerhalb dieser Frist unter Angabe mindestens eines Mangels verweigert hat.»*

Man mag es als unfair empfinden, jedoch deutet der Wortlaut der Vorschrift nicht darauf hin, dass die Abnahmeverweigerung mit der Benennung von wesentlichen Mängeln oder eines wesentlichen Mangels einhergehen muss.

Der Gesetzgeber hat hierüber im Vorfeld verstärkt nachgedacht. Tatsächlich nämlich ist die Frage, ob Mängel wesentlich oder unwesentlich sind, häufig umstritten und schwierig. Es soll jedoch vermieden werden, dass Unklarheiten über den Eintritt der Abnahmefiktion entstehen. Daher soll es genügen, dass schlichtweg ein Mangel benannt wird, ohne dass bewertet wird, ob dieser Mangel wesentlich oder unwesentlich ist. Er muss sich lediglich als Mangel einordnen lassen, also eine Abweichung von der Soll-Beschaffenheit darstellen. Dies ist bei der Verschmutzung gegeben. Damit würde die von der Firma Gewitzt & Schlau formulierte Abnahmeverweigerung ausreichen und die fiktive Abnahme des **§ 640 Abs. 2 BGB n.F.** zu Fall bringen.

Allerdings wird man auch hier berücksichtigen müssen, dass der Grundsatz von Treu und Glauben das gesamte Rechtswesen durchdringt. Dann also, wenn der Besteller offensichtlich treuwidrig Mängel quasi erfindet («Auf dem Holzdeck befindet sich ein Vogelschiss»), kann ggf. von einer Rechtsmissbräuchlichkeit ausgegangen werden, die die Verweigerung als nicht zulässig erscheinen lässt, so dass dennoch die fiktive Abnahme eintreten könnte. Die Hürden werden dabei aber relativ hoch sein, da nur Missbrauch verhindert, nicht aber die Unwissenheit des Auftraggebers bestraft werden soll. Im vorliegenden Fall sind für eine Treuwidrigkeit jedenfalls noch keine Anhaltspunkte ersichtlich.

### **Fall 8: Herr Neureich**

Die Firma Gut Holz soll für Herrn Norbert Neureich auf Grundlage eines Vertrages vom 03.03.2018 ein Gartenhaus errichten, was sie tatsächlich auch tut. Nach Fertigstellung ihrer Leistungen verwendet sie das bereits bekannte Schreiben, in dem sie darstellt, dass ihre Leistungen fertig gestellt seien und sie um Abnahme bis zum 28.07.2018 bitte. Eine Rückmeldung des Herrn Neureich erfolgt nicht. Die Firma Gut Holz reibt sich die Hände, ist sie doch der Meinung, nun eine fiktive Abnahme erreicht zu haben. Trifft das zu?

**Antwort:**

Bislang haben wir lediglich einen Blick auf **§ 640 Abs. 2 Satz 1 BGB n.F.** geworfen. Hinzu tritt jedoch ein Satz 2, der gerade für das Verhältnis von Unternehmern zu Verbrauchern eine besondere Rolle spielt. **§ 640 Abs. 2 BGB n.F.** lautet nunmehr also in voller Länge:

*«Als abgenommen gilt ein Werk auch, wenn der Unternehmer dem Besteller nach Fertigstellung des Werks eine angemessene Frist zur Abnahme gesetzt hat und der Besteller die Abnahme nicht innerhalb dieser Frist unter Angabe mindestens eines Mangels verweigert hat. Ist der Besteller ein Verbraucher, so treten die Rechtsfolgen des Satzes 1 nur dann ein, wenn der Unternehmer den Besteller zusammen mit der Aufforderung zur Abnahme auf die Folgen einer nicht erklärten oder ohne Angabe von Mängeln verweigerten Abnahme hingewiesen hat; der Hinweis muss in Textform erfolgen.»*

Hintergrund dieser Neuregelung ist, dass von einem Verbraucher nicht erwartet werden kann, dass er sich über die Rechtsfolgen im Klaren sei, wenn er auf Fristsetzungen des Auftragnehmers schweige.

Wichtig ist, dass die entsprechende Belehrung mit der Abnahmeaufforderung zusammenfallen muss und dass eine nur mündliche Belehrung nicht genügt. Das an den Verbraucher gerichtete und zur Abnahme auffordernde Schreiben muss also länger ausfallen, als ein gegenüber dem Unternehmer geäußertes Verlangen. Während der unternehmerische Besteller keinerlei Hinweis erhalten muss, wie sein Schweigen ausgelegt wird oder dass er, will er die Abnahme verweigern, mindestens einen Mangel angeben muss, muss der Verbraucher in Textform darüber aufgeklärt werden, dass eine ohne Angabe mindestens eines Mangels verweigerte Abnahme oder ein Schweigen auf die Anforderung die Fiktion der Abnahme herbeiführt. Fehlt es an diesem Hinweis, kann die Fiktion nicht eintreten.

Noch unklar ist, wie detailliert die Information gegenüber dem Verbraucher erfolgen muss. So wird zum Teil vertreten, dass gegebenenfalls Hinweise auf die zumindest symptomatische Benennung des Mangels gegeben werden müssten, wohl um zu vermeiden, dass der Auftraggeber sich in der Pflicht sieht, etwaige Mängelursachen zu erforschen. Dies wiederum steht jedoch im Zusammenhang mit der Frage, mit welcher Detailtreue Mängel überhaupt im Sinne des **§ 640 Abs. 2 Satz 1 BGB n.F.** angegeben werden müssen, um die Fiktion zu verhindern.

Derzeit müssen wir diese Frage noch offenlassen, da auch eine zu detaillierte Information ungünstig sein könnte. Man stelle sich nur vor, dass dem Kunden durch die Information vermeintlich Verpflichtungen auferlegt werden, die in der späteren Auslegung des Gesetzes von ihm gar nicht verlangt werden durften. Derzeit sollte man also versuchen, die Information relativ nah am Gesetzestext zu formulieren und ggf. zusätzlich formulieren, dass die Angabe des Mangelsymptoms ausreichend sei.

## 2. Besonderheiten der Abnahme im Bauvertrag

Die vorstehenden Regelungen des Abschnitts I. dieses Skriptes gelten für alle Werkverträge, beginnend beim Schuhreparaturvertrag bis zum Hochhaus- oder Brückenbau. Die Reform enthält aber auch spezielle Regelungen zum Bauvertrag, die nur für einen solchen gelten. Was ein Bauvertrag ist, wurde in **§ 650a BGB** definiert:

*«(1) Ein Bauvertrag ist ein Vertrag über die Herstellung, die Wiederherstellung, die Beseitigung oder den Umbau eines Bauwerks, einer Außenanlage oder eines Teils davon. Für den Bauvertrag gelten ergänzend die folgenden Vorschriften dieses Kapitels.*

*(2) Ein Vertrag über die Instandhaltung eines Bauwerks ist ein Bauvertrag, wenn das Werk für die Konstruktion, den Bestand oder den bestimmungsgemäßen Gebrauch von wesentlicher Bedeutung ist.»*

Ist ein Bauvertrag abgeschlossen worden, gilt ergänzend § 650g BGB. Hier wird es nun richtig spannend:

### Fall 9: Die Abnahmeverweigerung

Die Firma Gut Holz hat ein Bauvorhaben für die Lahm AG ausgeführt. Als sie ihre Leistungen fertiggestellt hat, teilt sie dies der Lahm AG mit und fordert diese auf, die Leistungen binnen zwei Wochen abzunehmen. Die Lahm AG verweigert die Abnahme und benennt sogar mehr als einen Mangel, von deren Existenz die Firma Gut Holz jedoch nicht überzeugt ist. Sie ärgert sich, da das Verhalten der Lahm AG offensichtlich Methode hat und fragt sich, welchen Schritt sie nun gehen sollte.

#### Antwort:

Tatsächlich wird aufgrund der Verweigerung unter Benennung mindestens eines Mangels auch im Bauvertrag die Abnahme des Bauvorhabens verhindert. Die allgemeine Vorschrift des **§ 640 Abs. 2 Satz 1 BGB n.F.** gilt nämlich zunächst einmal auch dort:

*«Als abgenommen gilt ein Werk auch, wenn der Unternehmer dem Besteller nach Fertigstellung des Werks eine angemessene Frist zur Abnahme gesetzt hat und der Besteller die Abnahme nicht innerhalb dieser Frist unter Angabe mindestens eines Mangels verweigert hat.»*

Die Fiktion kann somit wegen der wirksamen Verweigerung der Abnahme nicht eintreten

Nach bisheriger Rechtslage wären damit die außerprozessualen Möglichkeiten der Firma Gut Holz leider ausgeschöpft gewesen. Sie müsste nun entweder auf Abnahme klagen oder ihren Vergütungsanspruch direkt klageweise geltend machen. Zumindest in der Zeit bis zur Tätigkeit des Gerichtsgutachters ginge sie dann das Risiko ein, dass sich die Leistung aus irgendwelchen Gründen verschlechterte. Aufgrund der Beweislastverteilung und der Tatsache, dass der Auftragnehmer bis zur Abnahme die mangelfreie Herstellung zu beweisen hat, ist dies jedoch höchst unbefriedigend, was den Gesetzgeber motiviert hat, eine Erleichterung für den Auftragnehmer zumindest für den Bauvertrag aufzunehmen.

So lautet **§ 650g Abs. 1 BGB n.F.** wie folgt:

*«Verweigert der Besteller die Abnahme unter Angabe von Mängeln, hat er auf Verlangen des Unternehmers an einer gemeinsamen Feststellung des Zustands des Werks mitzuwirken. Die gemeinsame Zustandsfeststellung soll mit der Angabe des Tages der Anfertigung versehen werden und ist von beiden Vertragsparteien zu unterschreiben.»*

Die gemeinsame Zustandsfeststellung ist freilich nicht mit der Abnahme zu verwechseln. Zwar mag das Ergebnis der gemeinsamen Feststellung sein, dass sich der Auftraggeber am Ende doch noch ein Herz nimmt und die Leistungen des Auftragnehmers ausdrücklich abnimmt. In der Regel wird es jedoch bei der reinen Zustandsfeststellung verbleiben, die – dies ist zu betonen – ebenfalls eine Fertigstellung der Leistung im Sinne der Abarbeitung des Leistungskataloges voraussetzt.

Zu beachten ist, dass die Zustandsfeststellung - ähnlich wie die förmliche Abnahme - aufgrund der ausdrücklichen gesetzlichen Anforderung schriftlich niedergelegt werden muss und von beiden Parteien sodann zu unterschreiben ist. Es stellt sich jedoch die Frage, was der Auftragnehmer mit einem solchen Dokument nun anfangen soll. Dies beantwortet der nächste Fall:

### **Fall 10: Gesucht, gefunden**

Tatsächlich vereinbart die Lahm AG mit der Firma Gut Holz einen Termin zur Zustandsfeststellung. Es werden insgesamt 14 Mängel aufgenommen. Sodann trägt Herr Holz das aktuelle Datum ein und beide Parteien unterschreiben das Protokoll, welches nachfolgend beiden ausgehändigt wird. Nur drei Tage später rügt die Firma Lahm gegenüber der Firma Gut Holz, dass bei einer Holzbohle eine großflächige Abplatzung festzustellen sei. Unstreitig ist, dass diese Abplatzung im Protokoll nicht enthalten war, jedoch durchaus ins Auge fällt. Weder die Vertreter der Firma Gut Holz, noch die Vertreter der Lahm AG können sich erinnern, ob zum Zeitpunkt der Zustandsfeststellung genau diese Abplatzung bereits vorhanden gewesen ist. Die Lahm AG behauptet, hierauf komme es jedoch ohnehin nicht an, da offenbar die weitere Nachunternehmerin, die Lari & Fari GmbH, im Zuge einer Mängelbeseitigung an der Fassade offenbar diesen Schaden verursacht habe. Und nun?

#### **Antwort:**

Zunächst einmal hat die Firma Gut Holz alles richtig gemacht. Sie hat nach erfolgter Abnahmeablehnung den Feststellungstermin vereinbart und durchgeführt und ein ordnungsgemäßes Protokoll angefertigt. Allerdings kann man nun zu Recht die Frage stellen, was der Firma Gut Holz ein derartiges Protokoll überhaupt bringt. Dies beantwortet **§ 650g Abs. 3 BGB n.F.:**

*«Ist das Werk dem Besteller verschafft worden und ist in der Zustandsfeststellung nach Abs. 1 oder 2 ein offenkundiger Mangel nicht angegeben, wird vermutet, dass dieser nach der Zustandsfeststellung entstanden und vom Besteller zu vertreten ist. (...)»*

Wie in dem obigen Fall handelt es sich bei der Abplatzung tatsächlich um einen Schaden, der offen zu Tage trat. Genau so wird man auch einen offenkundigen Mangel zu definieren haben. Es darf sich nicht um einen solchen handeln, den man erst dann erkennen kann, wenn man weitere Untersuchungen anstrengt oder aber vielleicht sogar Öffnungen der

Bauleistung an Stellen veranlasst, die nicht zur Öffnung gedacht sind. Auf der anderen Seite wird man konkret zur Öffnung bestimmte Bereiche im Zuge von Zustandsfeststellungen öffnen und hereinsehen müssen. Dieser hinter der Öffnung liegende Bereich würde nämlich zu den leicht sichtbaren Bereichen zählen, so dass offenkundige Mängel auch dort relevant würden.

Offenkundig ist der Mangel regelmäßig dann, wenn er bei einer ordnungsgemäßen Zustandsfeststellung ohne weiteres hätte entdeckt werden müssen, wobei die jeweilige Fachkunde des Bestellers selbstverständlich für die Frage, was er hätte erkennen müssen, relevant ist.

Sicherlich wird im Einzelfall darüber gestritten werden, was offenkundig ist und was nicht. Hier dürften sich die Gerichte jedoch eindeutig positionieren.

Bei der im obigen Fall vorliegenden Offensichtlichkeit kommt nun die Konsequenz der Vorschrift zum Tragen: Es wird vermutet, dass der Mangelpunkt erst nach der Zustandsfeststellung entstanden und vom Besteller zu vertreten ist. Ist das der Fall, haftet nämlich der Auftraggeber für diesen Mangel.

Man darf aber nicht unberücksichtigt lassen, dass es sich nur um eine Vermutung handelt. Das heißt, der Auftraggeber kann beweisen, dass der Mangel trotz fehlender Aufnahme im Protokoll bereits bei der Zustandsfeststellung existent war oder er zwar danach entstanden ist, er ihn aber nicht zu vertreten hat. In beiden Fällen fiel die Vermutung in sich zusammen. Dann würde wieder der Auftragnehmer haften, es sei denn, er dem Auftraggeber könnte hinsichtlich des Mangels bei bloßer Widerlegung der zeitlichen Komponente ein Verschulden an der Entstehung des Mangels zuweisen, also dessen Verantwortung beweisen.

Insofern darf man nicht vergessen, dass die Abnahme gerade noch nicht erfolgt ist, so dass die Abnahmewirkungen auch nicht eintreten. Das bedeutet, dass die Gefahr der Zerstörung der Beschädigung grundsätzlich weiterhin vom Auftragnehmer getragen wird. Zwar existiert nun eine Vermutung, dass der Auftraggeber Schuld an dem nicht festgestellten Umstand trägt, was zu einer Übertragung der Haftung auf ihn führt. Kann der Auftraggeber aber beweisen, dass er den vermeintlichen Mangel gar nicht verschuldet hat oder er schon bei der Zustandsfeststellung vorhanden war, bleibt es zunächst bei der Pflicht des Unternehmers, am (in der Zukunft gelegenen) Zeitpunkt der Abnahme ein mangelfreies Werk zu präsentieren.

Vorliegend behauptet die Lahm AG, die Abplatzung sei durch die Lari & Fari GmbH, eine weitere Nachunternehmerin, an dem fraglichen Objekt entstanden. Wenn sie dies schlussendlich beweisen kann, ist sie der Vermutung wirksam entgegengetreten. In diesem Fall würde sie für den entstandenen Schaden nicht haften und die Firma Gut Holz müsste sich um die Mängelbeseitigung bemühen.

Allerdings könnten die Firma Gut Holz gegebenenfalls, wenn entsprechende Ansprüche bewiesen werden könnten, bei der Lari & Fari GmbH Rückgriff nehmen.



## Fall 11: Ich will nicht

Wie wäre der vorangegangene Fall zu entscheiden, wenn die Lahm AG keine Lust auf den Termin hat und ihm fernbleibt.

### Antwort:

Was auf den ersten Blick höchst misslich erscheint, ist auf den zweiten Blick gar nicht so schlimm. Hierfür hat der Gesetzgeber nämlich ebenfalls eine Lösung gefunden, die den Auftragnehmer freuen wird. **§ 650g Abs. 2 BGB** regelt diesen Fall wie folgt:

*«Bleibt der Besteller einem vereinbarten oder einem von dem Unternehmer innerhalb einer angemessenen Frist bestimmten Termin zur Zustandsfeststellung fern, so kann der Unternehmer die Zustandsfeststellung auch einseitig vornehmen. Dies gilt nicht, wenn der Besteller infolge eines Umstands fernbleibt, den er nicht zu vertreten hat und den er dem Unternehmer unverzüglich mitgeteilt hat. Der Unternehmer hat die einseitige Zustandsfeststellung mit der Angabe des Tages der Anfertigung zu versehen und sie zu unterschreiben sowie dem Besteller eine Abschrift der einseitigen Zustandsfeststellung zur Verfügung zu stellen.»*

Nun wird man nicht einfach ein Blatt ohne jede Mängelbezeichnung zusenden können, wenn einzelne Mängel sich deutlich abzeichnen. Da ausdrücklich von einer Zustandsfeststellung die Rede ist, muss sich auch aus der einseitig erstellten Unterlage ergeben, dass tatsächlich eine Dokumentation des aktuellen Zustandes erfolgt, also das Werk insbesondere vor Ort in Augenschein genommen und mit technischem (nicht juristischem!) Blick untersucht wurde.

Verhindert der Auftraggeber indessen eine örtliche Besichtigung durch den Auftragnehmer, wird dieser die Zustandsfeststellung sogar aus der Erinnerung heraus «durchführen» dürfen.

Achtung! Die formellen Vorgaben sind zwingend zu beachten. Eine ohne Datum und Unterschrift einseitig erstellte Unterlage ist somit bedeutungslos. Zwingend ist zudem, dass die Abschrift der Feststellung an den Besteller gelangen muss. Erst mit dem Zugang bei ihm, entfaltet die Unterlage Gültigkeit. Daher ist es besonders wichtig, den Zugang später beweisen zu können.

## Fall 12: Das andere Holz

Die Firma Gut Holz hat für die Lahm AG unter anderem auch ein größeres Gartenhaus errichtet, bei dem vereinbart war, dass nur unbehandeltes Holz zum Einsatz kommen sollte und die Lahm AG den Anstrich später durch ein anderes Unternehmen durchführen lassen werde. Nach drei Wochen emsigen Arbeitens ist der Aufbau vollendet und die Firma Gut Holz erbittet die Abnahme, die unter Benennung eines Mangels abgelehnt wird. Bei der anschließenden Zustandsfeststellung werden in Anbetracht dieses Gartenhauses keine Einwendungen aufgenommen. Nach drei Tagen fällt der Lahm AG jedoch auf, dass ein völlig anderes als das bestellte Holz verbaut wurde, was aufgrund einer deutlich zu hellen Holzfarbe ohne weiteres erkennbar war. Die Lahm AG meint, es sei doch wohl ganz klar, dass sie für das Problem nicht verantwortlich sei; beweisen müsse sie ihre fehlende Verantwortung daher nicht. Auch die Firma Gut Holz fühlt sich im Recht und vertritt die Auffassung, durch die Zustandsfeststellung hafte die Lahm AG, da vermutet werde, dass der Mangel erst nach der Zustandsfeststellung eingetreten sei und die Lahm AG ihn verschuldet habe. Wer hat Recht?

### Antwort:

Schauen wir uns nochmals **§ 650g Abs. 3 BGB n.F.** etwas genauer an. Dort heißt es:

*«Ist das Werk dem Besteller verschafft worden und ist in der Zustandsfeststellung nach Abs. 1 oder 2 ein offenkundiger Mangel nicht angegeben, wird vermutet, dass dieser nach der Zustandsfeststellung entstanden und vom Besteller zu vertreten ist. Die Vermutung gilt nicht, wenn der Mangel nach seiner Art nicht vom Besteller verursacht worden sein kann.»*

Wir hatten bereits erwähnt, dass **§ 650g BGB n.F.** die Abnahmewirkungen nicht eintreten lässt. Die Gefahr liegt also grundsätzlich noch beim Unternehmer. Ihm kommen lediglich Beweiserleichterungen zugute. Hier wird man feststellen müssen, dass offensichtlich und sogar unstreitig ein anderes als das vereinbarte Material verwendet wurde. Der Gesetzgeber hat in seiner Gesetzesbegründung insbesondere dargelegt, dass ein Mangel dann nach seiner Art nicht vom Besteller verursacht sein dürfte, wenn es sich z.B. um Materialfehler handelt oder der Mangel darin besteht, dass das Werk nicht nach den Planungsvorgaben hergestellt wurde. Das ist hier der Fall, sodass die Vermutung nicht durchschlägt.

Im Ergebnis gilt, dass man **§ 650g BGB n.F.** keine übermäßige Bedeutung zurechnen sollte. Man muss insbesondere stets im Hinterkopf behalten, dass durch ihn die Abnahme nicht ersetzt wird. Es muss also weiterhin das Ziel des Unternehmers bleiben, die Abnahme zu erlangen, um die Abnahmewirkungen herbeizuführen.

Dennoch ist **§ 650g BGB n.F.**, auch wenn fraglich sein mag, ob seine Vermutungswirkungen dem Auftragnehmer wirklich helfen, nicht bedeutungslos. Denn der Auftraggeber geht bei jeder schlampig geführten Zustandsfeststellung das Risiko ein, dass er für nicht gerügte Mängel anschließend keine Ansprüche gegen deren Auftragnehmer durchsetzen kann. Dies wird ihn veranlassen, möglichst alle Mängel aufzuführen, was zumindest dazu führen kann, dass der Unternehmer weiß, woran er ist und die Mängel beseitigen kann.

Die Rechtsprechung wird zeigen, ob man der Vorschrift ggf. weitere Bedeutung zumessen kann, z.B. dass aus der Mängelliste eine unberechtigte Mängelbeseitigung folgen kann.

## **Block D1**

# **Intelligente und effiziente Fassaden in Modernisierung und Neubau**



# **Vorgehängte und hinterlüftete Fassade – der Energiemanager: aktiv, passiv, nachhaltig**

Prof. Jörn P. Lass  
Technische Hochschule Rosenheim  
Studienrichtung Gebäudehülle  
Rosenheim, Deutschland





# Vorgehängte und hinterlüftete Fassaden – der Energiemanager: aktiv, passiv, nachhaltig

## 1. Einleitung

### 1.1. Klimaänderung

Globale Erderwärmung ist in aller Munde: in den letzten 100 Jahren ist die durchschnittliche Temperatur der erdnahen Bereiche um ca. 0,6 bis 0,7 K gestiegen!

Ein Anstieg der Temperatur über die letzten Jahrzehnte wurde auch in Deutschland beobachtet und dokumentiert. In den letzten drei Jahrzehnte betrug die Mitteltemperatur in Deutschland 8,2°C. Seit 25 Jahren ist ein kontinuierlicher Temperaturanstieg zu beobachten. Im Jahr 2015 betrug die Mitteltemperatur in Deutschland bereits 9,9°C. Simulationsrechnungen auf Basis der erhobenen Daten und hieraus abgeleiteter Modelle lassen eine weitere Zunahme der Temperatur erwarten. Wir werden den Temperaturanstieg aller Voraussicht nach nicht stoppen, können aber beeinflussen, wie stark dieser Anstieg ausfällt. Simulationen des Deutschen Wetterdienst lassen Jahresmitteltemperaturen zwischen 10,5°C und 13,5°C im Jahr 2100 erwarten. Dieser Herausforderung müssen wir uns stellen und entsprechende Vermeidungs- und Gegenmaßnahmen einleiten. Die Reduzierung von schädlichen Treibhausgasen ist hierbei der Schlüssel zum Erfolg und kann signifikant durch uns beeinflusst werden, damit die Temperaturzunahme im unteren Erwartungsbereich liegt.

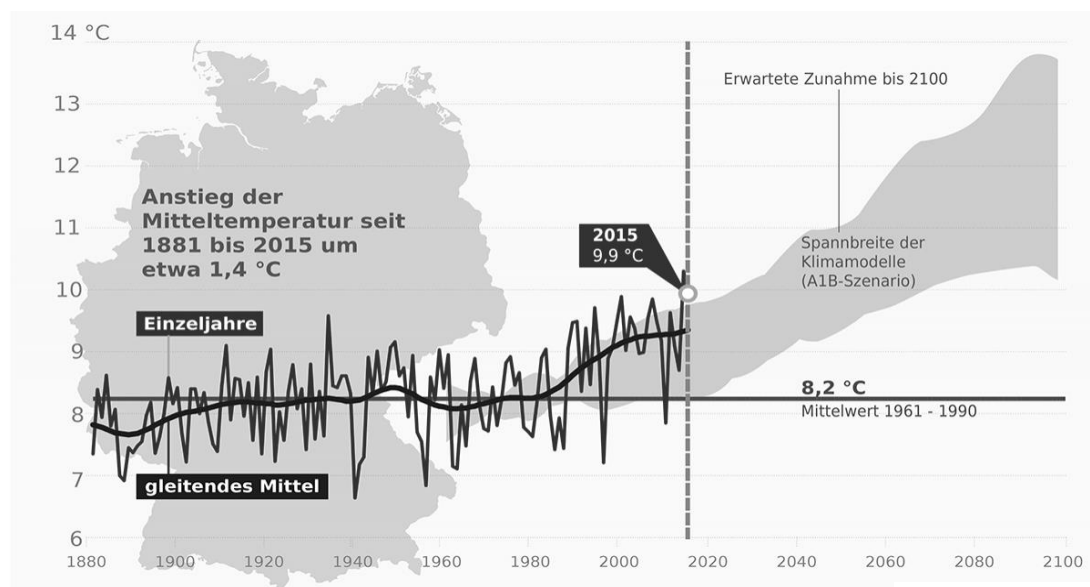


Abbildung 1: Temperaturentwicklung von 1881 bis 2015 und erwartete Zunahme bis 2100 in Deutschland<sup>1</sup>

### 1.2. Warum sind Gebäudehüllen im Kampf gegen die globale Erwärmung so wichtig?

Um sich dieser Frage zu stellen, ist zunächst ein Blick auf die Verteilung des Energieverbrauchs in Deutschland erforderlich. Ein nach Anwendungsbereichen unterteilte Auswertung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zeigt, dass zusammen mit

<sup>1</sup> Deutscher Wetterdienst, Offenbach, 2015

«Warmwasser», «Klimakälte» und «Beleuchtung» gut 1/3 des Gesamtenergieverbrauches auf das Konto der Gebäude gehen.<sup>2</sup>

Unterteilt man weiter nach Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden, so entfällt der größte Anteil auf die Wohngebäude mit ca. 64%. 70 % bei Wohngebäuden und 73 % bei Nichtwohngebäuden wird für Raumwärme eingesetzt. Hieraus wird zweifelsfrei die Bedeutung einer effizienten Verwendung von Energie im Gebäude ersichtlich. Dies kann sowohl bei der Wärmeerzeugung wie auch bei der Vermeidung von Energieverlusten erfolgen.

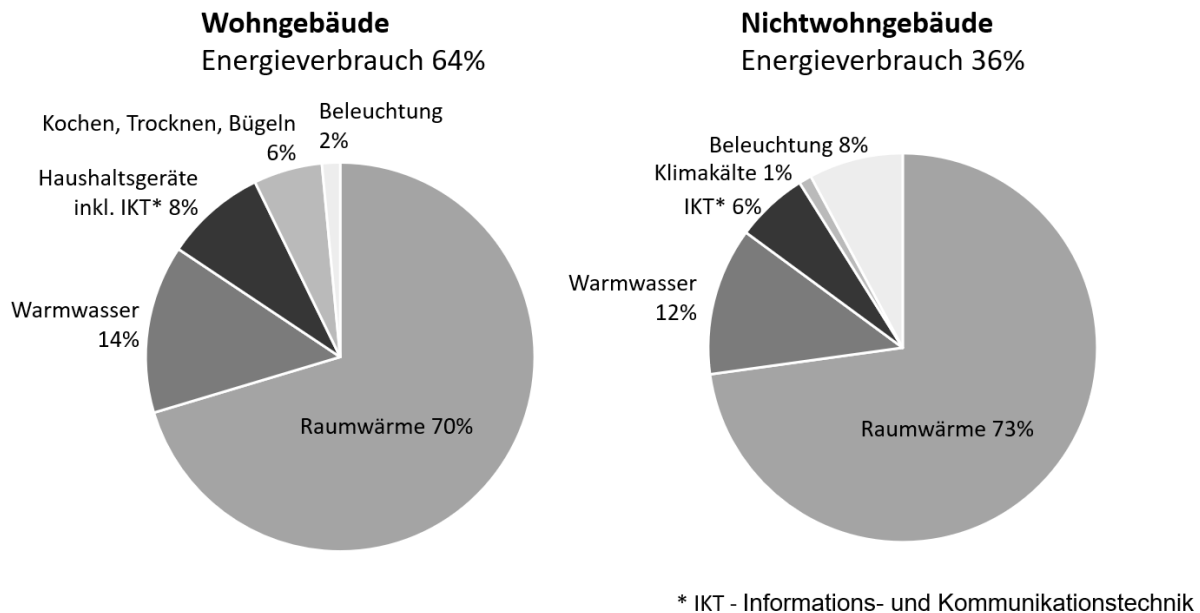


Abbildung 2: Endenergieverbrauch in Gebäuden nach Anwendung in Deutschland 2016<sup>3</sup>

## 2. Innovatives System – vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF)

Eine effiziente Lösung zur Optimierung der Gebäudehülle im Neu- und Altbau stellt die VHF dar. Sie ermöglicht passive, aktive und hybride Konstruktionen und kann am Ende des Lebenszyklus sortenrein recycelt werden. Dabei ermöglicht sie dem Planer eine enorme Gestaltungsfreiheit in Form und Materialität. Die VHF kann als passives oder aktives Element in die Gebäudehülle einbezogen werden. Um eine aktive Integration der Fassade im Gebäude zu ermöglichen, müssen sämtliche Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Anhand von Parametern wie z.B. der Himmelsrichtung, dem Neigungswinkel oder der Verschattung durch Bäume und umliegende Gebäude kann die globale Einstrahlung bestimmt werden. Abhängig hiervon kann die Fassade individuell an die Gegebenheiten angepasst werden. So können Süd-, Ost- und West-Fassaden aktiv zur Raumerwärmung im Winter beitragen und Nordfassaden durch optimale Dämmung Verluste vermeiden. Auch die adaptive Anpassung der Fassade durch Sonnenschutzlösungen oder variable Wärmedämmung ist machbar, um die sommerliche Überhitzung der dahinter liegenden Räume zu vermeiden.

Solare Einstrahlung kann durch Luftkollektoren oder Photovoltaik sogar Energie bereitstellen, die im Winter zur Raumheizung und im Sommer zur aktiven Kühlung genutzt werden. Die gewonnene thermische Energie kann z.B. zur Bauteilaktivierung eingesetzt werden oder in konventionellen Heizsystemen. Die Fassade bzw. die Fassadenbekleidung erfüllt somit einen Mehrfachnutzen (s. Abbildung 3).

<sup>2</sup> BMWi, Verteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungsbereich in Deutschland im Jahresvergleich 2008 und 2016, Quelle: Statista

<sup>3</sup> BMWi, Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)



Eine vorgehängte hinterlüftete Fassade versteht sich damit als **aktiver Teil einer Gebäudehülle** und unterstützt den Energiehaushalt des Gebäudes.

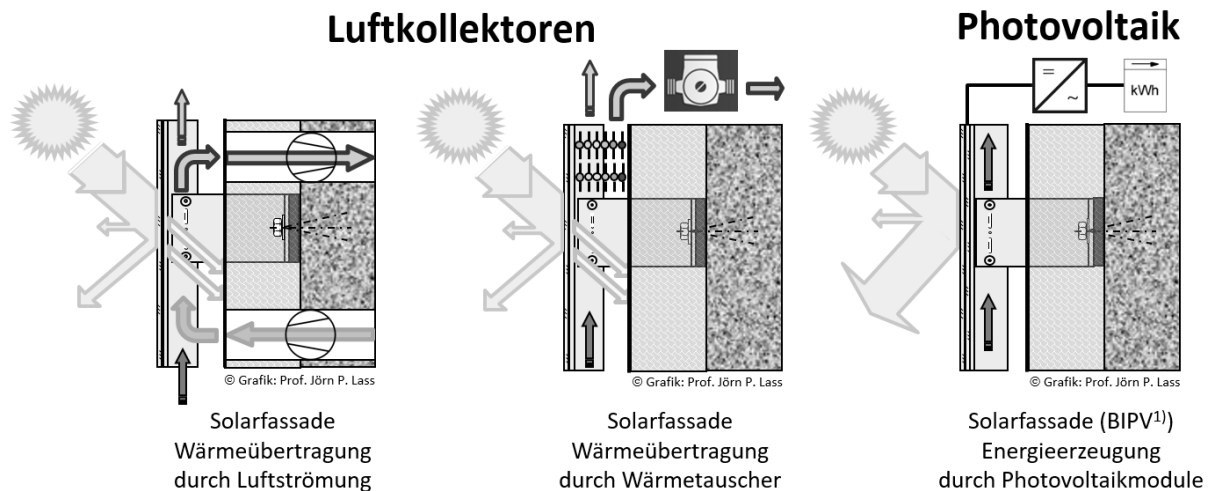


Abbildung 3: VHF als aktive Gebäudehülle <sup>4</sup>

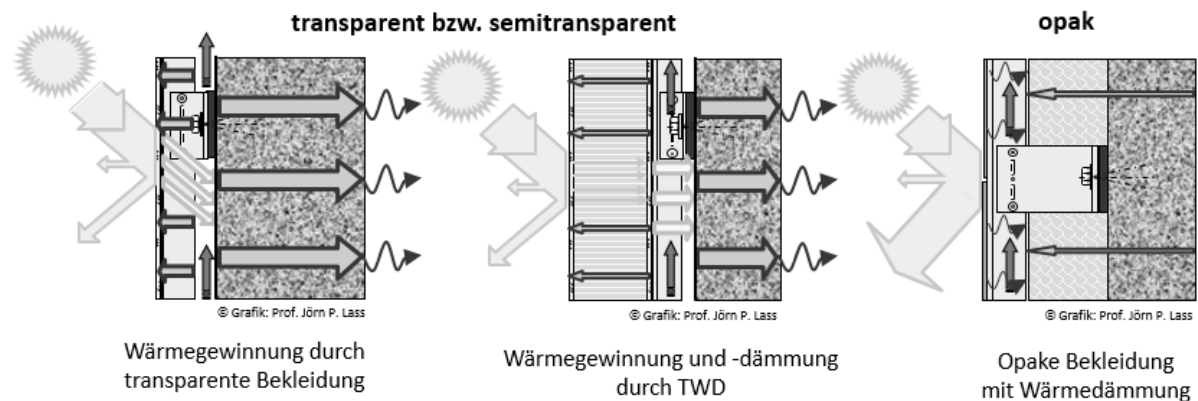


Abbildung 4: passive Kollektorfassaden<sup>5</sup>

Wählt man dagegen eine opake Bekleidung (s. rechte Darstellung in Abbildung 4) so kann zwar die Solarstrahlung die Bekleidung erwärmen und die Temperatur hinter und auf der Bekleidung erhöhen, aber die Wärmedämmung verhindert selbst bei starker Solarstrahlung einen nennenswerten Wärmestrom in den Raum. Die absorbierte Energie kann auch die Transmissionswärmeverluste nicht ausgleichen.

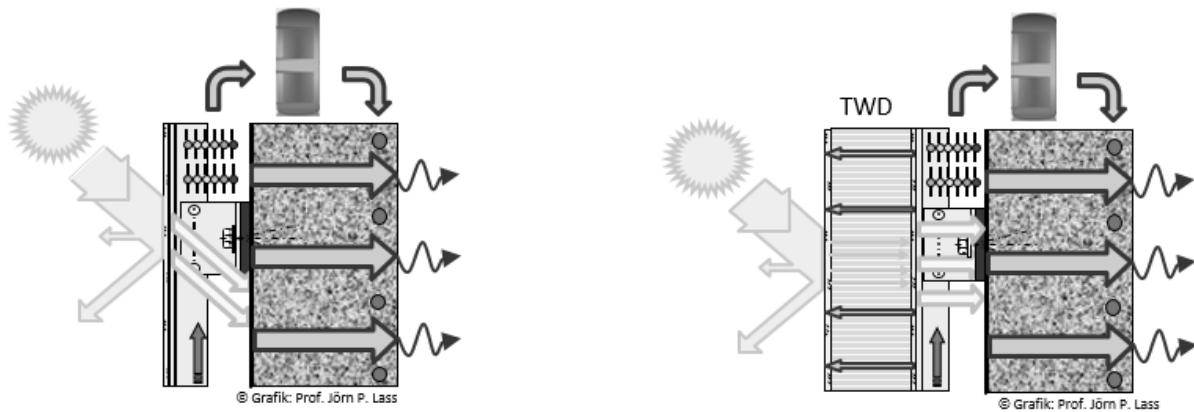
Eine Sonderform der opaken Bekleidung ist eine gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage (BIPV), die durch die Stromerzeugung aktiv zur Energieversorgung des Gebäudes beiträgt.

Kombiniert man aktive und passive Komponenten in der Gebäudehülle, so spricht man von einer **hybriden VHF**. Hierbei werden aktive Techniken wie z.B. Wärmetauscher oder PV-Elemente genutzt, um Energie zu «ernten», zu transportieren und zu speichern und zusätzlich wird der Verankerungsgrund zur Speicherung oder eine transparente Wärmedämmung (TWD) zur Konservierung und zeitversetzten Wärmeabgabe in den Raum genutzt. In der nachfolgenden Abbildung 5 sind solche hybriden Systeme dargestellt.

<sup>4</sup> Eigene Darstellung

BIPV <sup>1</sup>) Building Integrated Photo Voltaic

<sup>5</sup> Eigene Darstellung

Abbildung 5: hybride Form einer Gebäudehülle<sup>6</sup>

Die Speicherung der aktiv erzeugten Wärme kann durch Schichtspeicher oder Bauteilaktivierung erfolgen. Hierdurch können die Temperaturschwankungen auf der Gebäudeaußen-seite sehr gut ausgeglichen werden und ein gleichbleibendes Klima im Gebäude geschaffen werden.

### 3. Zusammenfassung

Bereits das Grundkonzept der VHF bietet durch die konsequente Trennung von Witterungsschutz (Bekleidung), Wärmeschutz (Dämmung) und statisch tragendem Bereich (Verankerungsgrund) eine überaus intelligente Lösung für die Außenwand. Diese Trennung liefert unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit und der dem System konstruktiv gegebene sortenreinen Recyclbarkeit der Materialien und den hohen erzielbaren Energieeinsparpotentialen ein herausragendes Ergebnis.

Wenn nun in die hinterlüftete Fassade weitere energieerzeugende Funktionen integriert und die konstruktiven Gegebenheiten und Flächen einer zusätzlichen Nutzung zugeführt werden, ist dies ein Mehrwert, der seines gleichen sucht. Ein weiteres Plus wird dem Gebäude auch dadurch gegeben, dass durch entsprechende Ausrüstung der Fassade eine Klimasteuerung ermöglicht wird oder thermische bzw. elektrische Energie für die weitere Verwendung im Gebäude bereitgestellt werden kann. Damit kann man sagen, dass die vorgehängte hinterlüftete Fassade eine Konstruktion ist, die die Bezeichnung «Energiemanager» auf jeden Fall verdient.

<sup>6</sup> Eigene Darstellung

# Durch Fassadensanierung zur Autarkie?

Karl Viridén  
Viridén + Partner AG  
Zürich, Schweiz





# Durch Fassadensanierung zur Autarkie?

## 1. BFE-Leuchtturmprojekt mit aktiver Glasfassade

Die nachhaltige Erneuerung des Siedlungsbereichs ist eine der grosse Herausforderungen für das Energiesystem der Schweiz. Der Umbau des innerstädtischen Mehrfamilienhauses «Hofwiesen-/Rothstrasse» als Leuchtturmprojekt wurde daher von verschiedenen staatlichen Stellen unterstützt. Die Gebäudeerneuerung beruht auf einem energetisch und städtebaulich gewinnbringenden Konzept; ein mehrjähriger Praxistest soll zudem aufzeigen, wie das Konzept im urbanen Gebäudebestand multipliziert werden kann. Gemeinsam mit Vertretern des Bundes und des Kantons Zürich hat ein Konsortium privater Investoren und Unternehmen das nationale Leuchtturmprojekt mitten in der Stadt Zürich einem breiten Publikum vorgestellt.

Die Energiezukunft beginnt auch im urbanen dicht besiedelten Kontext: In Sichtweite des Schaffhauserplatzes, mitten im Zürcher Stadtkreis 6, wurde ein Wohnhaus mit neuartiger Glasfassade realisiert. Das Fassadensystem erzeugt Energie in Form von Solarstrom, ist optisch aber nicht von einer normalen Glasfassade zu unterscheiden und daher optimal in die innerstädtische Siedlungsumgebung integrierbar. Kernstück dieser Schweizer Premiere ist das Photovoltaikmodul (mit monokristallinen Zellen) mit matter Oberfläche, dessen Farbe unterschiedlich gewählt werden kann.

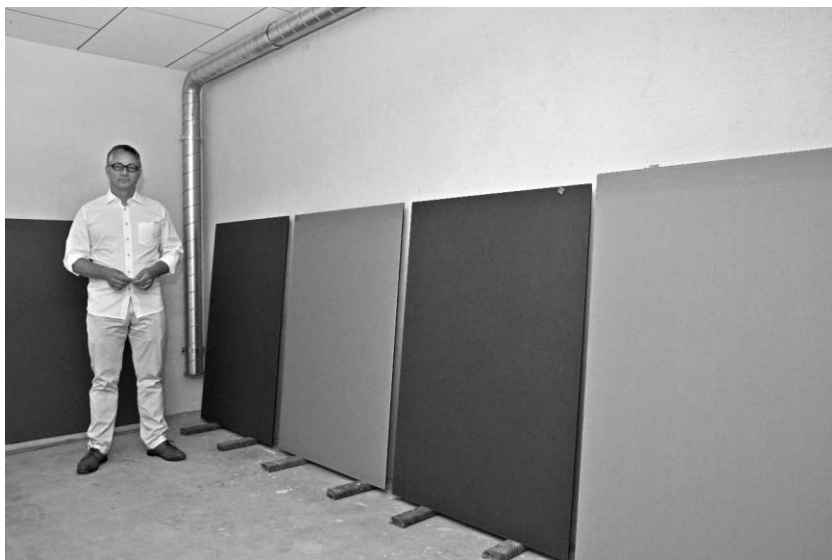


Abbildung 1: Farbigen Module für eine „Aktive Glasfassade“

Auch die Leistungswerte der innovativen Glasfassade überzeugen: Insgesamt erzeugen Fassaden- und Dachflächen so viel Solarstrom, dass die jährliche Energiebilanz für Bereitstellung des Raumklimas, Beleuchtung und weitere Anwendungen in den 30 Wohn- und Büroeinheiten positiv ausfällt. Die erwarteten Überschüsse werden ins Stromnetz des ewz eingespeist.

Die Herausforderung in der dezentralen und erneuerbaren Energieversorgung liegt vor allem darin, dass Solarstrom hauptsächlich in den Sommermonaten produziert wird, während der Verbrauch in den Wintermonaten meist höher liegt. Kombinierte Photovoltaik-Anlagen mit unterschiedlicher Ausrichtung können diese Divergenzen ausgleichen: Dachanlagen haben einen eindeutigen «Ertrags-Peak» im Sommer. Bei PV-Modulen an Gebäudefassaden sind die Einstrahlwinkel dagegen geringer; sie liefern im Jahresverlauf daher gleichmässiger Erträge, mit jeweils kleineren «Peaks» im Frühling respektive Herbst.

Die Gesamtanlage Hofwiesen-/Rothstrasse liefert somit auch während den Übergangszeiten im Frühling und Herbst einen wesentlichen Beitrag zum Strombedarf der Mieterschaft und für die Gebäudeversorgung.

Die Photovoltaikanlage auf dem Dach ist seit April in Betrieb; die Photovoltaikanlage an den Gebäudefassaden wurde zwischen Juli und September in Betrieb genommen.



Abbildung 2: Modernisierung mit „Aktiver Glasfassade“

## 2. Reduktion des Heizwärmeverbrauchs um 88 Prozent

Der Umbau des Mehrfamilienhauses wurde aber nicht nur für die lokale Energieproduktion genutzt. Er bot auch Gelegenheit, ein nachhaltiges und genügsames Energie- und Verdichtungskonzept umzusetzen. Das vierstöckige Eckhaus mit Baujahr 1982 konsumierte vor der Sanierung 107 kWh/m<sup>2</sup>, was in einen theoretischen Heizölbedarf von über 10 l/m<sup>2</sup> umgerechnet werden kann. Nach Erneuerung wurde dank der Erneuerung der Gebäudehülle mit optimaler Wärmedämmung und einer Wärmeversorgung mit effizienter Wärmepumpe der Kennwert auf 13 kWh/m<sup>2</sup> gesenkt. Der Heizenergiebedarf sank um 88 Prozent, was den Anforderungen des Minergie-P-Gebäudelabels entspricht. Eine Zertifizierung wurde nicht vorgenommen. Trotz Aufstockung um zwei Geschosse (mit insgesamt acht Wohnungen) und der Erhöhung der beheizbaren Nutzfläche konnte ein markanter, absoluter Spareffekt von 84 Prozent erreicht werden.

Ein weiteres Ziel des Leuchtturmprojekts ist eine maximale Eigenbedarfsabdeckung. Möglichst viel des am Gebäude produzierten Stroms soll zeitnah vor Ort genutzt werden. Für den Betrieb des MFH Hofwiesen-/Rothstrasse wird ab 2018, nach der ersten Nutzungsperiode, ein Stromspeichersystem mit Batterie eingesetzt.

## 3. Aufstockung in Holzelementbauweise

Die Aufstockung um zwei Geschosse erfolgt in Holzelementbauweise. Die bestehenden Balkone wurden grösstenteils entfernt und danach abgekoppelt sowie thermisch getrennt von der tragenden Gebäudestruktur neu erstellt. Zudem wurde die Haustechnik vollständig erneuert: Die Heizenergie wird mit einer Split-Luft/Wasser-Wärmepumpe erzeugt, wozu die Umgebungsluft als Energiequelle genutzt wird. Die Wohnungslüftung erfolgt über ein zentrales Lüftungsgerät.

## 4. Leuchtturmprojekt: Praxistest erwünscht und Nachahmung empfohlen

Die Umsetzung der nachhaltigen und innovativen Gebäudeerneuerung endet nicht mit dem Abschluss der Bauarbeiten an der Ecke Hofwiesen-/Rothstrasse. Sie wird in einer wissenschaftlichen Praxisanalyse bis 2019 fortgesetzt: Ab 2017 startet die zweijährige Messperiode. Nach dem ersten Betriebsjahr wird ein Stromspeichersystem integriert. Die wissenschaftliche Auswertung des Praxistests wird 2019 vorliegen.

Das von einem privaten Konsortium unter Federführung der Viridén + Partner AG geplante und realisierte Vorhaben ist ein öffentlich gefördertes Pilot- und Demonstrationsprojekt. Das Bundesamt für Energie (BFE) hat es in sein Leuchtturmprogramm aufgenommen. Damit wird die marktnahe Entwicklung von innovativen Technologien und Lösungen im Cleantech-Bereich vorangetrieben und die Umsetzung der Energiestrategie 2050 unterstützt. «BFE-Leuchtturmprojekte wie diese Gebäudeerneuerung zeigen auf, wie sich die Energiezukunft der Schweiz gestalten kann», erklärte BFE-Direktor Walter Steinmann.

Auch der Kanton Zürich strebt ambitionierte Ziele für die Energieversorgung der bevölkerungsreichsten Region der Schweiz an. Die Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses bis ins Jahr 2050 auf 2,2 Tonnen pro Kopf und Jahr ist gesetzlich festgeschrieben. «Wir unterstützen das nachhaltige Sanierungsprojekt, weil es eine nachahmenswerte Lösung für fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlagen präsentiert», bestätigte Hansruedi Kunz, Abteilungsleiter Energie und stellvertretender Amtschef beim Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL des Kantons Zürich.

Im Weiteren beteiligt sich das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) an der Umsetzung, weil die Umsetzung «der erneuerbaren Energiezukunft auf der Niederspannungsebene stattfinden wird», betonte Benedikt Loepfe, stellvertretender Direktor des ewz. Das ewz will mit der Projektbeteiligung weitere Erkenntnisse gewinnen, wie der Eigenverbrauch von produzierter Energie an Ort und Stelle möglichst zeitgleich gelingen kann und wie ein optimales Energiemanagement im Stromnetz innerhalb bestimmter Grenzen («Quartier-netz») funktioniert.

Für die Umsetzung konnte darüber hinaus ein kompetentes Projektteam aus Investoren und Unternehmen zusammengestellt werden, die ihrerseits erhebliche Eigenleistungen erbringen. Finanziell wird das Leuchtturmprojekt vom Bundesamt für Energie (BFE), dem Kanton Zürich (AWEL), ewz und der EcoRenova AG unterstützt. Die EcoRenova AG hat das Nutzungsrecht der Photovoltaikanlagen an Fassade und Dach von den Privateigentümern der Liegenschaft erworben.

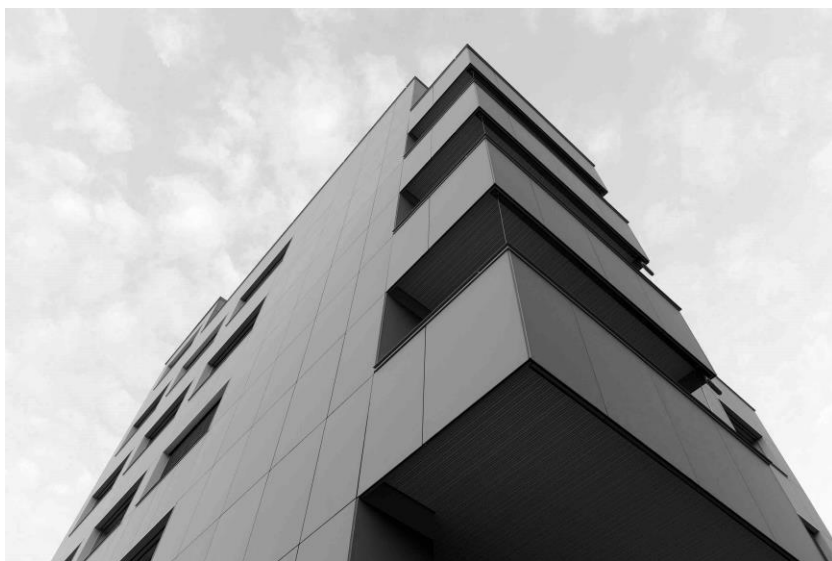


Abbildung 3: Gebäudekante West-/Südfassade mit Balkonen





# **Energetische Fassadensanierung mit Passivhauskomponenten im laufenden Schulbetrieb. Eine logistische und technische Herausforderung. Gesamtschule Niederwalgern, Hessen**

Dominik Wowra  
Rubner Holzbau GmbH  
Augsburg, Deutschland





# Energetische Fassadensanierung mit Passivhauskomponenten im laufenden Schulbetrieb. Eine logistische und technische Herausforderung. Gesamtschule Niederwalgern, Hessen

## 1. Einführung

Sowohl die EU als auch Deutschland haben sich ambitionierte Klimaschutzziele gesetzt: Bis 2050 sollen die jährlichen Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95 Prozent sinken. Öffentliche und private Gebäude in Deutschland verbuchen für Heizung, Warmwasser und Beleuchtung einen Anteil von 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs. Sie stehen für fast 20 Prozent des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Der Klimaschutzplan 2050 sieht für den Sektor ‚Gebäude‘ im Jahr 2030 eine Reduktion um mind. 137 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent gegenüber dem Jahr 1990 vor. Der Bausektor trägt hier einen wesentlichen Anteil und kann durch die im Holzbau etablierte Planung und Vorfertigung die zum Teil großen Herausforderungen hervorragend umsetzen. Diese positiven Erfahrungen waren für den Bauherrn Landkreis Marburg-Biedenkopf bei der bereits im Jahr 2015 erfolgreich durchgeführten energetischen Sanierung einer Gesamtschule in der hessischen Kleinstadt Wetter Basis und Anlass für eine weitere energetische Sanierung, diesmal für die Gesamtschule in Niederwalgern einem Ortsteil der mittelhessischen Stadt Weimar (Lahn). Die 1.500 Einwohner zählende Gemeinde liegt knapp 100 km nördlich von Frankfurt am Main. Rund 700 Schüler aus der Region besuchen die Haupt- und Realschule bzw. einen Gymnasialzweig.

Das Ziel des Bauherrn für diese Sanierungsmaßnahme war neben der optischen Aufwertung und der Erneuerung der Gebäudetechnik eine Reduktion des Energieverbrauchs, der die gesetzlichen Vorgaben deutlich unterschreiten sollte. Daher wurde ein Konzept erarbeitet, das auch passivhaustaugliche Komponenten enthält. Nach EU-weiter Ausschreibung im ‚offenen Verfahren‘ Ende 2015 wurde Rubner Holzbau Augsburg für dieses Projekt im März 2016 beauftragt, Baubeginn war bereits 3 Monate später.

## 2. Herausforderung Bauaufgabe

### 2.1. Das Gebäude

Der Gebäudekomplex umfasst 4 Vollgeschosse und besteht aus zwei Gebäudeteilen, welche von 1972-1978 bereits in unterschiedlichen Bauabschnitten errichtet wurden. Die Gebäudeteile werden durch einen zentralen Treppenturm verbunden. Der Gebäudekomplex umfasst eine Brutto-Geschoßfläche von 8.698 qm.



Abbildung 1: Das Bestandsgebäude (Baujahr 1972-78) vor der Sanierung

## 2.2. Die Aufgabe

Für die energetische Sanierung der Gesamtschule sollte eine neue Fassade in Holzrahmenbauweise mit Fassadenverkleidung und integrierter Holz-Pfosten-Riegel-Fassade mit Fenstern vor die alte bestehende Fassade aus Alu-Fenstern und die tragende Stahlskelettkonstruktion errichtet werden. Dazu wurden im Vorfeld die alten Fassadenriegel aus Stahlbeton demontiert. Die Demontage der nach innen versetzten Alu-Fenster erfolgte erst nach Montage der neuen Fassadenelemente. Im nördlichen Gebäudeteil sollte im EG ein Anbau (Mediathek), im südlichen Teil eine Aufstockung mit Tonnendach in die energetisch optimierte Gebäudehülle integriert werden.

## 2.3. Der Schulbetrieb

Während der Sanierungs- und Umbauarbeiten befand sich der Umbaubereich zum Teil weiterhin in Betrieb. Dem Schulbetrieb war uneingeschränkter Vorrang zu gewähren. Lärm- und erschütterungsintensive Arbeiten, die in die Schulzeit fielen, durften nur innerhalb der Pausenzeiten stattfinden.

## 2.4. Der Bauablauf

Der geplante Bauablauf für die Fassadenarbeiten sah insgesamt 3 Bauabschnitte vor, die in einem Zeitraum von Mai 2016 bis Ende Juli 2017 realisiert werden sollten. Der nördliche Bauabschnitt 1 sollte vom Keller bis in das 2. Obergeschoss (Achsen 0–6 / A–E) über drei Monate, beginnend ab Mai 2016, erfolgen. Ein zweiter Bauabschnitt war lediglich für das Treppenhaus (Achsen 2–5 / E–F) ab November 2016 bis Februar 2017 vorgesehen. Der letzte Bauabschnitt 3 im Süden (Achsen 1–6 / F–I) war von April bis Juli 2017 geplant. Dies bedeutete, dass der jeweils nächste Bauabschnitt erst begonnen werden konnte, nachdem der vorherige durch sämtliche Gewerke fertiggestellt war. Die Arbeiten konnten also nicht kontinuierlich hintereinander ausgeführt werden, sondern mussten unterbrochen werden. Auch die Baustelleneinrichtung war komplett abzuräumen und beim nächsten Bauabschnitt wieder neu einzurichten.

# 3. Herausforderung Planung und Vorfertigung

## 3.1. Die Planung

Bereits in der Ausschreibung wurde festgelegt, dass das Prinzip weitestgehender Vorfertigung zu beachten ist. Die Toleranzen in der Fertigung waren auf ein Minimum zu reduzieren und bei der Montage der Elemente darauf zu achten, dass die Achsen des Gebäudes sowie die Höhen unbedingt eingehalten werden. Aus Gründen einer schnellen Montage und eines umgehenden Wetterschutzes der Fassade sollten – soweit möglich – die Festverglasungen und Fenster vormontiert sein. Für die Integration des bestehenden Anbaus (BA 1) bzw. der Aufstockung (BA 2) stellten sich die Weichen erst zu einem sehr späten Planungszeitpunkt neu. Die Tonnendachkonstruktion wurde jeweils demontiert und durch ein Flachdach aus Holz erneuert.

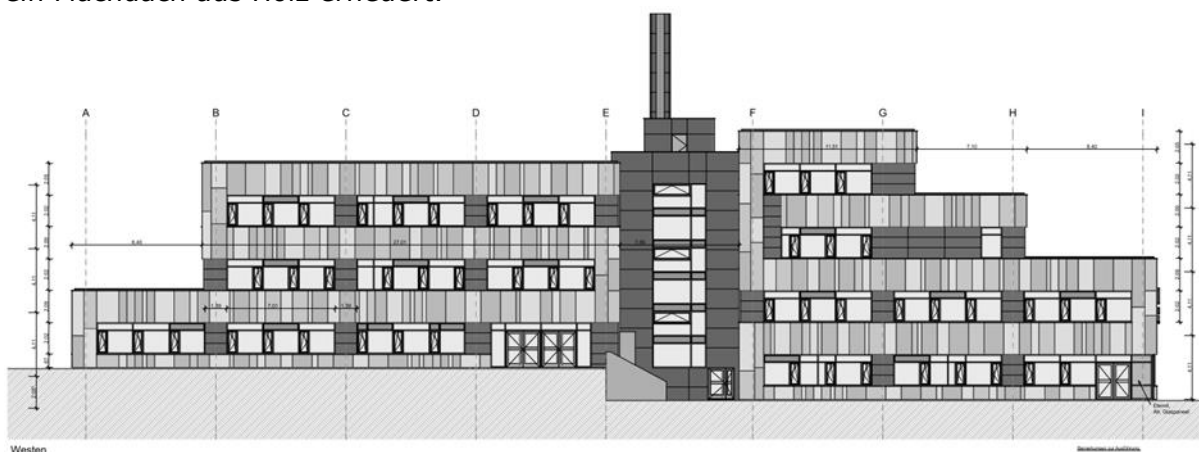


Abbildung 2: Ansicht Westen; Planung: Architekt Thomas Dersch, 35216 Biedenkopf

### 3.2. Der Fassadenaufbau

Für die hinterlüftete Fassade wurde das Holzrahmenbauwandelement mit verschiedenen Aufbauten geplant. Aus statischen Gründen wurde beispielsweise der in die Wandelemente integrierte Hohlkastenträger beidseitig mit OSB und Dampfbremse ausgeführt. Die großflächigen Glasfassaden wurden als Pfosten-Riegel-Elemente integriert. Folgender Standard-Aufbau wurde realisiert (von innen nach außen):

- Fermacell 12,5 mm, Q3 verspachtelt
- OSB3-Platte 18 mm, Stöße N+F luftdicht verklebt
- Tragkonstruktion BSH Fichte GL 24h, 60x300 mm, dazwischen
- Steinwolldämmung WLG 035, 300 mm, > 1000 °C
- Fermacell 15 mm, darauf diffusionsoffene Fassadenbahn
- Lattung KVH 6/10, senkrecht, darauf Lattung KVH 6/8, waagrecht
- Fassadenbekleidung (A1), Eternit Equitone Natura Pro, 8 mm, sichtbar verschraubt

Für die Pfosten-Riegel-Fassade war mit einem  $U_{CW}$ -Wert von  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  eine hohe Anforderung an den Wärmeschutz gestellt (passivhaustauglich). Folgender Standard-Aufbau wurde realisiert (von innen nach außen):

- System Raico-Therm+ H-I, Passivhaus zertifiziert
- Tragkonstruktion BSH Fichte GL 24h (MF), Oberfläche gebeizt und lackiert
- Oberfläche Deckschalen pulverbeschichtet, RAL 7016
- Dreifachverglasung mit  $U_g$ -Nennwert  $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Norden und Innenhof  $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Einselemente Holz-Alu-Fenster (nicht zertifiziert),  $U_w$ -Wert  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

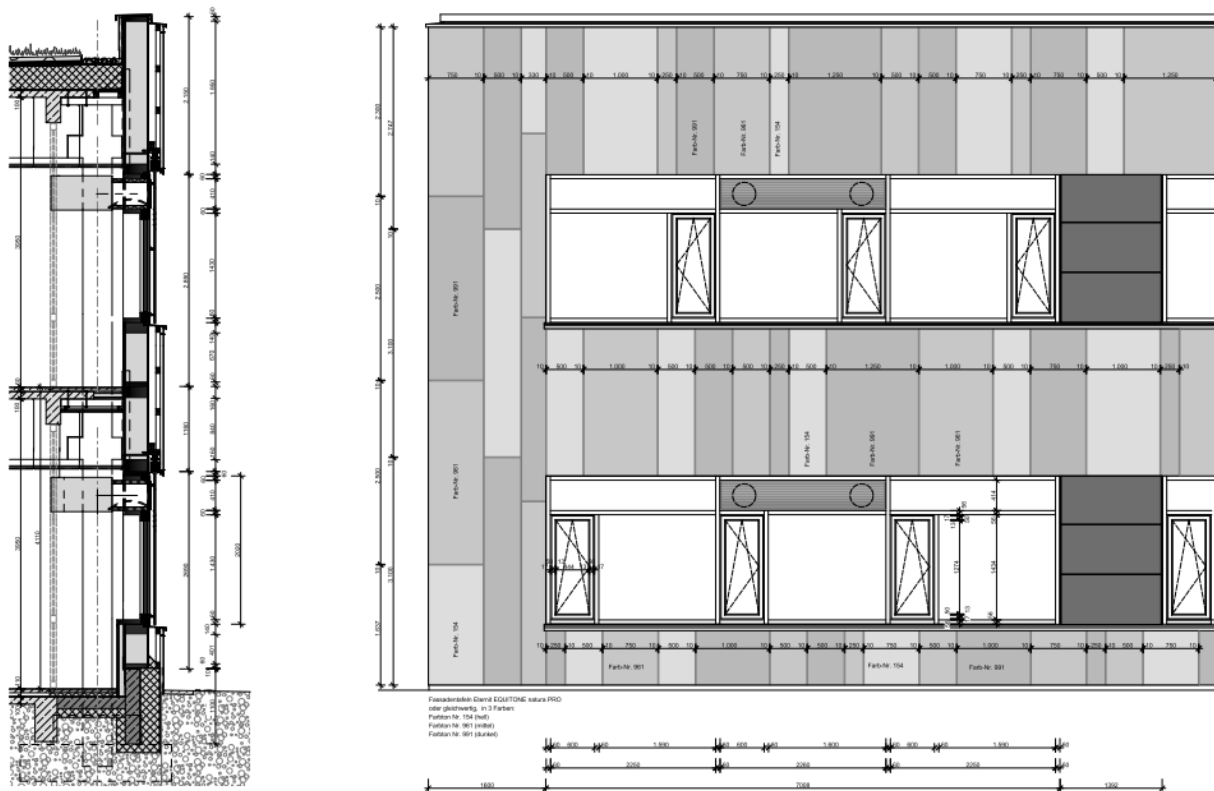


Abbildung 3: Fassadenschnitt (mit alter Fensterfassade) und Ansicht (Teilausschnitt)

### 3.3. Die maximale Vorfertigung

Die Vorfertigung von Bauelementen verfolgt grundsätzlich den Ansatz von so viel Integration einzelner Komponenten wie möglich und so wenig Restarbeiten auf der Baustelle wie nötig. Je höher der Vorfertigungsgrad der Holzbauelemente, desto schneller und präziser ist damit die Montage auf der Baustelle. Die witterungsunabhängige Vorfertigung unter optimalen klimatischen, räumlichen und technischen Bedingungen in der Werkhalle erlaubt den passgenauen Einbau aller Komponenten wie Fenster, Türen, Haustechnik oder Verschattung und garantiert dadurch zertifizierte Qualität. Grundlage dafür ist ein genaues Aufmaß, welches in diesem Projekt über einen bauseitigen Vermesser mittels Tachymeter erstellt wurde. Die Datenübergabe ins CAD-System erfolgte mittels 3D-dwg-Daten. Die Fertigung der Elemente durch die Firma Rubner erfolgte im Werk Obergrafendorf (A). Alle Hölzer wurden auf CNC-Anlagen abgebunden. Die Pfosten und Riegel für die Holz-Glas-Fassade wurden in der eigenen Fertigung mit lackierter Oberfläche hergestellt und in die Holzrahmenbauelemente eingebaut.

## 4. Herausforderung Technik und Details

### 4.1. Der Brandschutz

Der für das Bauvorhaben definierte Brandschutz der Fassade wurde mit einer Mindestanforderung von W30-B als raumabschließende Wandkonstruktion gemäß DIN 4102-2 festgelegt. Für die Abweichung des nach den Vorgaben der LTB Hessen geforderten max. Hinterlüftungsraumes wurde in Abstimmung mit dem Brandschutzplaner ein entsprechender Bauteilnachweis durch Rubner Holzbau erstellt. Zur Verhinderung einer vertikalen Brandausbreitung über die Fassade wurden Brandschotts durch horizontal verlaufende Bleche ausgeführt, die teilweise im Bereich der Unterkonstruktion verdeckt angeordnet wurden.

Eine Besonderheit, die bei Sanierungen immer wieder auftritt, stellt die «Lücke zwischen Bestand und Neubau dar, was neben dem Bereich der hinterlüfteten Fassade individuelle Lösungsansätze erforderlich macht und hier durch ein «Holz-Tragwerk» gelöst wurde.

### 4.2. Die Statik

Für die vertikale Lastabtragung der neuen Fassade wurde bauseitig im untersten Geschoß ein gedämmter Betonsockel erstellt, auf den eine nivellierte Montageschwelle befestigt wurde. Durch das Stützenraster des Stahlbetonskelettbaus von 8,40 m mussten geschoßweise Kastenträger ins Holzrahmenelement integriert werden, die die Vertikallasten in BSH-Stützen übertragen. Zur Aufnahme der horizontalen Lasten wurden zusätzliche BSH-Stützen an die vorhandenen Stahlbetonstützen montiert, über die auch Toleranzen von bis zu 7 cm aufgefangen wurden und die Elemente über schräg eingeschraubte Vollgewindeschrauben damit verbunden.

Für den zwischen Bestand und neuer Fassade zu schließenden Deckenbereich wurden KVH-Hölzer unterseitig in die Betondecke verankert, die eine Lastabtragung in die Bestandsdecke sicherstellten.

### 4.3. Die luftdichte Ebene

Die luftdichte Ebene der Fassadenelemente erfüllt eine innen liegende OSB3-Platte inkl. verklebter Stöße. Die Fugen der Elemente wurden untereinander ebenfalls mit Klebeband verschlossen, was im Bereich der Deckenstöße problemlos erfolgen konnte, da die Decke zur neuen Fassade hin ohnehin ergänzt werden musste.

### 4.4. Die Verschattung

Für den sommerlichen Hitzeschutz und eine bei Bedarf nötige Verdunkelung der Räume sind elektrisch betriebene Raffstores in die Fassadenelemente integriert. Für den Anschluss führt das Kabel luftdicht durch die Fassadenelemente und innerhalb des Fußbodenaufbaus zum Schalter.

## 4.5. Die Haustechnik

Das Konzept der Haustechnik sah für den erforderlichen Luftwechsel eine Integration von dezentralen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung in der Fassade vor. Dafür wurden im Bereich der Pfosten-Riegel-Fassade jeweils zwei kreisrunde Öffnungen mit einem Durchmesser von 315 mm oberhalb der Fenster zur Aufnahme der Geräte vorgefertigt. Da für die Lüftungsgeräte auch eine Kondensatentwässerung zu berücksichtigen war, wurden die Rohre mit 2% Gefälle nach außen eingebaut. Optisch deckt diesen Bereich ein Lüftungsgitter im Farbton der PR-Alu-Deckschalen ab.



Abbildung 4: Vorfertigung mit integrierter Pfosten-Riegel-Fassade

## 4.6. Der Blitzschutz

Im Zuge der Sanierung wurde ebenfalls der Blitzschutz erneuert. Die über das Flachdach verteilten Leitungen führen im Bereich der Attika durch das Holzrahmenbauelement und dann vertikal nach unten im Bereich der Unterkonstruktion nicht sichtbar bis ins Erdreich. Im Bereich der Brandschotts wurden besondere Vorkehrungen an den Brandschutzblechen getroffen.

## 4.7. Die Entwässerung

Die Lage der bestehenden Entwässerungsleitungen des Bestands blieb bestehen. Durch die Verlagerung der neuen Fassade 'nach außen' musste allerdings ein Großteil der Entwässerung durch die Fassade geführt werden.

# 5. Herausforderung Baustelle und Logistik

## 5.1. Die Baustelleneinrichtung

Aufgrund der Anforderungen, die sich durch die Aufteilung der Montage in zwei Bauabschnitte ergab, erfolgte auch die Baustelleneinrichtung zweimal. Im ersten BA fand die Hauptmontage über einen Turmdrehkran, der auf der Gebäude-Nordseite auf einem eigenen Fundament mittig platziert wurde, statt. Im zweiten BA arbeitete ein mobiler Kran, der phasenweise durch einen Schnellaufbaukran ergänzt wurde, um die etwas über 4 t schweren Elemente montieren zu können. Im Bereich des Innenhofs wurden die Verglasungen deshalb teilweise erst nach erfolgter Elementmontage ausgeführt, da die Krankapazität sonst überschritten worden wäre.

Eine fortwährende Herausforderung war die Sicherstellung des Baubereiches in enger Abstimmung mit dem SiGeKo, da der Zugang zu Aula und Turnhalle für die Schüler durchgehend zu gewährleisten war.

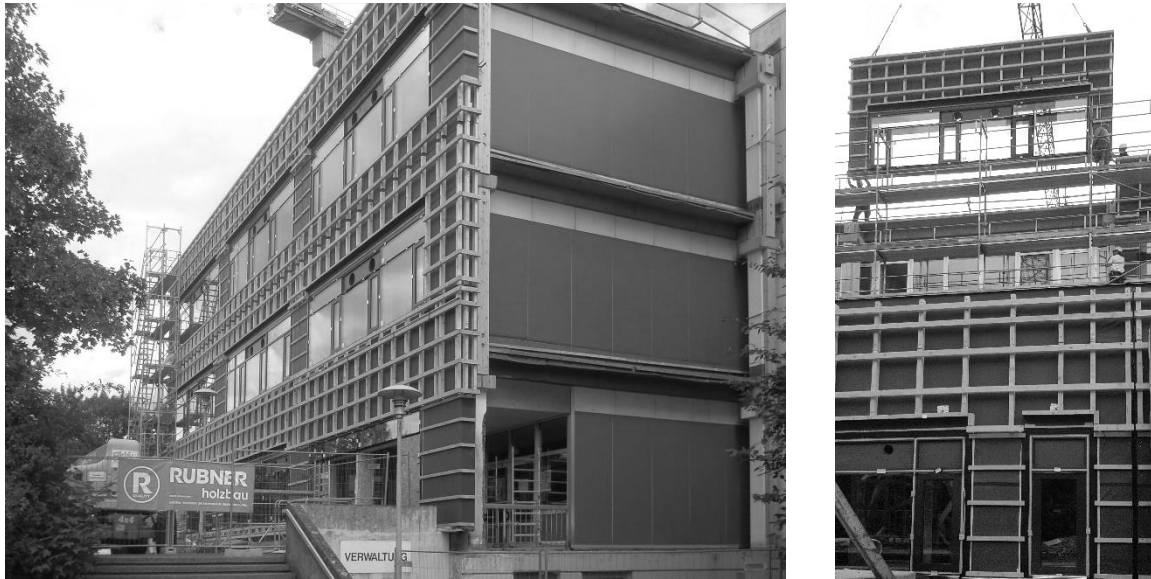


Abbildung 5 und 6: Fassadenmontage Bauabschnitt 1

## 5.2. Das Montagekonzept

Die Montage der Fassadelemente erfolgte ohne Fassadengerüst mit Hilfe von Hubsteigern. Die erforderlichen Arbeits- und Schutzgerüste wurden nach der Montage der Fassadelemente gestellt. Das Rubner-Team aus Augsburg erarbeitete in Abstimmung mit den Planern ein entsprechendes Fertigungs- und Montagekonzept.

Grundlage für das gewählte Montagekonzept waren zwei wesentliche Komponenten. Zum einen wurden die insgesamt drei geplanten Bauabschnitte auf zwei reduziert. Dazu teilte man den Bereich der Treppenhäuser auf: der Bereich Innenhof wurde mit dem ersten Bauabschnitt (Ausführungszeit 05-08 2016), die außen liegende Fassade der Treppenhäuser mit dem zweiten Bauabschnitt (Ausführungszeit 09-11 2017) realisiert.

Zum anderen wurde die Elementgröße auf eine Maximalabmessung von 9,50 m x 4,11 m festgelegt, was sich aus dem Achsmaß der Bestandsstützen von 8,40 m und der Geschosshöhe ergab. Dadurch wurde ein 'liegender' Transport erforderlich und die Verglasung und der Einbau der Fensterelemente mussten auf die Baustelle verlagert werden. Dies wurde durch eigens erstellte A-Böcke im Baustellenbereich realisiert. Nach erfolgter Montage wurde das Fassadengerüst gestellt, um die abschließende Konstruktionslattung und die Fassadenplatten zu montieren. Nach erfolgtem Rückbau der innen liegenden (alten) Fassade erfolgten die weiteren Innenausbauarbeiten.

## 5.3. Die Logistik

Für den reibungslosen Bauablauf der maximal vorgefertigten Elemente erarbeitete Rubner von Anfang an ein entsprechendes Logistikkonzept das bei diesem Projekt vor allem die überbreiten Wandelemente betraf. Insgesamt wurden die Elemente mit 13 LKWs, davon meist zwei im Konvoi jeweils über Nacht auf die Baustelle transportiert und morgens entladen. Dazu musste im Vorfeld eine entsprechende Streckenprüfung durchgeführt und erforderliche Genehmigungen beantragt werden. Dies wurde vor allem im 2. Bauabschnitt zur großen Herausforderung, da aufgrund von diversen Baustellen auf der Transportstrecke einige 'Umwege' in Kauf genommen werden mussten und die genehmigende Behörde einen Vorlauf von bis zu 2 Monaten auch voll ausnutzte.





Abbildung 7 und 8: Sondertransport Fassadenelemente und A-Bock zur Fertigmontage

## 6. Fazit

Bauen mit Holz ist aktiver Klimaschutz, die größte CO<sub>2</sub>-Bindung erfolgt im Bauwesen. Jeder Kubikmeter verbautes Holz speichert den Kohlenstoff aus einer Tonne CO<sub>2</sub> und substituiert zudem CO<sub>2</sub> aus den meist energieaufwändig hergestellten, nicht nachwachsenden Baustoffen, die ansonsten zum Einsatz gekommen wären.

Rubner Holzbau arbeitet mit dem bei Weitem nachhaltigsten Baumaterial Holz seit mehr als 70 Jahren. Nachhaltigkeit umfasst aber auch den Erhalt und die Optimierung von bestehenden Bauten. Ob Industrie- oder Objektbau, jede professionell durchgeführte Gebäudesanierung rechnet sich langfristig. Energetische Sanierungen bieten erhebliche Kosteneinsparungen und verlängern die Nutzung von Bestandsbauten.



Abb. 9 und 10: Ansicht Innenhof und Süd-Osten

Im Wesentlichen können die folgenden positiven Faktoren dafür optimal genutzt werden:

- Senkung des Energieverbrauchs durch optimale Wärmedämmung
- Steigerung des Wohn- und Arbeitskomforts ohne zusätzlichen Energieeinsatz
- Steigerung der Qualität bei Raumluft und Akustik
- Vielfältige gestalterische Varianten
- Neue optische Qualität am Bauwerk

Das Erfolgsrezept für die Sanierung der Gesamtschule Niederwalgern lag in der Kombination der Wandelemente mit Pfosten-Riegel-Konstruktion für die großflächigen Glasfassaden. Auch die schnelle Montage auf der Baustelle durch werksseitig vorgefertigte Elemente war von entscheidender Bedeutung.

Die Belastungen der Schulfamilie durch Lärm und Staub reduzierte sich auf das notwendige Minimum und ein Umbau während des laufenden Betriebs wurde möglich.

Rubner Holzbau garantierte die dafür vorausgesetzten planerischen Kompetenzen, entsprechend großvolumige Kapazitäten in Produktion und Logistik und eine individuelle Bauteilfertigung mit hoher technischer und Gewerke übergreifender Kompetenz in der Projektabwicklung.

Das sichert am Ende ein erfolgreiches Projekt innerhalb der geplanten Bauzeit.

Rubner – Holzbau aus Leidenschaft.

# **Grösser, schneller, besser? Über 8 Stockwerke im industriellen Holzbau sind Tagesgeschäft – wie geht es weiter?**

Martin Joos  
Renggli International AG  
Winterthur, Schweiz





# Grösser, schneller, besser? Über 8 Stockwerke im industriellen Holzbau sind Tagesgeschäft – wie geht es weiter?

## Einleitung

Holz als regenerativer, leichter und meist regional verfügbarer Rohstoff hat sich in den letzten Jahren zu einem innovativen High-Tech-Werkstoff gewandelt. Der vorliegende Beitrag versucht, hinter die Fassade des derzeitigen Erfolgs zu schauen und wagt einen Ausblick in die Zukunft.

Die neuen Produktionsmöglichkeiten im Holzbau sowie die sukzessive Anpassung der Brandschutzvorschriften haben in den letzten Jahren im Hochbau komplett neue Möglichkeiten für den Holzbau erschlossen. Der Baustoff Holz hat sich vom traditionellen Werkstoff zum modernen Baustoff für Neu- und Umbauten in urbanen Zentren gemauert. In ganz Europa entstehen Leuchtturmprojekte im Holzbau. Länder und Kontinente stehen im Wettstreit um das höchste oder kühnste Holzhaus.

Auch bei den Projekten der Firma Renggli ist der Trend zu höheren Gebäuden merklich spürbar: Der von 2013- 2016 erstellte Wohn- und Gewerbebau *Aletsch-Campus* verfügte über sieben Stockwerke in Hybridbauweise und war bei Baubeginn ein außergewöhnlich hohes Gebäude für Holzbau. Das ebenfalls in dieser Zeitperiode erstellte Projekt *Freilager* in Zürich brachte es auf sechs Stockwerke in reiner Holzbauweise und war vom Volumen her das größte Wohnbauprojekt in Holz in der Schweiz.

Zurzeit realisiert Renggli ein Grossprojekt in der Westschweiz, welches über 9 Stockwerke in Hybridbauweise mit hochwertigen Fassaden in Holz verfügt. Das Projekt ist herausfordernd und in Fragen des Bauablaufs noch keineswegs Alltag. Schlagzeilen machen solche Projekte jedoch höchstens noch regional.



Abbildung 1: Fassadeneinbau beim Projekt Les Vergers in Meyrin/Genf

Die Lorbeeren holen längst andere Projekte: Bilder von Holzhochhäusern in Norwegen, Heilbronn oder Wien und Visualisierungen von geplanten Holzhochhäusern in London, Vancouver oder Tokyo. Und Stefano Boeri, der Architekt des vor kurzem eröffneten Vorzeigeprojektes *Bosco Verticale* in Milano, plant in Nanjing (CN) den höchsten vertikalen Wald Asiens – als Fassade eines Wohnhauses.



Abbildung 2: Geplante Nanjing Towers von Stefano Boeri (Quelle: Stefano Boeri Architetti)

Die Frage, wie es weitergeht mit dem Holzbau ist deshalb durchaus opportun und soll nachfolgend erörtert und diskutiert werden.

## Geschichte des Höhenrauschs

Die Menschen lassen sich beim Bau von Gebäuden seit jeher vom Höhenrausch verführen. Angefangen mit dem Turmbau zu Babel, später bei den ägyptischen Pyramiden oder beim Wettbewerb der Familien in San Gimignano, bis hin zu den Wolkenkratzern in New York und Chicago. Immer ging es um die Höhe des Gebäudes.

Oft war die Entwicklung eines neuen Baustoff oder einer verbesserten Technologie der Auslöser und Basis für neue Höhenrekorde: So ermöglichten zu Beginn des 20. Jahrhunderts die technischen Errungenschaften des modernen Stahlbaus die Realisierung der bekannten Wolkenkratzer und Skyline in New York und Chicago. Und die Erfindung des Lifts war dabei eine wichtige Voraussetzung, dass diese Türme überhaupt effizient betrieben werden konnten.

Doch immer steckte auch die Sehnsucht des Menschen dahinter, dem Himmel näherzukommen. Oder den Konkurrenten oder den ungläubigen Nachbarn zu zeigen, dass man mehr Geld, Spirit oder technisches Wissen besitzt.

Und auch in Köln debattierte man lange, ob die Spitze des Ulmer Münsters tatsächlich etwas höher ist als die des Kölner Doms.

## Trendbaustoff Holz

Durch die Innovationen im Bereich industrialisierten Holzbaus und insbesondere auch durch neue Verbindungsmittel für Holzbauten, stößt das Baumaterial Holz in neue Dimensionen vor. Der Baustoff Holz erlaubt schnelleres und präziseres Bauen und dank Anpassung der Brandschutznormen ist auch die Höhe kein limitierender Faktor mehr.

TREND  
BRANCHEN

FORSCHUNG & INNOVATION

Redaktion:  
bankhamer.alfred@trend.at



### Holz statt Stahlbeton

DERZEIT SORGT eine neue Holzbautechnologie in der Baubranche für Aufsehen. Anstatt mit den üblichen Stahlbetonkonstruktionen sollen Wolkenkratzer künftig ganz aus Holz sehr kostengünstig und klimaschonend in den Himmel ragen. Hinter der Innovation steht die TS3 AG, das Start-up der Schweizer Timbargroup Holding AG, die in Österreich mit der Tochter Timbatec GmbH Wien vertreten ist und sich auf Holzbauingenieurarbeiten, Produktentwicklung und Bauphysik spezialisiert hat. In jahrelanger Forschungsarbeit in Kooperation mit der Universität ETH Zürich und der Berner Fachhochschule in Biel sowie den Industriepartnern Schillingier Holz und dem Klebstoffhersteller Purbond wurden dünne, extrem belastbare Brettsperrholzplatten entwickelt, die sehr große Spannweiten erlauben. Die einzelnen Platten

werden direkt auf der Baustelle an der glatten Stirnfläche zusammengedockt. „Das erleichtert auch den Transport und beschleunigt die Montage sowie den ganzen Bau erheblich“, erklärt Stefan Zöllig, Geschäftsführer und Gründer von TS3 und Timbatec, auf einer Informationsveranstaltung in Wien. Auch die Stützen werden aus Holz geformt, die, anders als bislang gedacht, problemlos die Lasten selbst von Wolkenkratzern übernehmen können. Mit der neuen Holzkonstruktionsgeneration „Timber Structures 3.0“ lassen sich zur Freude der Architekten sehr gut frei geformte Bauelemente entwickeln. Selbst Rohre aus Holz sind möglich, die etwa als Masten für Windkraftanlagen dienen könnten. Erste Gebäude, darunter ein Mehrfamilienhaus, haben den Praxistest schon bestanden. Aktuell werden zahlreiche, auch größere Gebäude in der Schweiz, in Amsterdam oder auch in Bregenz geplant.

Abbildung 3: Neue Verbindungstechnologie für BSPH-Platten (Quelle: Wirtschaftsmagazin Trend 37/2017)

## Die Probleme mit der Höhe - limitierende Faktoren

Doch das Bauen in die Höhe hat durchaus seine Grenzen. Diese liegen nicht in den Möglichkeiten des Baustoffes oder in den Normen und Vorschriften, sondern in den Kosten. Aus Sicht des Immobilienmarktes respektive eines Investors lohnt sich ein Hochhaus dort, wo Boden knapp ist und er auf der gleichen Fläche mehr Mietfläche anbieten kann.

Doch ein Hochhaus verfügt gegenüber einem klassischen Gebäude über erhöhte Kosten für Tragstruktur, Fassade und technische Installationen: Je mehr Stockwerke, desto überproportional höher die Kosten für Struktur, Fassaden und Installationen.

Daraus ergibt sich – rein ökonomisch betrachtet ein Bereich, in welchem sich der Bau von Hochhäusern nicht mehr lohnt. Eine von der Credit Suisse erarbeitete Studie zeigt eindrücklich auf, dass das optimale Hochhaus zwischen 50 und 80 Stockwerke aufweist. Bei noch höheren Gebäuden, steht nicht mehr die Kosteneffizienz, sondern das Prestige oder die politische Euphorie im Zentrum.

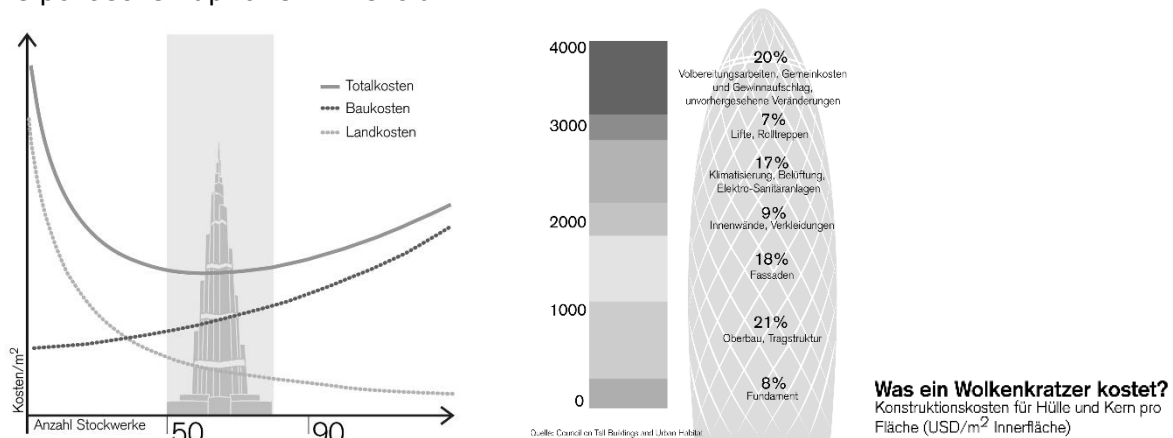


Abbildung 4: Die optimale Höhe eines Hochhauses und die Kostentrigger des Bauwerks (Quelle Credit Suisse)

## Grösser, schneller, besser? – Was ist die Aufgabe?

Gerade als Ingenieur oder Techniker ist es verlockend, die Technologie und ihre Grenzen ins Zentrum seines Schaffens zu stellen.

Doch die einleitende Frage im Titel greift zu kurz. Grösser und schneller sind nicht zwingend besser. Manchmal ist weniger mehr.

Denn Architekten und Ingenieure haben eine Verantwortung an der Gesellschaft zu erfüllen, die weiter gehen sollte, als höher, grösser und schneller zu bauen als andere. Das gilt umso mehr für die Holzbaubranche, da die sich der Nachhaltigkeit verschrieben hat.

Nicht jeder will in einem Hochhaus oder einer Grossüberbauung wohnen und es gibt genug Aspekte, welche den gezielten Bau von Projekten mit geringem Volumen begründen.

Ein gutes Beispiel dafür ist die Realisierung des Projektes *Arche Noah* in Zürich, geplant von Burkhalter Sumi und Partner. In quasi urbaner Umgebung wurde bewusst ein alternativer Weg zur Grossüberbauung gewählt. Das Wohnhaus mit fünf Wohnungen besticht durch seine Form, die geringe Höhe, die bedachte Wahl der Materialien und seine sorgfältige Einbindung in die Landschaft.



Abbildung 5: Modernes, innerstädtisches MFH in Holz „Arche Noah“, Zürich Altstetten

Was ist also die Aufgabe des Wohnungsbaus? Verfolgen wir in der derzeitigen Urbanisierung und Verdichtung die richtigen Ziele? Erkennen wir, was der Stadtmensch möchte?

Trotz Urbanisierung und Verdichtung muss eine Stadt mehr können als hohe Gebäude aufzunehmen. Der bekannte Stadtplaner Kees Christiaanse behauptet sogar, dass die Urbanisierung ein Mythos ist und dass keineswegs 50% der Weltbevölkerung zurzeit in reinen Städten leben, sondern dass über die Hälfte davon in urbanisierten Landschaften leben, also dicht besiedelten Gebieten in welchen neben dem Wohnen auch hohe landwirtschaftliche und industrielle Produktion stattfindet. So trifft dies etwa auf das Schweizer Mittelland oder das Ruhrgebiet zu. Beide Regionen verfügen über große Städte aber auch Zwischenräume mit dörflichem Charakter und landwirtschaftlicher oder industrieller Koexistenz.

Für diese Ballungsräume müssen andere wohnbauliche Lösungen und Zukunftsmodelle gefunden werden als die rein bauliche Verdichtung und „Überhöhung“.

Dies bedingt eine differenziertere Auseinandersetzung mit der eingangs gestellten Frage und der Rolle der Architektur. Zudem erfordert es eine Offenheit in Bezug auf neue und innovative Fassadentechnik und ungewohnte Wege in der Gestaltung von Fassaden.



## Spannungsfelder und Trends

Doch was prägt die Immobilien-Entwicklung von heute? Und was sind die zukünftigen Trends?

Der Holzbau befindet sich zurzeit im Aufwind: Nachdem Holz für über ein Jahrhundert den Trendbaustoffen Stahl und Beton weichen musste, machen neue Produktionsmethoden, Verbindungsmittel und der Vorteil der Vorproduktion derzeit wieder den Weg frei für Holzbau.

Allerdings wäre es falsch, den Erfolg des Holzbaus allein auf die technologischen Errungenschaften zu reduzieren. Unser Markt befindet sich im Sog von umfassenderen „Megatrends“ welche auch wirtschaftspolitische und umwelttechnische Aspekte mit einschließt. Zusammengefasst sind erweiterten Kontext des Bauens zurzeit folgende Trends zu beobachten:

- **Technologie:** Die automatisierte Fertigung mit hochpräzisem Zuschnitt und eine durch die Digitalisierung geprägte integrale Planung (BIM) ermöglichen neue Wege im Holzbau und eine stark verbesserte Wettbewerbsfähigkeit.
- **Wirtschaft:** Neben erhöhter Nachfrage nach kürzeren Realisierungs- und Bauzeiten werden vermehrt auch regionalökonomische Aspekte beachtet und gewertet. Durch die Verwendung von regionalem Holz als Baumaterial und dank der Betrachtung von Lebenszykluskosten kann Holz als Baustoff vermehrt punkten.
- **Gesellschaft:** Der demografische Wandel mit der zunehmenden Verstädterung des Raums sowie neue Wohn- und Geschäftsformen verlangen nach neuen, flexibleren Formen des Bauens. Es entstehen Smart Cities und Aspekte wie Gesundheit und Nachhaltigkeit werden zum Lifestyle. Auch hier schwingt Holz als Baustoff obenauf.
- **Raum:** Die Verknappung von Bauland, Eindämmung der Zersiedelung, Verdichtung nach innen, Urbanisierung.
- **Umwelt:** Der politische Druck wird höher, Lebenszykluskosten und graue Energie in die Betrachtung von Bauten mit einfließen zu lassen. Ökologisches Bauen bekommt dadurch eine neues Gewicht, welche über den ideellen Wert hinausgeht.

Diese erweiterte Fragestellung und die Antworten darauf haben verschiedene Initianten und Organisationen für Nachhaltiges Bauen längst vorweggenommen. Die Labels von LEED, Minergie und DGNB sind anerkannte Standards geworden, welche mittlerweile auch bei Investoren und Immobilieneigentümern verstärkt Beachtung finden.

In der neu aufgelegten DGNB-Zertifizierung 2018 finden sich die oben beschriebenen Aspekte in messbaren Kriterien wieder.

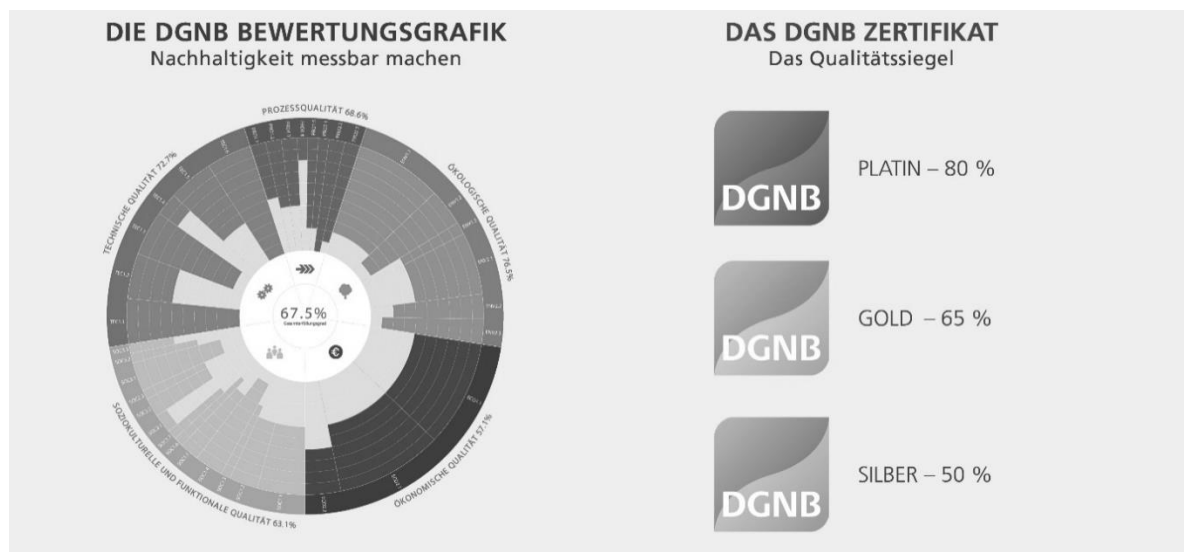


Abbildung 6: DGNB

## Erweiterte Rolle der Fassade

Die neue Herangehensweise und die obengenannten Standards haben in den letzten Jahren auch die Fassaden und die Ausgestaltung der Gebäudeoberflächen radikal beeinflusst und verändert: Lange Zeit war die Ausgestaltung einer Fassade vor allem ein Thema der Architektur - visuelle Aspekte wurden vor die funktionalen und technischen Kriterien gestellt. In den letzten Jahren lässt sich auch hier ein Sinneswandel beobachten: Die Priorisierung eines energetisch effizienten Fassadenaufbaus.

Zwar sind die letzten 5 Millimeter noch immer fest in der Hand der Designer und manch ein Holzbau muss sich noch immer unter einer Alucobond-Platte verstecken. Doch dahinter hat sich in den letzten Jahren sehr viel getan. Thermischer Komfort, Luftdichtigkeit sowie integrierter Sonnenschutz sind unabdingliche Kriterien für die Ausgestaltung einer modernen Fassade geworden.

Die Rolle der Fassade hat sich vom rein gestalterischen Mittel zu einem wichtigen Element der Planung entwickelt und wird heute gesamtheitlicher betrachtet und als wichtigster Teil der Gebäudehülle bereits in die Konzipierung eines Gebäudes einbezogen.

Die mannigfaltigen visuellen, energetischen und brandschutztechnischen Anforderungen an eine Fassade sind bekannt. Die Materialtechnologie hat in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte gemacht und bietet mittlerweile eine beinahe unbegrenzte Auswahl an Baustoffen und Produkten für den Fassadenbau.

In der Praxis besteht die projektspezifische Kunst jedoch darin, die richtigen Materialien und Komponenten so auszuwählen und zu kombinieren, dass sie ins Gesamtkonzept der Gebäudeplanung passen. Dabei geht es insbesondere auch darum, technologische Aspekte den architektonischen gleichzustellen und im Planungsteam gemeinsam die optimale Lösung zu suchen.

Renggli hat in dieser Hinsicht immer schon große Anstrengungen unternommen. Mit unseren internen Spezialisten für Bauphysik und dank einem eigenen kleinen HLK Planerteam, gelingt es uns, Aspekte der Gebäudehülle bereits in einer frühen Planungsphase mit ins Projekt zu bringen und sowohl technisch wie auch visuell befriedigende Lösungen zu erarbeiten.

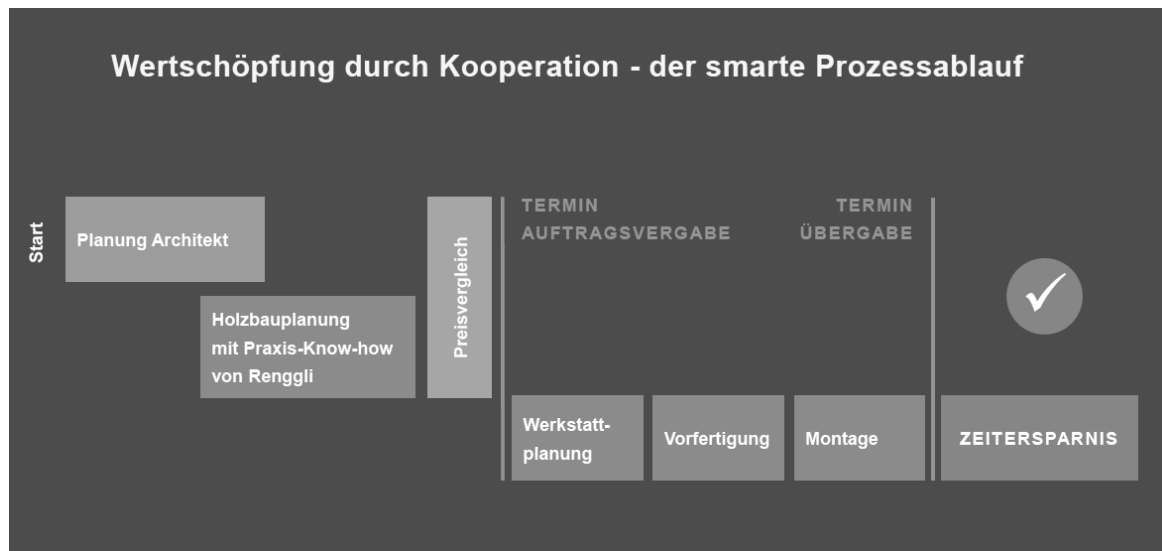


Abbildung 7: Integraler Planungsprozess

## Integrale Fassadenplanung – Die Schweiz als Vorreiter

Der Schweizer Energiestandard Minergie hat bereits 1998 Anforderungen an die Gebäudehülle gestellt, in einer Zeit also, wo Energiesparen überhaupt nicht populär war und damals eher mit „Verzicht“ assoziiert wurde.

Doch die Einforderung einer thermischen Bilanz war wegweisend für den Erfolg des Labels Minergie und ist heute nicht mehr wegzudenken. Und die vom Label geforderten Ziele konnte nur über einen verbesserten Aufbau der Fassade erreicht werden.

Der Meccano ist einfach: Ein Minergie-Haus ist etwa 25% besser in Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz als ein konventioneller Neubau. Gleichzeitig ist der Bau eines Gebäudes in Minergie Standard nur unwesentlich teurer, insbesondere wenn man die niedrigen Betriebs- und Nebenkosten sowie den Mehrwert einer Minergie Liegenschaft berücksichtigt.

Renggli war einer der Vorreiter des nachhaltigen Bauens und von Mitinitiant des Labels Minergie. In der Schweiz ernten wir nun die Früchte jahrelanger Aufbauarbeit: 1998 wurde das erste Haus in der Schweiz mit dem Energiestandard Minergie ausgezeichnet. Rund 20 Jahre später sind es über 46'000 Minergie Gebäude. Einige davon haben wir gebaut.

Mit der Gründung der Renggli International AG und unserer ersten Filiale Renggli Deutschland GmbH in Berlin wollen wir dieses Wissen ins Ausland tragen.

### Beispiele aus der Praxis

Die Region Genfersee ist derzeit eine der aktivsten und innovativsten Regionen der Schweiz, was die Immobilienentwicklung angeht. Neben den - eingangs beschriebenen - zahlreichen Projekten im Neubaubereich stehen in den großen Agglomerationszentren von Genf und Lausanne auch einige Renovationen bestehender Wohnbauten an.

Ein interessantes Beispiel im Bereich Sanierung von Hochbauten durfte Renggli bereits im Jahr 2014 realisieren. Die im Jahr 1952 eröffnete Siedlung *La Cigale* in Genf bedurfte dringend einer Renovation. Da das Tragwerk der Bausubstanz als intakt bewertet wurde, beschränkte man den Eingriff der Sanierung auf die Fassade. Mit einer raffinierten und sorgfältig geplanten Aufdoppelung mit einer vorgefertigten Fassade in Holz gelang es, das Gebäude unter Betrieb zu sanieren. Der Eingriff erfolgte rein von außen und so konnten die Bewohner weiterhin im Haus bleiben und mussten nur dafür sorgen, dass die Balkone geräumt waren.

Nach nur 13 Monaten Bauzeit waren die Hülle der insgesamt 273 Wohnungen energetisch saniert und das Gebäude von einer „Energieschleuder“ in ein Minergie-P Gebäude verwandelt. Es weist nach der Renovation einen drastisch verringerten Heizwärmebedarf auf und verfügt über eine erheblich verbesserte Energiebilanz.

Das Beispiel zeigt, dass durch sorgfältige Analyse, gemeinsame Planung und frühe Einbindung des Realisierungspartners sehr innovative und nachhaltige Lösungen kosteneffizient umgesetzt werden können.



Abbildung 8: Wohnhaus La Cigale, Genf – vor und nach der Fassadensanierung

Ein zweites Beispiel für umsichtige und ganzheitliche Neubauplanung führt uns nach Berlin. Dort entsteht in den nächsten Jahren mit dem Projekt *Urbane Mitte am Gleisdreieck* eine äußerst spannende, innerstädtische Überbauung, welche umfassend auf die vielzähligen Aspekte des zeitgemäßen und nachhaltigen Städtebaus Rücksicht nimmt.

Bei den im Projektperimeter geplanten sieben Hochhäusern steht der Gedanke der Nachhaltigkeit zuoberst. Die Entwicklungsgesellschaft COPRO hat für ihre umsichtige und gesamtheitliche Planung vom DGNB bereits letzten Herbst das Platin Vorzertifikat erhalten. Die DGNB prämierte dabei insbesondere die regenerative, ressourcenschonende Architektur der sieben geplanten Hochhäuser.

Zurzeit realisiert Renggli für die COPRO ein erstes Pionierbauwerk für dieses Gewerbegebiet. Es handelt sich dabei um ein mobiles, zweistöckiges Holzgebäude mit Arbeitsplätzen für Co-Working und flexibel nutzbaren Ausstellungsräumen.

Die Anforderungen an die Nachhaltigkeit dieses ersten Gebäudes sind hoch, das Budget ist knapp und der Zeitplan ist sportlich: Nach rund 9 Monaten Planungs- und Realisierungszeit soll der Betrieb des Gewerbegebäudes Ende 2018 aufgenommen werden.

Um die gesteckten Ziele zu erreichen ist Renggli bereits früh mit ins Planungsteam aufgenommen worden. Wir zeichnen als Generalübernehmer für die gesamte Realisierung des Gebäudes verantwortlich und decken sogar die Leistungsphasen 5-8 mit ab. Seit Frühsommer 2018 arbeiten wir eng mit dem Projektsteuerer und der Bauherrschaft zusammen. Dabei treiben wir die integrale Planung von Holzbau und TGA gemeinsam voran und führen parallel auch die Feinabstimmungen mit dem Betreiber des Gebäudes.

Neben den technischen, zeitlichen und budgetären Herausforderungen eines solchen Unterfangens sind insbesondere auch die logistischen und kommunikativen Aspekte des Projektes zu erwähnen. Das Bauvorhaben liegt mitten im vielbesuchten Park am Gleisdreieck und steht im Rampenlicht der Nachbarn und Besucher des Parks.

Das Beispiel zeigt, dass mit dem richtigen, interdisziplinären Team auch Projekte mit engem Terminplan und knappem Budget zu nachhaltigen Ergebnissen führen kann. Dabei spielt die frühe Einbindung des Realisierungspartners eine entscheidende Rolle.



Abbildung 9: Pionierbauwerk B-Part Pavillon, die erste Baumaßnahme im Gewerbepark Urbane Mitte (Quelle Rendering: COPRO / Urbane Mitte Entwicklungs GmbH, Berlin)

## Die Antwort auf die Frage

Die Antwort auf die Frage, wie es mit dem nachhaltigen Bauen in Holz weitergeht, könnte darum etwa so formuliert werden:

Die Zukunft wird durch weitere Effizienzsteigerung in der Planung (BIM), Vorproduktion und Montage **noch schneller**.

Weiterentwickelte Holzbau-Technologien sowie neue Hochleistungsbaustoffe werden auch dazu führen, dass die Bauwerke und Ergebnisse **noch besser** werden.

**Höher oder grösser** ist technisch sicher möglich, inwieweit das Streben nach Höhe in Zukunft Sinn macht, muss mit Blick auf die Nachhaltigkeit und die zukünftigen Wohnformen sicherlich hinterfragt werden.

Es ist letztlich **unsere Aufgabe** als Planer und Realisierungspartner, **dass Bauen besser wird**. Wenn wir diese Herausforderung ernst nehmen, heißt das auch, dass wir über neue Formen der Zusammenarbeit nachdenkt und offen ist für neue, allenfalls noch nicht normierte Lösungen. Da hat sich in den letzten Jahren insbesondere im deutschsprachigen Markt Einiges getan. Es ist aber noch ein weiter Weg.

## Fazit

Der Olympische Gedanke „*Citius altius fortius*“ – Schneller, höher, stärker - prägt unsere Gedanken und unser Leben offensichtlich auch in der Welt des Bauens.

Der Holzbau und seine neuen Errungenschaften erobern derzeit die Welt. Die Vermarktung des Hochhauses ist dabei eine wirksame Marketingmassnahme.

Der Holzbau hinkt in seiner Marktentwicklung gegenüber klassischen Baustoffen wie Stahl oder Beton noch etwas hinterher. Und der Baustoff Holz verfügt technologisch noch über ein großes Entwicklungspotential.

Was die Bauprozesse und die integrale Planung anbelangt sind wir jedoch manch konventionellem Bau eine Nasenlänge voraus. Wir müssen also niemandem etwas beweisen und darum auch nicht zwingend immer höher und grösser bauen.

Das Ziel muss sein, dass sich der Holzbaumarkt auf seine Stärken konzentriert und nachhaltige Lösungen mit integraler Planung und kurzen Realisierungszeiten anstrebt (und diese vermarktet).

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung wäre es deshalb wünschenswert, wenn der Fokus der Presse wieder etwas mehr in Richtung Nachhaltigkeit ginge.

Und so ist zu hoffen, dass in ein paar Jahren nicht mehr die höchsten Gebäude Furore machen, sondern die intelligentesten und auf die Bedürfnisse der Gesellschaft am besten angepassten Projekte.



## **Block D2**

# **Konzepte und Konstruktionen für den Mehrgeschossigen Holzbau**





# **Skelett-/Rahmen- und Brettsperrholzbauweise im direkten Vergleich**

Alexander Holl  
Pirmin Jung Deutschland GmbH  
Sinzig, Deutschland





# Skelett-/Rahmen- und Brettsperrholzbauweise im direkten Vergleich

## 1. Einleitung

Vor 36 Jahren wurde der IBM Personal Computer am Markt eingeführt und war der Ursprung für die dritte industrielle Revolution. IBM wählte als Betriebssystem MS-DOS von Microsoft. Drei Jahre später hat Apple seinen Macintosh gelauncht. Im Unterschied zum PC von IBM funktionierte der Macintosh mit dem eigenen Betriebssystem. Damit war der Kampf der Computergiganten eröffnet – zwischen Microsoft und Apple. Die Konkurrenz hat die Innovation und die Vermarktung vorangetrieben, die Welt wurde grundlegend verändert.



Abbildung 1: Mit dem 1981 eingeführten IBM-PC, der mit dem Betriebssystem MS-DOS funktionierte und mit dem 1984 eingeführten Macintosh von Apple wurde die dritte industrielle Revolution gestartet.

Wie bei den Computern werden heute mehrgeschossige Holzbauten mit zwei unterschiedlichen Wandsystemen realisiert: Mit der Skelett/Rahmenbauweise auf der einen – und mit der Brettsperrholzbauweise auf der anderen Seite. Beide Wandsysteme können mit den unterschiedlichsten Deckensystemen kombiniert werden: mit Massivholzdecken, mit Holzbetonverbunddecken aller Art, mit Hohlkasten- und Rippendecken und aber auch mit vorgefertigten Betonelementdecken oder mit vor Ort gegossenen Betondecken.

## 2. Skelett/Rahmenbauweise

Als in der Schweiz 1999 das erste viergeschossige Genossenschaftsgebäude der Allgemeinen Wohnbaugenossenschaft in Zug in Holzbauweise geplant werden durfte, zeigten sich bei der Holzrahmenbauweise, wie sie aus Amerika bekannt war und in Europa für den Einfamilienhausbau immer mehr Fuss fasste, Schwachstellen:

- Das Querholz der Schwellen- und Kopfhölzer sowie der Geschosdecken hätte unter den Einwirkungen zu grossen Verformungen und in Kombination mit den steifen, betonierten Treppenhäuskernen zu absehbaren Bauschäden geführt.
- Die Lastausbreitung in den Aussenwänden erfolgte neben den Fenstern sehr konzentriert, in den Flächen ergaben sich aufgrund der durchlaufenden Kopfhölzer kaum Normalkraftbeanspruchungen.
- Die Kopfhölzer ergaben über den Fenstern, in Kombination mit den gewünschten Rafflamellenstoren, zu hohe Sturzelemente.

Die Stärke der Holzrahmenbauweise wurden mit den Stärken der Skelettbauweise kombiniert. So wurde für dieses Projekt die Skelett-/Rahmenbauweise entwickelt und zum ersten Mal umgesetzt. Dieses System ist inzwischen die Standardkonstruktion für Mehrfamilienhäuser in der Schweiz.

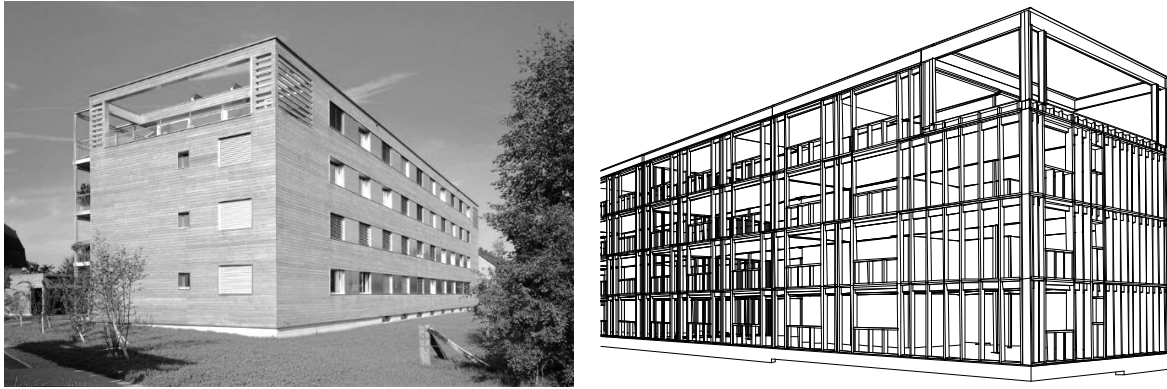


Abbildung 2: Für den 4-geschossigen Genossenschaftsbau AWZ in Zug (Schweiz) wurde 1999 die Skelett/Rahmenbauweise entwickelt, um die Schwachstellen der Rahmenbauweise für den mehrgeschossigen Holzbau zu eliminieren.

Das System baut auf einem Skelett aus primären Stützen und dem Kerto-Kopfholz auf. Die Stützen werden dort angeordnet, wo sie architektonisch möglich sind – beidseits der Fenster, an den Wandenden und vereinzelt in den geschlossenen Wandflächen. Der L-förmige Kopfholzträger läuft als Durchlaufträger über das gesamte Wandelement durch, er wird in Ausschnitten der Stützen eingelegt. Bei der Detailausbildung der Stützen wird darauf geachtet, dass kein Querholz belastet wird: Die primären Stützen stehen immer «Stirne auf Stirne» aufeinander, am Fuss stehen die Stützen direkt auf dem Beton – sie werden hier sauber untergossen. Mit diesem System können Vertikalverformungen maximal reduziert werden – und brandschutztechnisch sind nur die Hauptstützen und das Kopfholz nachzuweisen. Die Felder zwischen den Fenstern werden mit möglichst schlanken Ständern und mit Dämmung ausgefüllt. Die Ständer haben «nur» die Funktion, die Dämmung zu halten und die Windlasten an die Decken abzutragen.

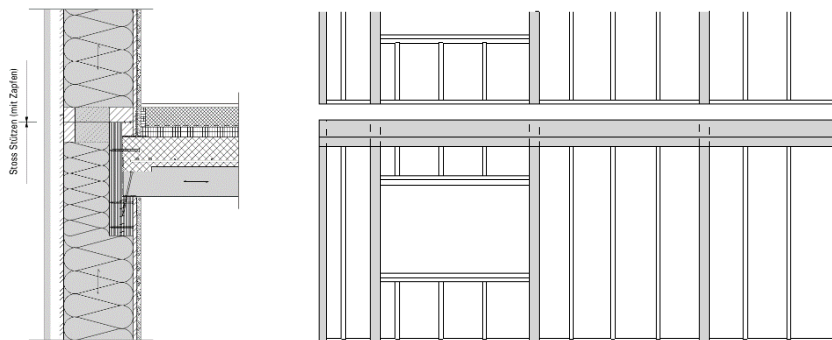


Abb.3: Skelett-/Rahmenbauelement mit den Hauptstützen und dem L-förmigen, durchlaufenden Kopfholz. Die Lastübertragung von Stützen zu Stütze funktioniert immer über Stirnholz, längs zur Faser.

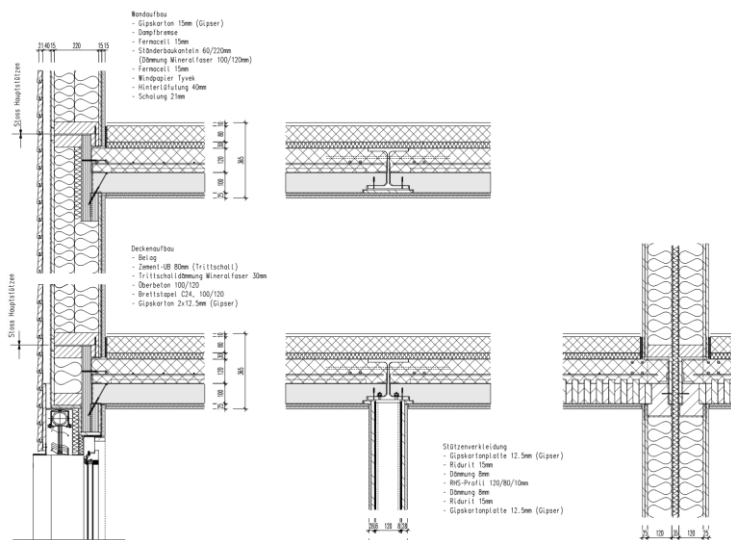


Abb.4: Auf dem Skelett-/Rahmenbau aufgebaute Standarddetails in Kombination mit Stahlträgern als Unterzugsystem und mit Holzbeton-Verbunddecken.

Das System ist auch kombinierbar mit allen anderen Deckensystemen wie mit Hohlkästen, mit Massivholzdecken oder mit Betondecken.

### 3. Brettsperrholzbauweise

Das Brettsperrholz wurde in Österreich entwickelt und erreichte nach der ersten Pionier- und Entwicklungsphase im Jahr 2008 eine Produktionsgrösse von 100'000 m<sup>3</sup>. In den meisten Ländern ausserhalb Zentraleuropas werden mehrgeschossige Holzbauten in der Brettsperrholzbauweise realisiert.

#### 3.1. Brettsperrholz als Spezialbauteil

Der Entwurf unseres 2003 gebauten Bürogebäudes basiert auf einer «Holzkiste», die auf einem Betonsockel liegt und beidseitig 5,0m auskragt. Diese Auskragung wurde statisch mit Brettsperrholzwänden gelöst, die im Wohngeschoss angeordnet sind, beidseitig auskragen und über die darüber liegende Holzbetonverbunddecke zusammengeschlossen.

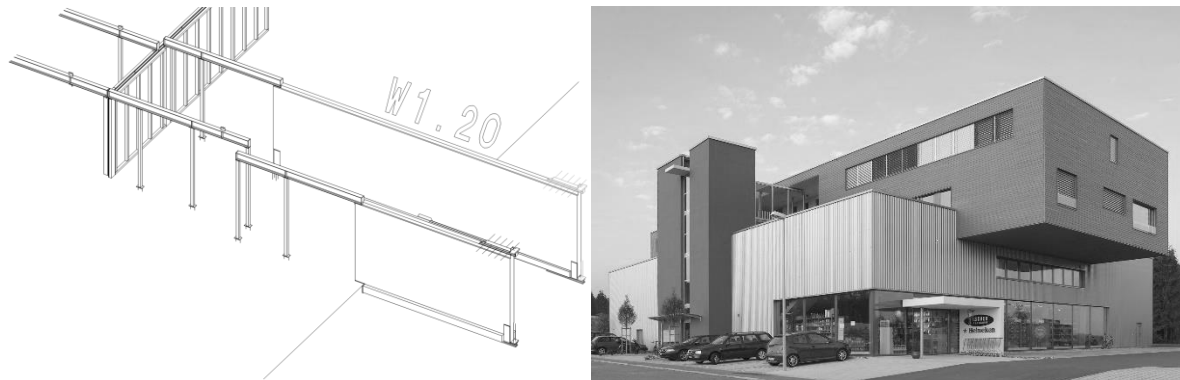


Abbildung 5: Unser Bürogebäude mit beidseitig um 5,0m auskragendem Holzbauteil. Diese Auskragung wurde mit wandartigen Trägern aus Brettsperrholz gelöst.

Die zwei primären Tragwände (je Auskragung eine) bestehen aus 202mm starken und 3.00m hohen 5-Schichtigen Brettsperrholzplatten. Die Lastweiterleitung von 1'260 kN von der schlanken Platte auf die Betonwand beim mittleren Auflager wurde mit eingeklebten Gewindestäben (GSA-Technologie der Neuen Holzbau AG) gelöst. Da diese Verbindung normativ nicht geregelt war wurde deren Funktionieren mit Versuchen bestätigt.

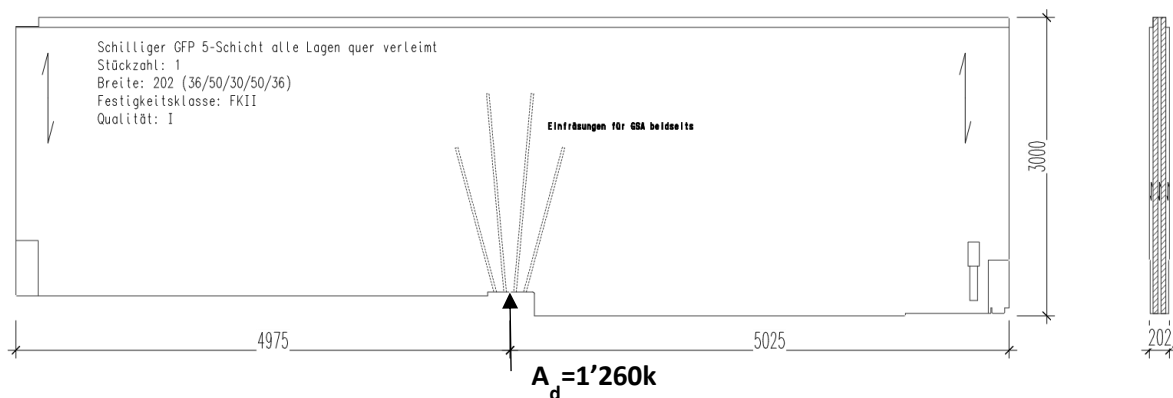


Abbildung 6: Brettsperrholzplatte als auskragende Wand. Die Auflagerkraft von 1'260kN wurde mit 8 eingeklebten Gewindestangen M20-10.9 in die Platte eingeleitet. Eine alternative Stahlplatte (Stahlsattel) wäre rund 1,00m lang gewesen, die Lasteinleitung auf diese Länge weniger kontrollierbar.

#### 3.2. Brettsperrholzbau als Aussenwandssystem

Das 8-geschossige Mehrfamilienhaus Bridport Place in London war eines der ersten mehrgeschossigen Wohnbauprojekte in Brettsperrholzbauweise, welches durch unsere Firma bearbeitet werden durfte. Insbesondere ausserhalb der Schweiz sind wir seither immer wieder mit dieser Bauweise beschäftigt – insbesondere im mehrgeschossigen Wohnungsbau.

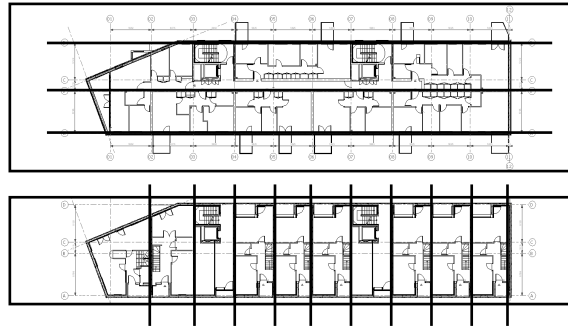


Abbildung 7: 8-geschossiges Mehrfamilienhaus Bridport Place in London.

Oben: Grundriss des 2. bis 7. Obergeschoss, Unten: Grundriss Erdgeschoss und 1. Obergeschoss

Eine erste Spezialität war die Änderung der primären Tragachsen über dem 1. Obergeschoss. Dies wurde notwendig, da im Erd- und im 1. Obergeschoss Maisonettwohnungen gewünscht waren, in den oberen Stockwerken Geschosswohnungen. Die Decken wurden in Brettsperrholz  $t=182\text{mm}$  ausgeführt, die Innen- und Aussenwände mit Brettsperrholz  $t=161\text{mm}$ .

Bei den Tragwänden (Innen und Aussen) haben wir die Gedanken bezüglich dem «nicht Belasten» von Querholz wie bei der Skelett-/Rahmenbauweise verfolgt, weil wir Vertikalverformungen möglichst vermeiden wollten. Insbesondere in Kombination mit betonierten Erschliessungskernen und mit über die Geschosse durchlaufenden Lift- und Erschliessungskernen in Brettsperrholz erachten wir dieses System als das Sicherste.

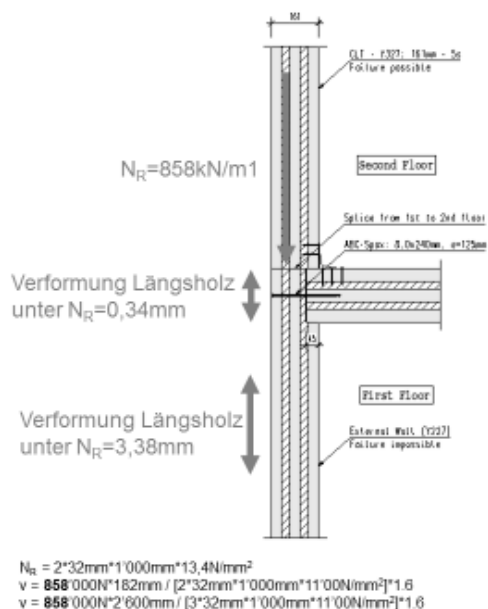


Abbildung 8: Konstruktionssystem mit Lastabtragung nur über Längsholz. Die max. Traglast bei den verbauten 161mm starken Wänden beträgt **858kN**, die daraus resultierende Vertikalverformung eines Geschosses (Decke plus Wand) 3,72mm.

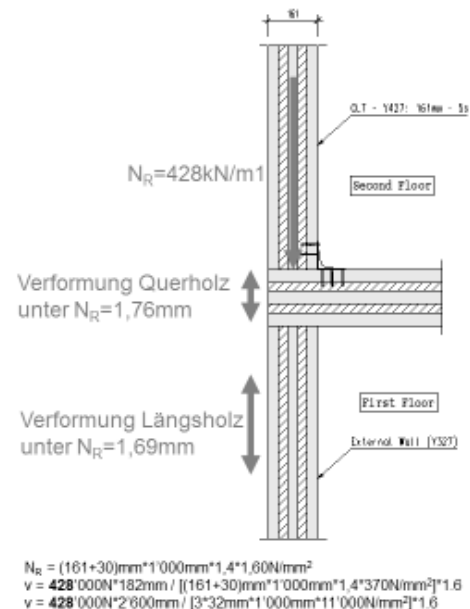


Abbildung 9: Konstruktionssystem mit Belastetem Querholz der Decken zwischen den Tragwänden. Die Maximale Traglast beträgt bei 161mm starken Wänden **428kN**, die daraus resultierende Vertikalverformung eines Geschosses (Decke plus Wand) 3,45mm.

Mit dem gewählten Konstruktionssystem konnte die Traglast bei fast gleicher Langzeitverformung verdoppelt werden. Dasselbe Konstruktionsprinzip der Lastweiterleitung nur über Längsholz wurde auch bei den tragenden Innenwänden angewendet. Mit den heute im Einsatz stehenden Abbundanlagen können solche Bearbeitungen in einer hohen Präzision und damit baupraktisch sicher ausgeführt werden.

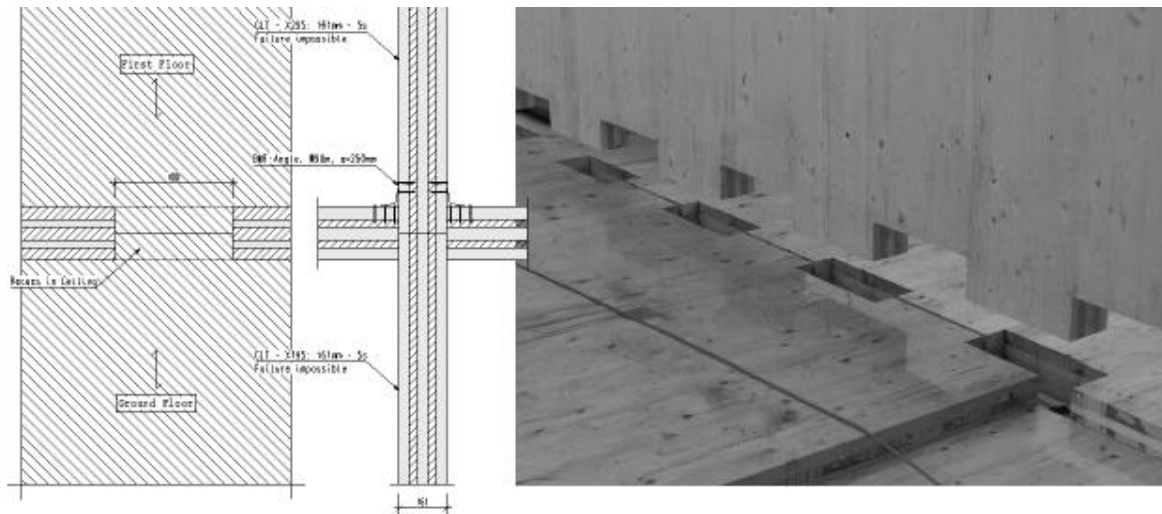


Abbildung 10: Geschossübergang bei den tragenden Innenwänden: Die Decken liegen auf den Tragwänden auf, die Tragwände stehen «Stirne auf Stirne» aufeinander und garantieren so minimalste Vertikalverformungen.

## 4. Vergleich der Systeme

Aus Sicht von uns Ingenieuren, welche bei der täglichen Arbeit sowohl Skelett-/Rahmenbauten als auch Brettsperrholzbauten bearbeiten, sehen wir zwischen den zwei Systemen folgende Unterschiede:

### 4.1. Vorfertigung und Wertschöpfung



Abbildung 11: Die Skelett-/Rahmenbauweise erlaubt eine weitgehende Vorfertigung in den klimatisierten Hallen der Holzbauer und damit kurze Montage- und Ausbauezeiten auf der Baustelle.



Abbildung 12: Brettsperrholzbauten werden in den meisten Fällen wie herkömmliche Ziegelsteinbauten auf der Baustelle montiert. Die Ausbauarbeiten mit Dämmungen, Dichtungen, Platten und Verkleidungen usw. erfolgen unter Baustellenbedingungen auf der Baustelle.

## 4.2. Materialeinsatz

Holz ist der nachwachsende, nachhaltige Baustoff schlechthin. Mit dem Trend zum mehrgeschossigen Holzbau wird die Nachfrage bezüglich dem Rohstoff Holz zunehmen. Entsprechend interessiert es zukünftig, wieviel Holz für die Erbringung einer Leistung erforderlich ist.

Beim Projekt Bridport Place wurden die Aussenwände in Brettsperrholz in Einzelteilen konstruiert: Raumhohe, eher schmale Wandelemente und zwischen die Wandelemente eingehängte Sturzelemente.

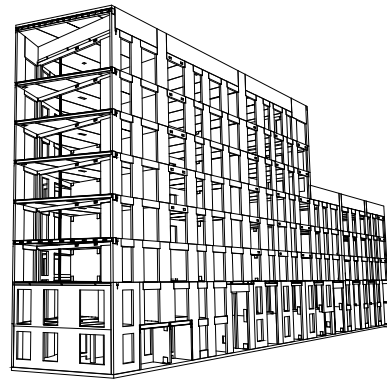


Abbildung 13: Aussenwände Bridport Place London, 2013

Für die Wandkonstruktionen (Aussen- und Innenwände, tragend und nichttragend) wurden rund 840 m<sup>3</sup> Brettsperrholz verbaut. Mit einer alternativen Skelett-/Rahmenbaukonstruktionen hätten rund 280m<sup>3</sup> Holz (Rahmenkante, Brettschicht- und Furnierschichtholz) verbaut werden müssen. Daneben wären die Aussenwände bei gleichem U-Wert von 0,16W/m<sup>2</sup>K um ca. 60mm schlanker geworden.

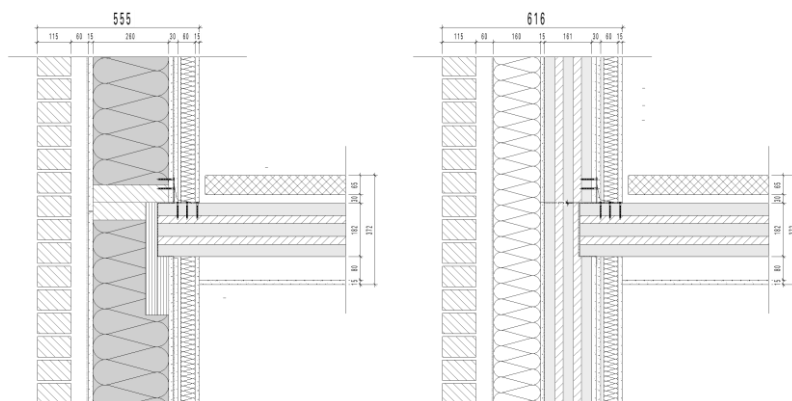


Abbildung 14: Rechts: ausgeführte Aussenwand in Brettsperrholz, Links eine alternative Skelett-/Rahmenbaukonstruktion mit identischem U-Wert und identischer statischer Leistungsfähigkeit.

Bei einem aktuell laufenden Brettsperrholz-Projekt werden die Wände nicht mehr segmentartig ausgeführt. Die Fenster werden aus den Wänden ausgeschnitten, weil dies produktionstechnisch einfacher und wirtschaftlicher ist, als das Wandelement segmentartig wieder zu einem Element zusammenzubauen. Trotz der relativ kleinen Fensterflächen gibt es einen relativ grossen Verschnitt von hochwertigem Baumaterial, der aus unserer Sicht zukünftig in irgendeiner Form vermieden werden sollte.



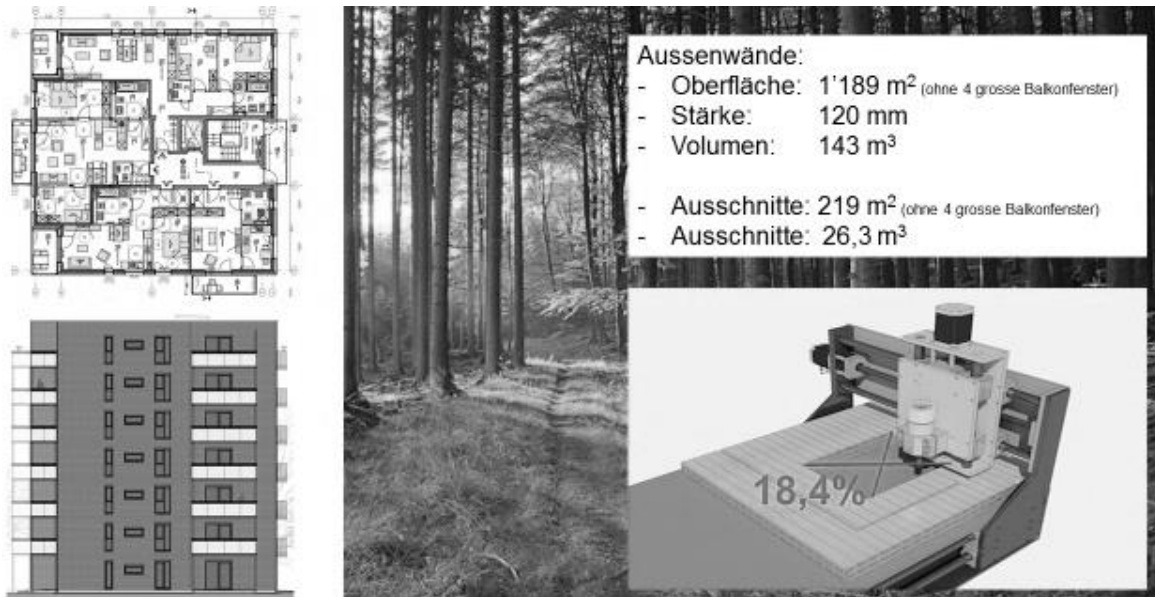


Abbildung 15: Verschnitt von 18,4% des für die Produktion der Aussenwände erforderlichen Brettsperrholzes bei einem von PJI aktuell bearbeiteten Projektes. Bei den 5 geplanten MFH's ergeben sich 131,5m<sup>3</sup> Ausschnitt.

### 4.3. Schallschutz

Der Schallschutz von Innen- und von Wohnungstrennwänden der zwei Bausysteme unterscheidet sich wie folgt:

Gipsfaserplatte 15mm  
 Holzständerwerk 120mm  
 . Mineralfaserdämmung  
 Gipsfaserplatte 15mm  
  
 $R_{w+(C)} = 44+(-2) = 42 \text{ dB}$   
 (Laborwerte)

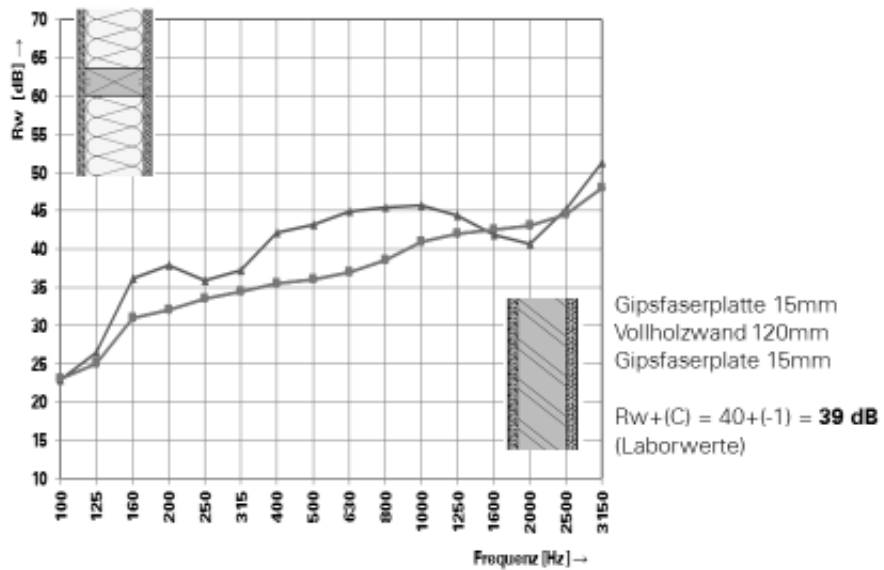
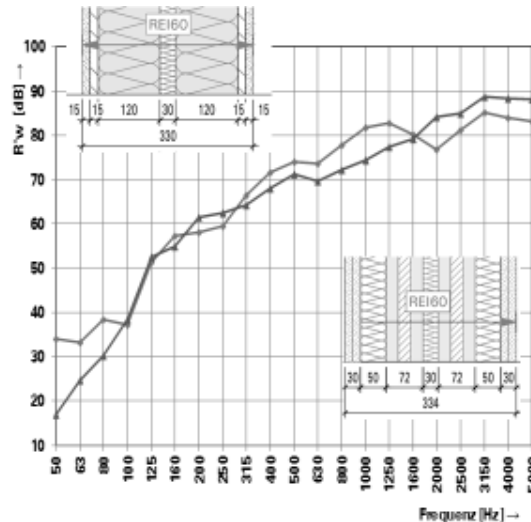


Abbildung 16: Schalldämmwert von Innenwänden in Rahmenbau- und in Massivbauweise mit je einem 120mm starken Kern. Dargestellt sind Laborwerte.

Gipsfaserplatte 2x15mm  
 Holzständerwerk 120mm  
 . Mineralfaserdämmung  
 Mineralfaserdämmung 30mm  
 Holzständerwerk 120mm  
 . Mineralfaserdämmung  
 Gipsfaserplatte 2x15mm

$R'w+(C) = 71+(-6) = 65 \text{ dB}$

$R'w+(C_{50-5000}) = 71+(-7) = 64 \text{ dB}$



Gipsfaserplatte 2x15mm  
 Lattenrost auf Federbügel 50mm  
 . Mineralfaserdämmung  
 Brettsperrholz 72mm  
 Mineralfaserdämmung 30mm  
 Brettsperrholz 72mm  
 Lattenrost auf Federbügel 50mm  
 . Mineralfaserdämmung  
 Gipsfaserplatte 2x15mm

$R'w+(C) = 71+(-5) = 66 \text{ dB}$

$R'w+(C_{50-5000}) = 71+(-16) = 55 \text{ dB}$

Beide Wände erfüllen die erhöhten Anforderungen nach der Norm SIA 181  
 jedoch ist die Vollholzwand im Tieftonbereich deutlich schlechter, wegen **Hohlraumresonanzen**

Abbildung 17: Schalldämmerte von am Bau gemessenen Wohnungstrennwänden – oben die zweischalige Skelett-/Rahmenbauwand, unten die zweischalige Brettsperrholzwand. Beide Wände erfüllen die erhöhten Anforderungen nach Norm SIA 181, jedoch ist die Vollholzwand im Tieftonbereich deutlich schlechter, wegen auftretenden Hohlraumresonanzen.

Bei der Massivholzwand sind insbesondere die Hohlraumresonanzen kritisch. Die Wand würde dieselben Werte wie die leichte Skelett-/Rahmenbauwand erreichen, wenn die Massivholzplatten auf **80mm Stärke** erhöht und auf einen **Abstand von 120mm** montiert würden. Die 50mm Vorsatzschalen könnten in dem Falle weggelassen werden - die doppelte Gipsfaserbeplankung könnte direkt auf die Massivholzwand erfolgen.

## 4.4. Statische Bemessung

Die Skelett-/Rahmenbauweise basiert auf linearen Bauteilen, welche über einfache statische Modelle nachgewiesen werden können. Demgegenüber sind statische Nachweise von Brettsperrholzwänden, die mit Öffnungen versetzt sind, nur mit Finite-Element-Programmen genügend genau machbar. In den folgenden Zeichnungen sind insbesondere die kritischen Bereiche direkt neben den Fenstern zu erkennen, die bei der Brettsperrholzbauweise für die Stärke der Wandplatten massgebend sind. Bei der Skelett-/Rahmenbauweise werden diese Bereiche mit stärkeren BSH-Stützen gelöst. Die übrige Wand kann dann wieder «leicht» konstruiert werden.

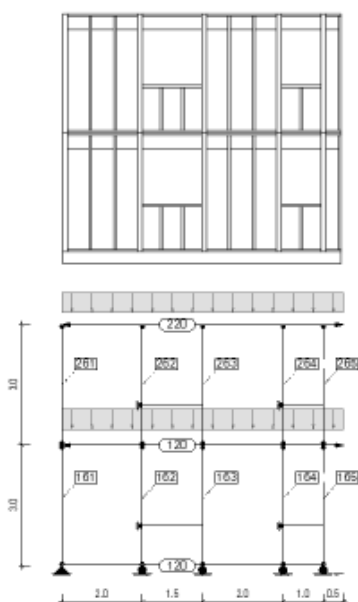


Abb.17: Ansicht und statisches System einer Skelett-/Rahmenbauwand. Die Bauteile können über einfache statische Nachweise dimensioniert werden.

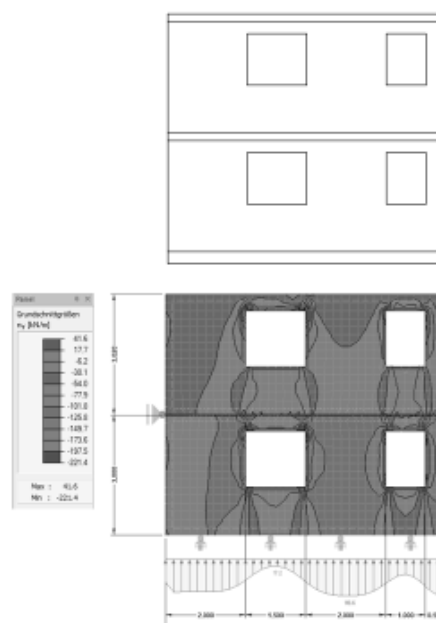


Abb.18: Ansicht und FE-Ausgabe des statischen Nachweises einer Brettsperrholzwand. Die plattenförmigen Wandelemente mit Öffnungen sind nur mit FE-Programmen hinreichend zu dimensionieren.

## 5. Ausblick zu Hochhäusern

Die Zukunft des Holzbaus liegt auch im Bauen von Gebäuden über der Hochhausgrenze. Aufgrund der auftretenden Kräfte und einer möglichst ressourcenoptimierten Bauweise erachten wir die Skelettbauweise, wie sie auch beim C13 in Berlin umgesetzt wurde, als eine sinnvolle Konstruktionsweise für Häuser über der 30m Grenze.



Abb.19: C13 in Skelettbauweise mit Unterzug-Stützenkonstruktion und nichttragenden Aussenwänden in Rahmenbauweise (5-geschossigen Teil) und in Brettsperrholzbauweise (7-geschossiger Teil).

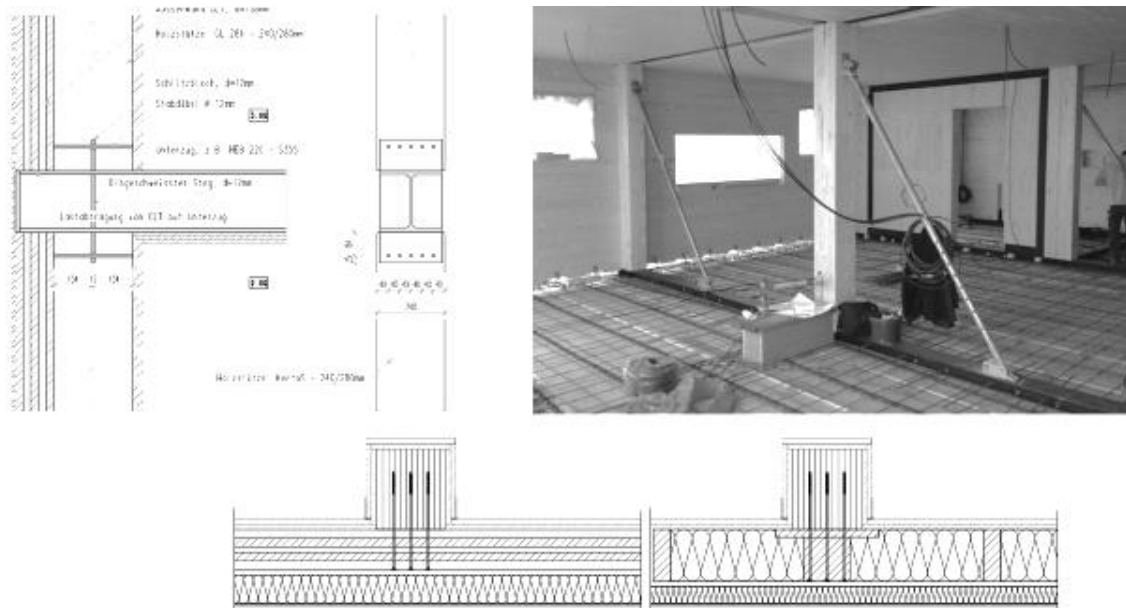


Abb.20: Konstruktionsprinzip beim C13 mit der tragenden Skelettkonstruktion und den nichttragenden Aussenwänden. Rechts eine Bild im Montagezustand.

Als Konstruktionsprinzip beim C13 wurde eine Primäre Skelettkonstruktion mit BSH-Stützen und Stahl-Unterzügen zwecks Ausbildung einer Flachdecke und frei gestaltbaren Grundrissen gewählt. Die Aussenwände wurden im 7-Geschossigen Bereich «Hohlraum-frei» in Brettsperrholzbauweise mit aussenliegender Dämmung ausgeführt, im restlichen Gebäudeteil mit ausgedämmten Holzrahmenbauelementen. Die nichttragenden Aussenwandelemente liegen immer in den Gebäudeachsen auf den leicht auskragenden Unterzügen auf, womit auch die Montage einfach gestaltet werden konnte.

Die Gebäudeaussteifung beim C13 erfolgte in Gebäudelängsrichtung über die betonierte Gebäudeabschlusswand REI90. In Querrichtung steifen Brettsperrholzplatten das Gebäude aus:



Abb. 21: Links: Baustellenfoto mit einer in den Hauptstützen und in den Unterzügen eingespannten Brettsperrholzplatte. Rechts: Auszug aus der statischen Bemessung bezüglich der Bemessung dieser aussteifenden Wand, die ein Teil des horizontalen Tragwerkskonzeptes ist.





# Hybridkonzepte für den mehrgeschossigen Büro- und Verwaltungsbau

Konrad Merz  
merz kley partner ZT GmbH  
Dornbirn, Österreich







# Hybridkonzepte für den mehrgeschossigen Büro- und Verwaltungsbau

## 1. Einleitung

Büro-, Verwaltungs- und Schulbauten haben in der Regel Räume mit Spannweiten über sechs Meter und mittlere bis hohe Anforderungen an den Schallschutz. Massive Holzdecken mit einer Schüttung sind bei dieser Kombination aufgrund der erforderlichen Bauteilstärken und des damit zusammenhängenden hohen Holzverbrauchs nicht mehr unbedingt erste Wahl. Wird mit reinen Holzdecken geplant, kommen eher Balkenlagen oder Hohlkastensysteme zum Einsatz. Eine Alternative dazu sind Holzbetonverbundsysteme als Plattenbalken oder mit einer vollflächigen Holzschicht. Wird bei der Geschossdecke Beton eingesetzt, ist der Weg zu weiterführenden hybriden Konstruktionen nicht mehr weit. Dabei gibt es je nach Anforderung die unterschiedlichsten Kombinationsmöglichkeiten. Nachstehend ist die Tragkonstruktion anhand von vier Beispielen schematisch dargestellt.



Abbildung 1: Bürogebäude Sputnik, Biel, CH

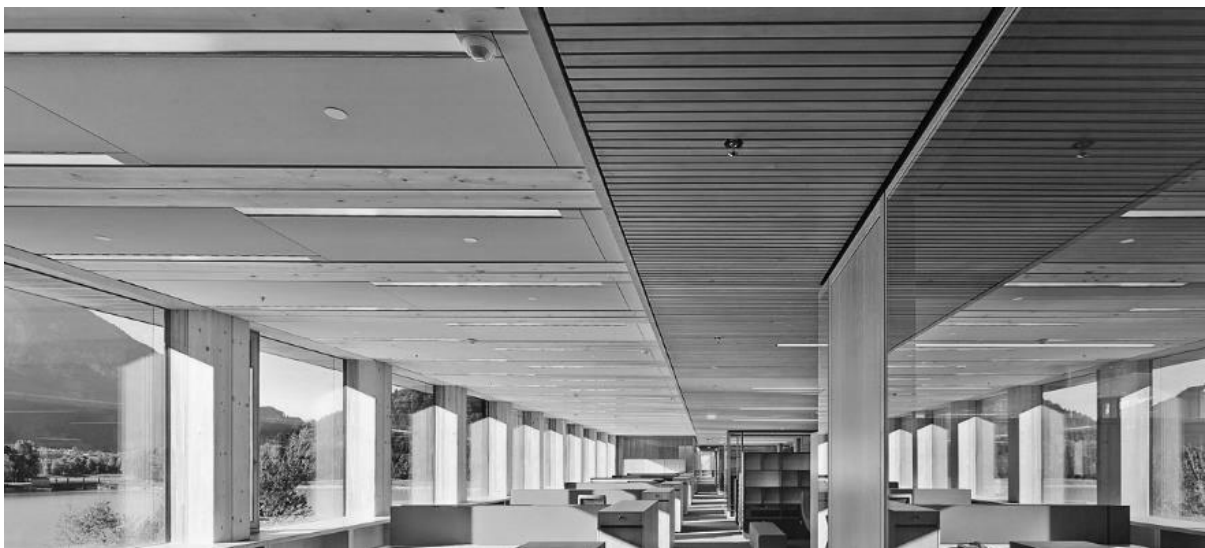


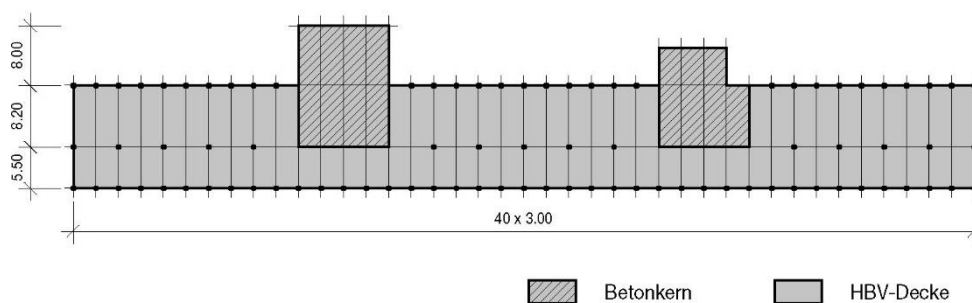
Abbildung 2: Bürogebäude Illwerke Zentrum Montafon, Vandans, AT

## 2. Bürogebäude IZM Vandans, AT

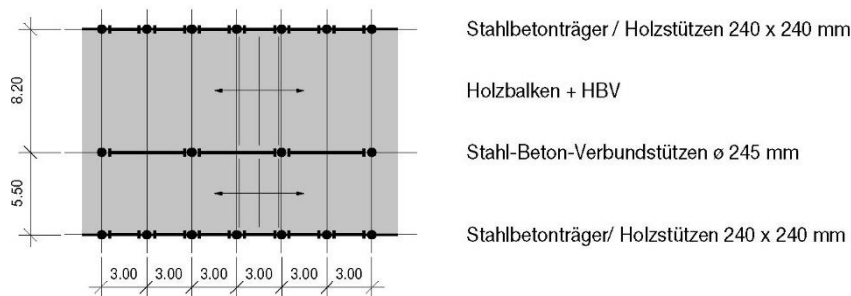
### Architekt: Hermann Kaufmann, Schwarzach, AT

Ein Skelett aus Stahl- bzw. Holzstützen und HBV-Decken wird über zwei Ortbetonkerne ausgesteift. Die HBV-Balkendecken wurden im Werk in einer Stahlschalung vorgefertigt und auf der Baustelle zu einer 30 m auskragenden und aussteifenden Scheibe vergossen. Der Bodenaufbau ist systemunabhängig und war in diesem Fall ein handelsübliches Hohlbodensystem. Die Deckenbalken sind im fertigen Zustand sichtbar. Der Zwischenraum ist mit einem raumakustisch wirksamen abgehängten Deckenelement geschlossen. Der Brandwiderstand des Tragsystems ist R(EI) 90. Das Gebäude hat 5 Geschosse, wobei das System problemlos bis über die Hochhausgrenze hinaus angewendet werden kann.

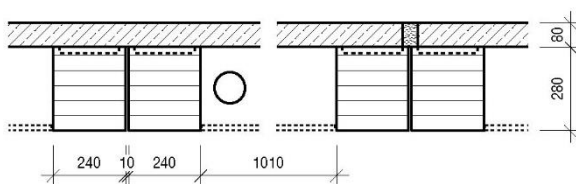
Grundriss M 1:1000



Grundraster M 1:500



Querschnitt Feld M 1:25



Querschnitt Träger M 1:25

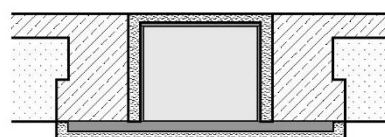


Abbildung 3: Bürogebäude IZM Vandans: Grundriss, Grundraster und Querschnitte

### 3. Bürogebäude Sputnik Biel, CH

**Architekt: Burckhardt Partner, Bern, CH**

Ein Skelett aus Stahlträgern und Stahlstützen wird mit HBV-Decken ausgefacht und über 70 m auseinanderliegenden Stahlbetonkernen ausgesteift. Die HBV-Decken bestehen aus Brettstapelelementen mit einem Plus/Minus Profil. Der Überbeton (Ortbeton) wirkt zusammen mit den Stahlträgern als Stahlbetonverbund (Haupttragsystem) und zusammen mit den Brettstapeln als Nebentragsystem. Der Bodenaufbau ist systemunabhängig. Die Deckenuntersicht ist teilweise sichtbar. Wegen eines Sprinklervollschutzes besteht keine Anforderung an den Brandwiderstand des dreigeschossigen Gebäudes. Grundsätzlich ist das System auch für größere Gebäudehöhen geeignet, wobei die Anforderungen an den Brandschutz mit in die Überlegungen einzubeziehen sind.

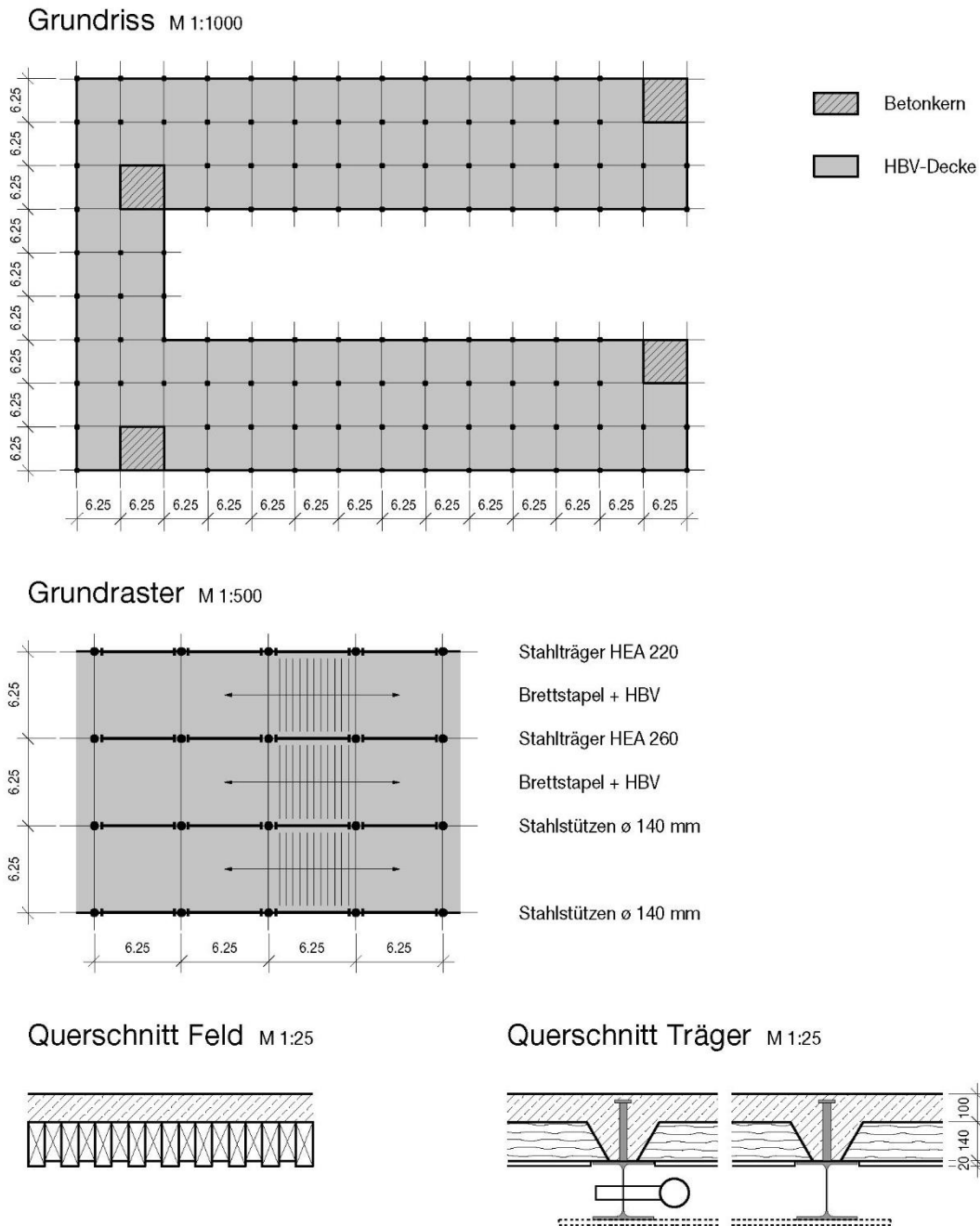


Abbildung 4: Bürogebäude Sputnik Biel: Grundriss, Grundraster und Querschnitte

## 4. Gewerbepark Gebenloo, CH

Architekt: Beat Rothen, Winterthur, CH

Ein Skelett aus vorgefertigten Betonträgern und -stützen wird mit HBV-Decken ausgefacht und über Stahlbetonkerne (Ortbeton) ausgesteift. Die HBV-Decken bestehen aus Brettstapelelementen mit einem Plus/Minus Profil. Der Überbeton wirkt zusammen mit den Betonträgern als Plattenbalken (Haupttragsystem) und zusammen mit den Brettstapeln als Nebentragsystem. Der Bodenaufbau ist systemunabhängig, in diesem Fall ein Nasenstrich. Die Deckenuntersicht ist sichtbar. Der Brandwiderstand des Tragsystems ist R(EI) 60. Das Gebäude hat 4 Geschosse, wobei das System problemlos bis über die Hochhausgrenze hinaus angewendet werden kann.

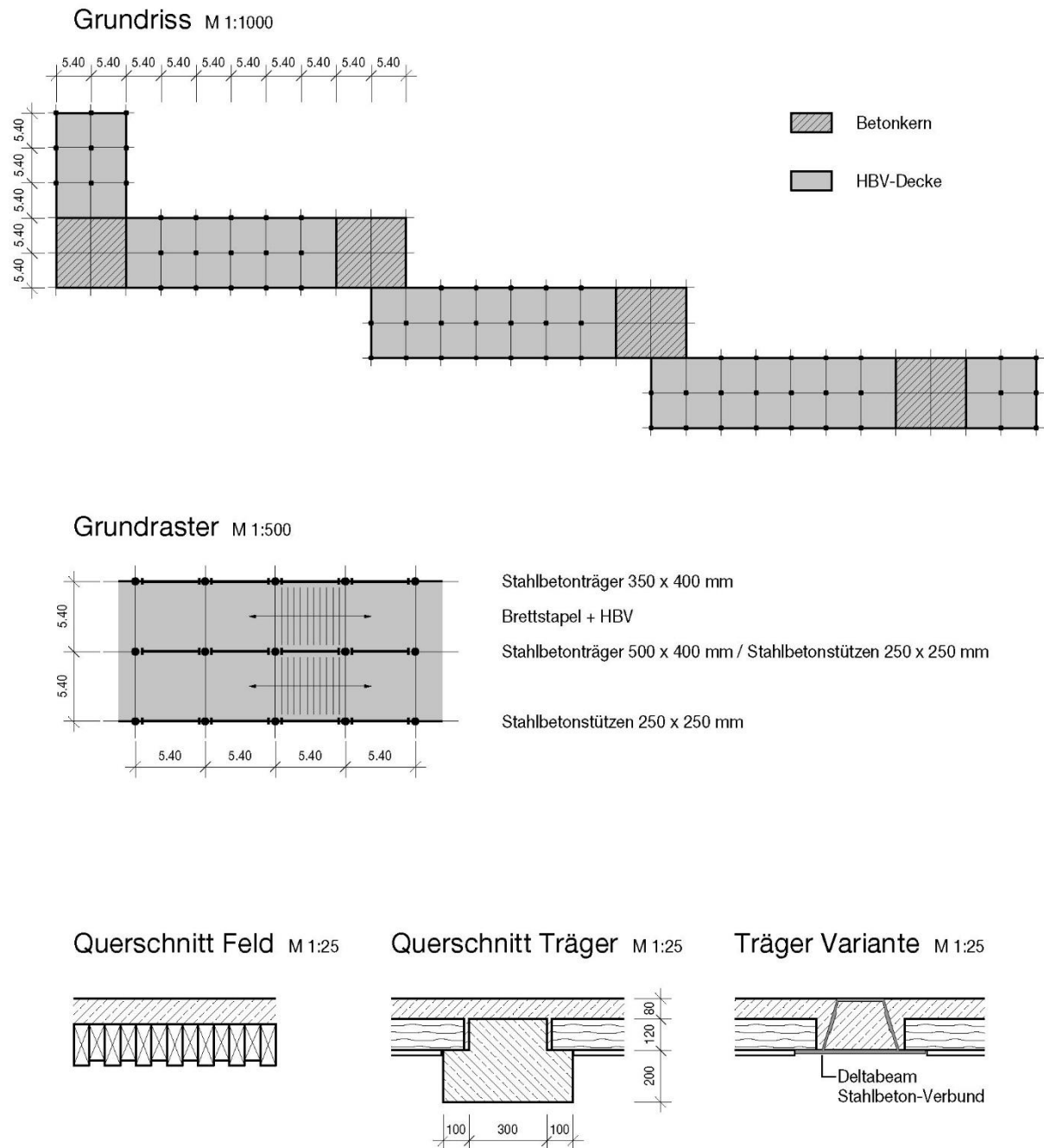


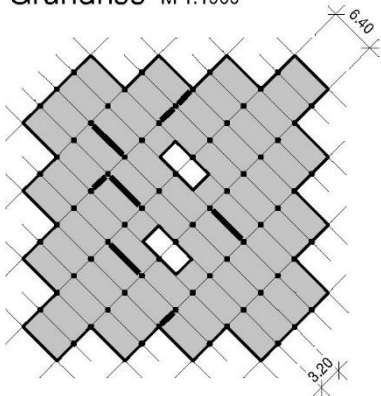
Abbildung 5: Gewerbepark Gebenloo: Grundriss, Grundraster und Querschnitte

## 5. Assessment + Förderzentrum, Neuwied, DE

### Architekt: Waechter + Waechter, Darmstadt, DE

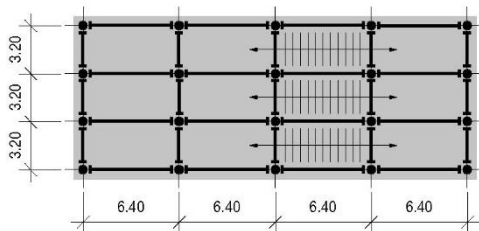
Das Tragwerk besteht aus Holzstützen, einigen wenigen aussteifenden Brettsperrholzelementen und punktgestützten Deckenelementen. Sie wurden vorgefertigt und haben einen Primärträger an jeder Längsseite und Rippen in Querrichtung. Die Elemente sind mit einer Holzwolle-Akustikplatte und einer dünnen OSB Platte beplankt. Sie dient als verlorene Schalung für den vor Ort aufgetragenen Überbeton. Der Bodenaufbau ist systemunabhängig. Der Brandwiderstand beträgt R(EI) 30. Im fertigen Zustand trägt der Hauptträger, zusammen mit der Betonplatte, als Plattenbalken. Die dünnen Rippen sind eigentlich nur Teil der verlorenen Schalung. Das Gebäude hat 2 Geschosse. Für eine größere Anzahl Geschosse müsste die Konstruktion, insbesondere die Lastdurchleitung bei den Stützen angepasst werden.

Grundriss M 1:1000



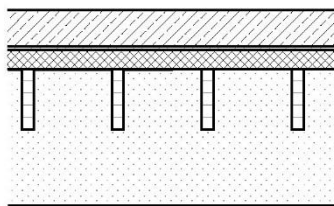
- HBV-Decke
- aussteifende Holzwand

Grundraster M 1:500

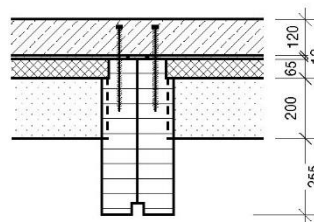


- Holzträger 120 x 620 mm
- Holzträger 2 x 120 x 620 mm
- Holzstützen 240 x 240 mm
- Holzstützen 140 x 200 mm

Querschnitt Feld M 1:25



Querschnitt Träger M 1:25



- Ortbeton
- OSB
- Schrauben 45° (verbund)
- Heradesign superfine
- Rippen 40 x 200 mm, e=300 mm
- Hauptträger

Abbildung 6: Assessment + Förderzentrum Neuwied: Grundriss, Grundraster und Querschnitte



**HOLZARCHITEKTUR  
IM URBANEN RAUM – BENELUX**





# **Strategie zum nachhaltigen Bauen – eine holistische Herangehensweise am Beispiel des Wohnbauprojektes KIEM2050 Kirchberg, Luxemburg**

Pit Kuffer  
witry & witry architecture urbanisme  
Echternach, Luxemburg





# Strategie zum nachhaltigen Bauen – eine holistische Herangehensweise am Beispiel des Wohnbauprojektes KIEM2050 Kirchberg, Luxemburg

Die Planung und Umsetzung nachhaltiger Gebäudestrukturen benötigt eine ganzheitliche Betrachtungsweise. Dabei spielen zum einen die Nachhaltigkeitsfaktoren zum anderen die verschiedenen Lebensabschnitte von Gebäuden eine Rolle. Wie diese Punkte stimmig zu einem Ganzen zusammengeführt werden können verdeutlicht die Planung des mehrgeschossigen Wohnquartiers KIEM2050 Kirchberg – LUXEMBURG. Der vom Fonds d'urbanisation et d'aménagement du Plateau Kirchberg initiierte partizipative Planungsprozess ermöglichte die Diskussion und Überlegung von neuen Wegen für das Bauen der Zukunft, weg vom Standard hin zu nachhaltigeren Lebensräumen.

## 1. Globale Herausforderungen

### 1.1. Unbegrenzter Wachstum versus zukunftsfähige Konzepte neuer Wirtschaftsmodelle

Spätestens seit der Nachkriegszeit vor über 70 Jahren basiert unser wirtschaftliches System auf der Annahme des ewigen Wachstums, sodass die einzelnen Länder eine große Wirtschaftskraft anstreben. Diese Wirtschaftsmodelle, die auf der Annahme unendlich verfügbarer Rohstoffe basieren, sind jedoch nicht zukunftsfähig. Erfolgt beispielsweise der Rohstoffabbau von Kupfer, das größtenteils zur Herstellung von Kommunikations- und Stromleitungen verwendet wird weiter wie bisher, werden die natürlichen Kupfervorkommen in 32 Jahren erschöpft sein. Der Ansatz den Tim Jackson vertritt, dass vorzugsweise Qualität und nicht Quantität eine Lösung sein kann, gilt auch für das Baugewerbe. Weltweit wichtige Megatrends wie die wachsende Weltbevölkerung, die Dynamik der Urbanisierung und die fortschreitende Technisierung führen dazu, dass u.a. das Verlangen nach Energie und Ressourcen künftig ansteigen wird. Dies erfordert neben einem branchenübergreifenden Umdenken auch Aufklärung und die Sensibilisierung der Gebäudeplaner und der Benutzer.

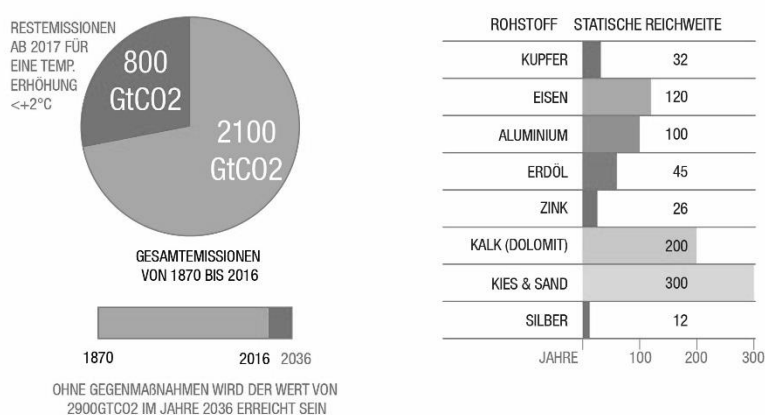


Abbildung 1: Maximale CO<sub>2</sub>-Emissionen für eine globale Temperatur < 2°C | Statische Reichweite systemrelevanter Rohstoffe

### 1.2. Herausforderungen an zukunftsfähige Gebäudeformen

Das Bauen und Betreiben von Gebäuden macht mit 40 Prozent Energieverbrauch den größten Anteil der Energiekonsumenten Europas aus und verursacht zirka 50 Prozent des Rohstoffabbaus. Die Herausforderung besteht darin, etablierte Denkmuster auszuweiten und neue Impulse einzubinden. Das CO<sub>2</sub>-Problem muss systematisch angegangen werden, damit die drei Hauptziele der Klima- und Energiepolitik der EU – nämlich die Senkung

der Treibhausgasemissionen, die Steigerung der Energieeffizienz und der Anstieg der Nutzung erneuerbarer Energien – bis 2030 erreicht werden können. Der Fokus darf nicht mehr nur auf einer umweltschonenden Energieversorgung liegen, sondern vielmehr auf einer lebenszyklusorientierten und kreislauffähigen Bauweise. Weiterführend müssten die verwendeten Materialien quantifiziert und die Baustoffe mit besonders hohem Treibhauspotential reduziert werden.

Der heutige lineare Bauprozess führt dazu, dass unzählige verbaute Stoffe beim Abriss entsorgt werden müssen und folglich die Abfallströme rasant steigen werden. Damit steht die Baubranche zunehmend unter Druck. Eine Möglichkeit, dem entgegenzuwirken ist eine ganzheitliche Betrachtung der Energie- und Materialströme eines Gebäudes – die Lebenszyklusanalyse LCA – welche bislang jedoch noch keine gängige Praxis ist. Darin wird nicht nur die Herstellung und die Nutzung eines Gebäudes (Ökobilanzierung) betrachtet, sondern auch sein späterer Rückbau (die Kreislauffähigkeit der Baustoffe). Hier müssten konkrete Rahmenbedingungen zur kontrollierten Emissionsreduktion geschaffen werden. Erst die systematische Reduktion von Treibhausgasen ermöglicht messbare Resultate, die in Relation zu den Anstrengungen ausgewertet werden können. Emissionsreduktionen und die wirtschaftlichen Möglichkeiten können dann aufeinander abgestimmt werden.

### 1.3. Zukunftsfähige Gebäudeplanung

Aufbauend auf die oben genannten Herausforderungen muss der Planungsablauf von Gebäuden sich anpassen. Planungsmuster werden vielschichtiger und komplexer. Neben den bereits bestehenden Anforderungen (Stabilität, Technik, Schallschutz, Normen und Gesetze uvm.) werden mittel- und langfristig weitere Themenbereiche berücksichtigt werden müssen. Es braucht folglich eine Vielzahl an Fach- und Sonderfachplanern, die ihr Wissen bereits frühzeitig in das Projekt einfließen lassen. Aktuelle Planungsabläufe basieren oft auf hierarchisch organisierten, monolinearen Strukturen, bei denen in einem ersten Schritt der Architekt eine Projektvision erarbeitet. Fach- und Sonderfachplaner werden meist zu einem späteren Zeitpunkt konsultiert. Aufgrund des immer komplexer werdenden Planungsprozesses wird eine frühzeitige interdisziplinäre Zusammenarbeit von Architekten und Ingenieuren unumgänglich. Durch die gezielte Auslobung eines «Processus de Co-Création», einer Art partizipativer Planungsprozess, bei dem eben diese Zusammenarbeit ab Projektbeginn ein zentraler Aspekt war, wurde im Projekt KIEM2050 der Grundstein einer integralen Planung gelegt. Bei der Entwicklung des mehrgeschossigen Wohnquartiers wurden alle Fachplaner in die Entwicklung der Projektvision einbezogen. In mehreren Arbeitssitzungen, an denen jeweils alle Fachplaner teilgenommen haben entstand eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsstrategie die die wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Faktoren über die verschiedenen Lebensabschnitte berücksichtigt.



Abbildung 2: Die Nachhaltigkeitsfaktoren «wirtschaftlich, ökologisch und sozial» werden durch «kreislauffähig» erweitert, um die Relevanz der Thematik hervorzuheben

## 2. Kreislauffähige Gebäudeplanung

### 2.1. Vom urbanen Umfeld zum Gebäude

Kreislauffähige Gebäudeplanung benötigt eine Erweiterung des Betrachtungsfeldes. Zentrales Element ist dabei die differenzierte Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, von der Herstellung, über die Benutzung bis hin zum Umbau und Rückbau und der Rückführung der Rohstoffe in den natürlichen bzw. technischen Kreislauf. Dabei muss stets der bestehende urbane Kontext berücksichtigt werden. Dieses Zoom-In-Zoom-Out Prinzip versucht die Bedürfnisse der Stadt zu ermitteln und diese auf das Stadtviertel, das Wohnquartier und schlussendlich auf das zu planende Gebäude zu übertragen (Zoom-In). Die

so ermittelten Maßnahmen werden nach Abschluss der ersten Gebäudevision wieder auf das Wohnquartier, das Stadtviertel und die Stadt rückprojiziert. Diese Methodik fördert Synergien mit der Umgebung und den Entwicklungsszenarien des aktuellen und zukünftigen Stadtgefüges. So wurde für das Projekt KIEM2050 versucht, die umliegenden Bürobauteile mit dem Wohnbauprojekt zu verknüpfen, indem man beispielsweise deren Abwärme (Server, Computer u.a.) für die Warmwasseraufbereitung des Wohngebäudes nutzt. Auch im sozialen Bereich war die Schaffung eines zum Umfeld komplementären Wohnungs- und Geschäftsflächenangebots ein wichtiger Aspekt. Die Entwicklung von Strategien zur Vermeidung von Leerstand, insbesondere im Erdgeschoss, war ebenfalls ein Kernthema dieser Überlegungen.

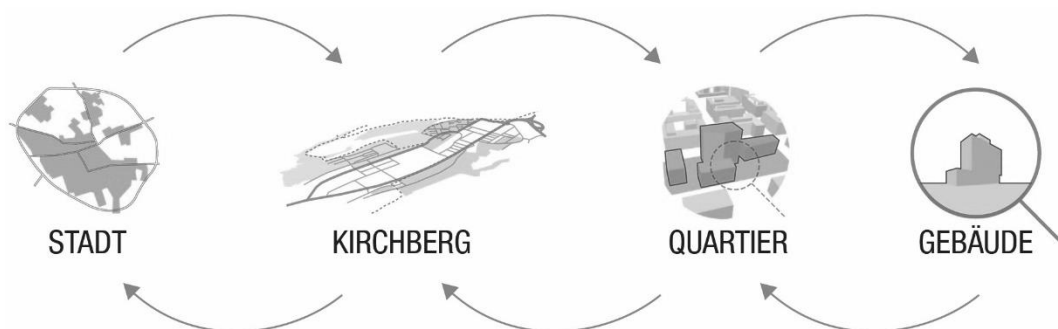


Abbildung 3: Schema des Zoom-In Zoom-Out Prinzips von der Stadt zum Gebäude und zurück zur Stadt.

## 2.2. Holistische Nachhaltigkeitsanalyse

Während die konventionelle Planung meist auf Bau- und Planungskosten sowie Energieeffizienz während der Nutzungsphase fokussiert, wird bei der Betrachtung der Kreislauffähigkeit eine detaillierte Nachhaltigkeitsanalyse erstellt, die den gesamten Lebenszyklus von Bauteilen mit deren Herstellung, Wirtschaftlichkeit bis hin zum Rückbau berücksichtigt. Gerade hier bedarf es einer interdisziplinären Zusammenarbeit bei der verschiedene Gesichtspunkte und Denkanstöße in das Projekt eingebracht und dadurch Zusammenhänge, Abhängigkeiten, Interaktionen sowie Wechselwirkungen frühzeitig erkannt werden können. In gezielten Szenarien werden die jeweils optimalen Lösungen erarbeitet und unter Berücksichtigung der richtigen Balance der einzelnen Nachhaltigkeitsparameter das beste Bauteil ermittelt.

Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der Minimierung der Grauen Energie und der einhergehenden Umwelteinflüsse wie CO<sub>2</sub>, Versäuerungspotential u.a. Neben der bewussten Auswahl von qualitativ hochwertigen, gesundheitlich unbedenklichen Materialien ist insbesondere auch die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus bis hin zum Rückbau ein wesentlicher Aspekt. Das zentrale Anliegen ist es, weiterhin die Gebäude dahingehend zu optimieren, dass sowohl der Energieverbrauch als auch die während der Nutzung entstehenden Kosten durch Unterhalt, Umbau bis hin zum Rückbau des Gebäudes minimiert und Umwelteinflüsse gezielt reduziert werden. So konnten beim Wohnbauprojekt KIEM2050 anhand von Bauteilvergleichen der Hauptbauteile wie Tragstruktur, Außenhülle und dergleichen erste Rückschlüsse über die Wahl der Baustoffe und Bauarten gezogen werden. So stellte sich heraus, dass unter Berücksichtigung aller gesetzten Nachhaltigkeitsparameter für das Projekt KIEM2050 eine Struktur bestehend aus Stahlstützen mit Betonkern und Stahlträgern mit eingehängten Hohlkastenprofilen aus Holz die günstigste Nachhaltigkeitsbilanz in Bezug auf die vorab festgelegten Ziele aufweist. Aus rechtlichen Gründen bezüglich des Brandschutzes musste für die Treppenkerne auf eine Stahlbetonstruktur zurückgegriffen werden.

## 2.3. Lebenszykluskosten, Flexibilität, anthropogenes Baustofflager

Eine detaillierte Lebenszyklusbetrachtung verdeutlicht, dass bestimmte Lösungen zwar in der Anschaffung höhere Investitionskosten verursachen, aber langfristig gesehen die kostengünstigste Alternative darstellen. So kommen neue Aspekte bei der Material- und Konstruktionswahl ans Licht. Die Möglichkeit möglichst schnell und flexibel auf geänderte

Bedürfnisse und Nutzungsanforderungen reagieren zu können, ist ein wesentliches Merkmal nachhaltiger Planung. Gebäude werden so resilient geplant, dass ohne große Eingriffe Nutzungsänderungen umgesetzt werden können.

Ein Fokus der kreislauffähigen Planung liegt bei einem möglichst zerstörungsfreien Rückbau der einzelnen Komponenten. Auf diese Weise können Materialien in ihrer Ganzheit zurückgewonnen und wiederverwendet werden. Besonders im Hinblick auf die zunehmende Ressourcenknappheit verschiedener Materialien rückt der Gedanke, ein Gebäude als wertvolles Rohstofflager zu betrachten in den Vordergrund. Für das Wohnbauprojekt KIEM2050 werden sich die höheren Baukosten langfristig kompensieren, indem die Nutzungsphase zum einen verlängert wird, zum anderen die Betriebskosten gezielt gesenkt werden.

	ERRICHTUNG	BETRIEB	UMBAU	RÜCKBAU
WIRTSCHAFTLICHKEIT KONVENTIONELLE GEBÄUDE	MINIMALE ERRICHTUNGSKOSTEN	MINIMALE BETRIEBSKOSTEN	WIRD NICHT BERÜCKSICHTIGT	WIRD NICHT BERÜCKSICHTIGT
WIRTSCHAFTLICHKEIT KREISLAUFFÄHIGE GEBÄUDE	AUSGEGLICHENE ERRICHTUNGSKOSTEN	MINIMALE BETRIEBSKOSTEN	MINIMIERTE UMBALKOSTEN	EINNAHMEN DURCH ROHSTOFFVERKAUF
WEITERE FAKTOREN	GEBÄUDEFLEXIBILITÄT (TECHNISCH, STRUKTURELL, SOZIAL) ZUSÄTZLICHE TGA ZUM SCHLIEßEN VON KREISLÄUFEN - WASSER, NAHRUNG, HEIZEN U.A. ERNEUERBARE ENERGIEN ZWISCHENSPEICHERUNG VON ENERGIE GESUNDE BAUSTOFFE			
ZIELE	GEZIELTE, MESSBARE REDUKTION VON CO <sub>2</sub> EMISSIONEN OPTIMIERUNG DER NUTZFLÄCHEN TOTAL COST OF OWNERSHIP (TCO) VERMEIDUNG VON ABFALL			
SYSTEMDEFINITION	BEWERTUNG AUSGEGLICHERER ERRICHTUNGSKOSTEN LEGITIMER KOSTENAUFWAND WIEDERVERWENDBAREN BAUTEILE RECYCLING VERSUS WIEDERVERWENDUNG BUILDING AS A SERVICE			

Abbildung 4: Systemdefinition für den Bauteilvergleich im Hinblick auf kreislauffähige Konstruktionen

## 2.4. Baustoffe und Prinzipien in Lebenszyklen denken

Der Bausektor beansprucht weltweit zirka 50% aller Rohstoffressourcen und generiert zirka die Hälfte des globalen Abfallaufkommens. Jedes Gebäude beinhaltet tausende Tonnen temporär gebundener Rohstoffe. In Anbetracht der bereits spürbaren Knappwerden der Rohstoffe müssen Baustoffe zukünftig anders betrachtet und bewertet werden. Beim mehrgeschossigen Wohnbau KIEM2050 wurde die Baustoffwahl daher bereits in einer sehr frühen Planungsphase berücksichtigt.

Anhand der aufgestellten Bewertungsmatrix wurde in einem ersten Schritt, der am besten geeignete Baustoff ermittelt. Die Vergleiche verschiedener konstruktiver Lösungen (Abbildung 5) zeigt, dass Holz im Gegensatz zu Stahlbau und Stahlbeton klare Vorteile hinsichtlich seiner Kreislauffähigkeit besitzt. Vertiefend wurden im zweiten Schritt verschiedene Holzdecken Bauweisen miteinander verglichen wobei Hohlkastenprofile die im Vorfeld definierten Nachhaltigkeitsziele am besten erfüllen. Dabei spielen bauphysikalische Kriterien wie Schallschutz, Brandschutz und Schwingverhalten eine Rolle, aber auch die Integrationsmöglichkeiten von Technikkomponenten sowie deren Umrüstung, Nachrüstung und Rückbau eine Rolle. Nach der Analyse aller Nachhaltigkeitskriterien wurden für das Wohnbauprojekt KIEM2050 IPE-Stahlstützen mit Betonfüllung zurückbehalten. Durch die Betonfüllung wird der Brandschutz ohne zusätzliche Ummantelung (etwa mit Feuerschutzplatten) erreicht. Weiteres erlaubt deren schlanke Bauart ein hohes Maß an Flexibilität im Innenraum. Durch eine geringfügige Überdimensionierung des Stützenquerschnittes wird eine spätere Aufstockung von 2 bis 3 Stockwerken im Zuge einer Verdichtung der Stadtquartiere möglich.

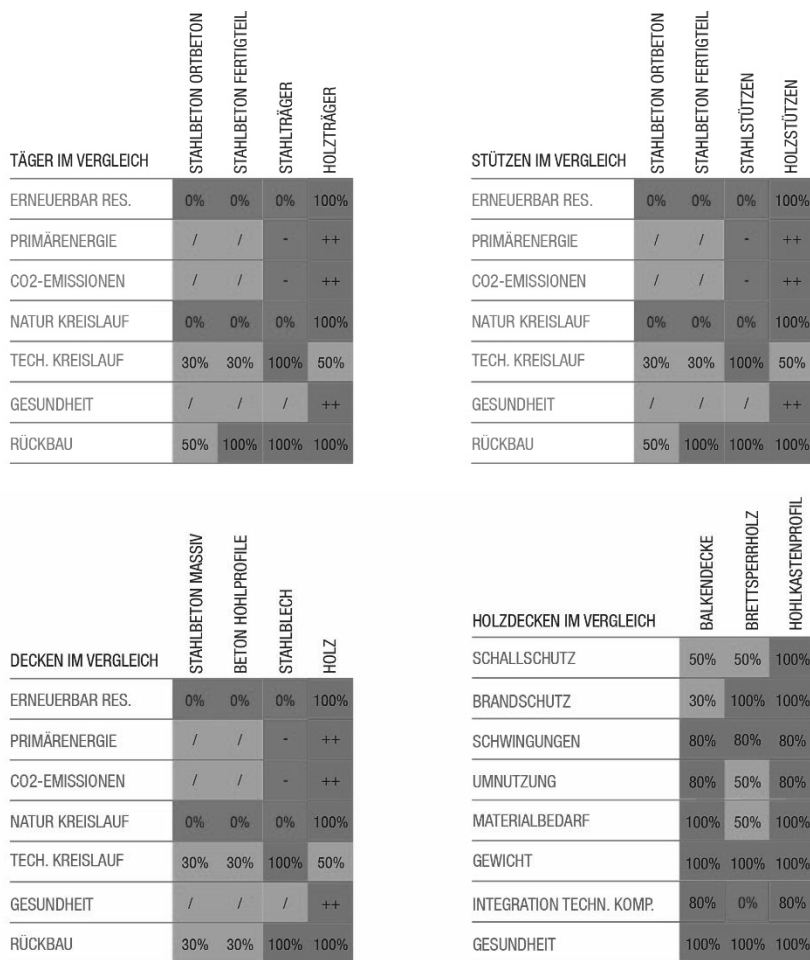


Abbildung 5: Material- und Konstruktionsvergleich tragender Bauteile

## 2.5. Vielfalt

Der Leitsatz «Improve the Quality of Life» zieht sich im Projekt KIEM2050 durch die gesamte Projektvision. Neben anderen Faktoren ist Vielfalt ein wesentliches Merkmal im Hinblick auf die Bio-Diversität und die gesellschaftlichen Zusammenhänge. Um der Vielfalt gerecht zu werden wurden verschiedene Wohnungstypologien entwickelt, die sich an die Lebensabschnitte der Bewohner anpassen können ohne hierfür Eingriffe an der tragenden Struktur vorzunehmen. Es ermöglicht darüber hinaus die Gestaltung verschiedenster Wohnformen vom Singlehaushalt über das klassische drei Zimmer Apartment bis hin zur ganz neuen Wohnformen mit gemeinschaftlich genutzten Flächen. Diese Vielfalt sollte sich auch in der Gebäudegestaltung wiederfinden. Um «Vielfalt» im Laufe der Zeit gewährleisten zu können wurde die Deckenkonstruktion von KIEM2050 so ausgelegt, dass Technikkomponenten ohne Einsatz von schwerem Gerät nachgerüstet werden können oder auch neue Wohnungskonstellationen ohne großen Aufwand umsetzbar sind.

Die Hauptfassade des mehrgeschossigen Wohnbauprojektes KIEM2050 erstreckt sich über eine Gesamtlänge von zirka 150 Metern. Um auch hier der Prämisse «Vielfalt» in der Fassadengestaltung gerecht zu werden, wurde der Aufbau der Hüllfläche als Vorhangsfassade konzipiert, sodass für das äußere Erscheinungsbild eine große Gestaltungsfreiheit bleibt. Die Fassadenfront wird dadurch segmentiert und die Außenhaut kann mit unterschiedlichen Oberflächen und Architektursprachen gestaltet werden.

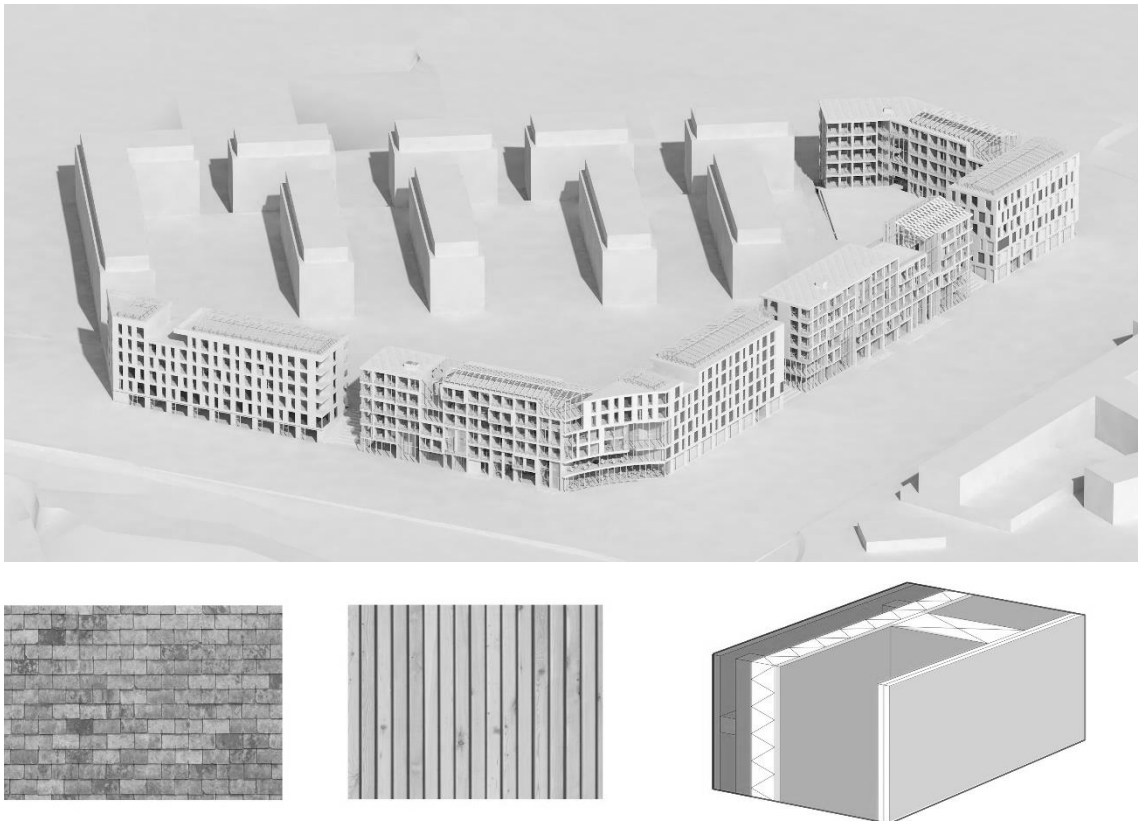


Abbildung 6: Axonometrie des Vorentwurfes. Die Gestalt der Hüllfläche trägt die Vielfalt nach Außen  
Abbildung 7: Vielfältige Möglichkeiten der Fassadengestaltung.

### 3. Soziale Komponenten

Die Entwicklung nachhaltiger Bauformen ist essenziell zur Abwendung bzw. Minderung des Klimawandels. Nachhaltige Bauwerke müssen jedoch auch nachhaltige Gesellschaftsformen ermöglichen und fördern, denn nur gesellschaftlich relevante Gebäude, die sich den ständig wechselnden Nutzungsbedingungen anpassen können, sichern deren langfristigen Erhalt. Wirtschaftliche und ökologische Komponenten können mit geeigneten Hilfsmitteln zuverlässig ermittelt werden. Die Herstellung sozialer Kohäsion innerhalb des Wohnviertels ist jedoch nur schwer berechenbar. Beim Wohnbauprojekt KIEM2050 wurden aus diesem Grund Ansätze erarbeitet, wie soziale Vielfalt und der soziale Austausch gefördert werden können. Durch verschiedene bauliche, aber auch organisatorische Maßnahmen wurden unter anderem folgende gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt:

- neue Wohnformen, die sich an die verschiedene Lebenssituationen anpassen ohne dass es eines Umzugs bedarf.
- Berücksichtigung von Altersgerechten Wohnformen und neuen Familienmodellen
- Schaffung sozialer Gemeinschaften mit gemeinschaftlich genutzten Flächen
- Mikro-Apartments für die steigende Nachfrage nach Kurzzeitwohnungen
- Schaffung einer attraktiven, belebten Nachbarschaft
- gesellschaftliche Mischung (sozial, ethisch, kulturell)

Im Rahmen des Wohnbauprojektes KIEM2050 wurde sich ebenfalls intensiv mit der Funktionsweise einer Gemeinschaft auseinandergesetzt. Aufbauend auf den von Elinor Ostrom definierten sieben Regeln für die Nutzung gemeinschaftlicher Güter wurde das Prinzip eines dynamischen Regelwerkes entwickelt. Im Laufe der Zeit kann sich das Regelwerk den Wünschen und Bedürfnissen der Bewohner und des Wohnblocks anpassen, es mutiert. Jeder Wohnblock im Stadtgebiet Kirchberg kann sein Regelwerk spezifisch anpassen.

Der Fonds Kirchberg könnte dann beispielsweise als zentrale Sammelstelle aller Regelwerke dienen und die verschiedenen Wohnviertel bei der juristischen und digitalen Anpassung der Regelwerke unterstützen. Durch das Sammeln dieser Regeln sowie den



Verlauf deren Veränderungen können zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden die die Funktionsweise innerhalb der Gemeinschaft und soziale Verhaltensmuster besser zu verstehen helfen und als Basis für zukünftige Projekte dienen.

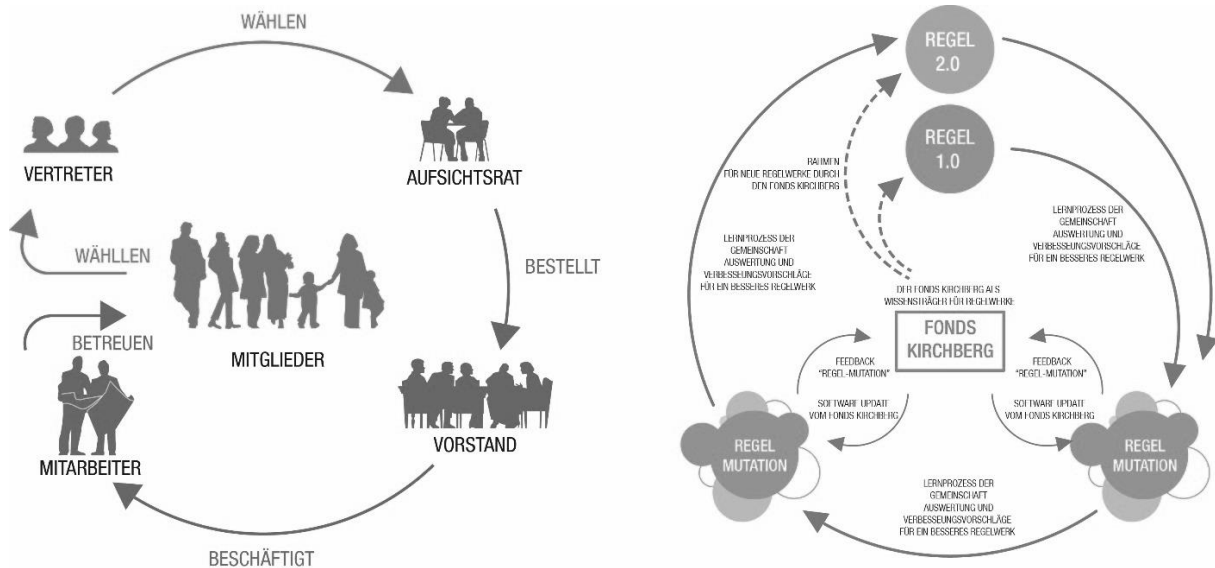


Abbildung 4: Funktionsschema einer Wohnungsgenossenschaft

Abbildung 5: Aufbau eines dynamischen Regelwerkes für Wohnungsgenossenschaften

## 4. Planungsteam KIEM2050

witry & witry SA architecture urbanisme  
32, Rue du Pont - L-6471 ECHTERNACH - LUXEMBURG  
[www.witry-witry](http://www.witry-witry)

SeARCH architects  
Hamerstraat 3 - 1021JT AMSTERDAM - NETHERLANDS  
[www.search.nl](http://www.search.nl)

Betic S.A. Ingénieurs-conseils  
Route de Luxembourg, 2 - L-4972 DIPPACH - LUXEMBURG  
[www.betic.lu](http://www.betic.lu)

SGI Ingenierie S.A. Luxembourg Ingénieurs-conseils  
4-6, Rue Rham - L-6142 JUNGISNTER - LUXEMBURG  
[www.sgigroupe.com](http://www.sgigroupe.com)

AREAL Landscape Architecture  
13, Rue Münsterbusch - L-2170 SENNINGERBERG - LUXEMBURG  
[www.areal.lu](http://www.areal.lu)



# Ki-etude Building – Folded Wood

Perrine Ernest  
Specimen Architects  
Namur, Belgium





# Ki-etude Building – Folded Wood

## 1. STUDY CASE \_ Design and construction of a wooden housing building in an urban context

Wood construction is expected to play a growing role in the construction sector. By presenting our ki-etude housing project built in Namur, Belgium, we want to demonstrate that wood construction can be an effective, economical and ecological response for private housing in urban centers.

The design process was very challenging as the constraints were numerous. We will show how wood construction was relevant to deal with all the aspects of the project, architectural and technical ones. The building is located on a rather complex plot and strict requirements in terms of energy performance, fire resistance and acoustics needed to be met.

It was the pretext to innovate both architecturally and technically. The ki-etude building was the highest CLT building in Belgium at this time.



Figure 1: Ki-Etude housing completed picture by Valentin Bianchi

### 1.1. ARCHITECTURAL DESIGN

The project is located in the historic center of the Belgian city of Namur. In a narrow alley right next to the train station. The land was occupied, originally by a building of three levels without architectural interest. The client, who is a real estate developer, wanted to build, on top of the existing building in order to get ten apartments.

The construction of 10 housing units required a minimum area of 700 m<sup>2</sup>. It was therefore necessary to provide an extension of the existing building. The existing building was only 288 m<sup>2</sup>. The only way to increase the surface was by adding levels on top of the existing house.

The soil tests carried out, quickly, showed that the ground had a very poor bearing capacity and it was impossible to simply add several floors. The project was therefore oriented towards designing a new building.

The plot is extremely small, only 96 m<sup>2</sup>, plus, it is wider than deep. According to Urban planning regulations the new building couldn't be higher than 17,5 m. Implementing ten units on such a small land was complicated. That's why it was necessary to enhance the available surface seeking space overhanging the street. This sounded appropriate as many houses in the street featured bow-windows.

Another characteristic of the plot is that it is mainly mono-oriented. The wider façade facing south could be opened but not the other ones as they were adjoining other properties. Only one part of the north façade could be opened as it was overhanging the same property. The challenge was, therefore, to design great apartments despite their small size and the fact that only one of the exterior walls could have windows.

In addition, the proximity of the facade on the other side of the street created a form of tension. The buildings facing each other are only five meters apart. This very strong confrontation has oriented the design into spaces overhanging the street with oblique walls so as to deflect the views towards the axis of the street.

The architectural answer to these three main constraints has been to create a folded facade. This allowed to gain space in the housing but also to orient views to the public space. A wall, in plan, is a straight line. If someone fold this line, he gives it a depth. Transposed into architecture, this depth becomes a space.

The façade is folded like a ribbon on each level creating overhanging spaces onto the street. By translating the facade every two floors following a geometric grid, bonus spaces are created. In this case, terraces facing south.

The result is a geometric composition referring to the bow-windows of the art-deco houses in the street. The building seems less massive. The geometrical design is strengthened by the visual effect of light and shadows. The sculptural façade creates a distancing between the street and the building. The privacy in the apartments is, therefore, increased. Still they are bright as the large opening let the daylight penetrates the rooms.

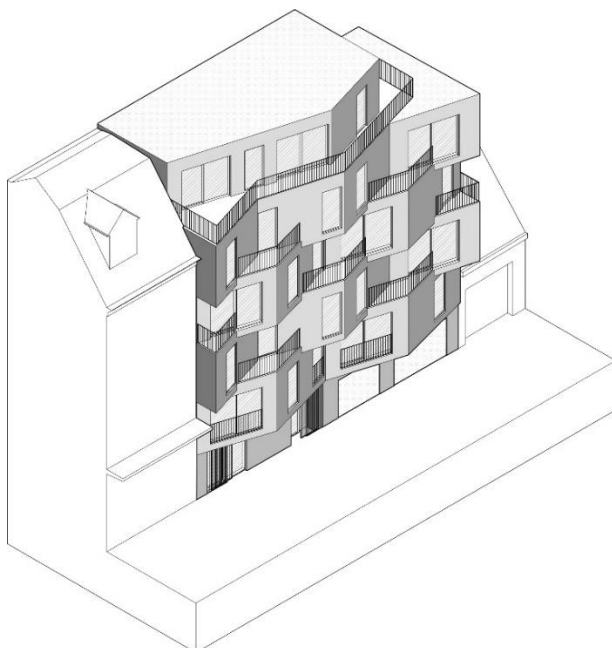


Figure 2: Ki-Etude housing axonometric view by specimen architects

## 1.2. WHY WOOD?

The constructive design of a building is always a matter of ratio between the advantages and disadvantages that each type of construction offers. In this case, wood construction solved more problems than it generated.

The goal was to build an energy efficient building with a reduced impact on the environment. Working with the wood therefore made sense as the 190m<sup>3</sup> of wood that was needed for the construction equals 190 T of Co<sup>2</sup> stored and 120 trees planted.

The choice of wood construction was, in the first place, related to structural requirements. It divided by three the weight of the structure. It was important as the soil tests had shown that the plot has a poor bearing capacity.

In addition, the particular design of the facade gives it a very low number of loads transfer points. Reducing the weight was therefore crucial.

Another reason that made the wood interesting is the small size of the plot and the will to optimise the useable area. Building in wood instead of concrete allowed to reduce the thickness of insulation required. Each apartment gains almost one square meter cut back on the wall composition.

In addition, working with CLT floors effectively solved the problem of balconies by working with a single interior-exterior horizontal structure element.

The wood is particularly suitable for the offbeat folding game that the architects wanted to put in place.

*“Solid laminated wood panels allow,” to paraphrase the Swiss architect Andrea Deplazes, “to work on architecture as a life-size cardboard model”.<sup>1</sup>*

Finally, crossed laminated timber offered advantages as it reduced the construction period. This was important as the project was located in a downtown lane where the construction site facility represents a significant part of the budget. The building rose in six weeks at the rate of one floor per week. The building was dry very quickly since all the windows had been ordered before the mounting of the CLT structure.



Figure 3 and 4: Ki-Etude housing construction site pictures by Pascal Themans

### 1.3. CONSTRUCTIVE APPROACH AND TECHNICAL CONSTRAINTS

#### LOWERING LOADS

The design of the six-storey building entirely made of wood, required the proficiency of one the best Belgian engineering office specialized in this type of structure. The WOW branch of the NEY & PARTNERS office located in Namur was commissioned for the stability study. Among the two challenged engineering offices, they were the only ones to propose a structural principle that does not distort the architectural concept.

Engineers imagined the south facade as a stack of Vierendeel beams. These beams are pile up while shifted laterally from level to level. They are therefore sometimes supported, sometimes suspended.

The complexity is that the intersections between the different levels are made in three specific points only. The loads are then transferred to the ground via the bearing walls then through the concrete raft in combination of micro-piles as foundation.

The position of the openings in the main facade has been studied very precisely to meet the double objective:

- To agree with the rigid geometrical composition desired by the architects
- To brace the Vierendeel beams

The Vierendeel beams are composed of two steel beams forming the lower and upper bases and CLT panels for bracing.

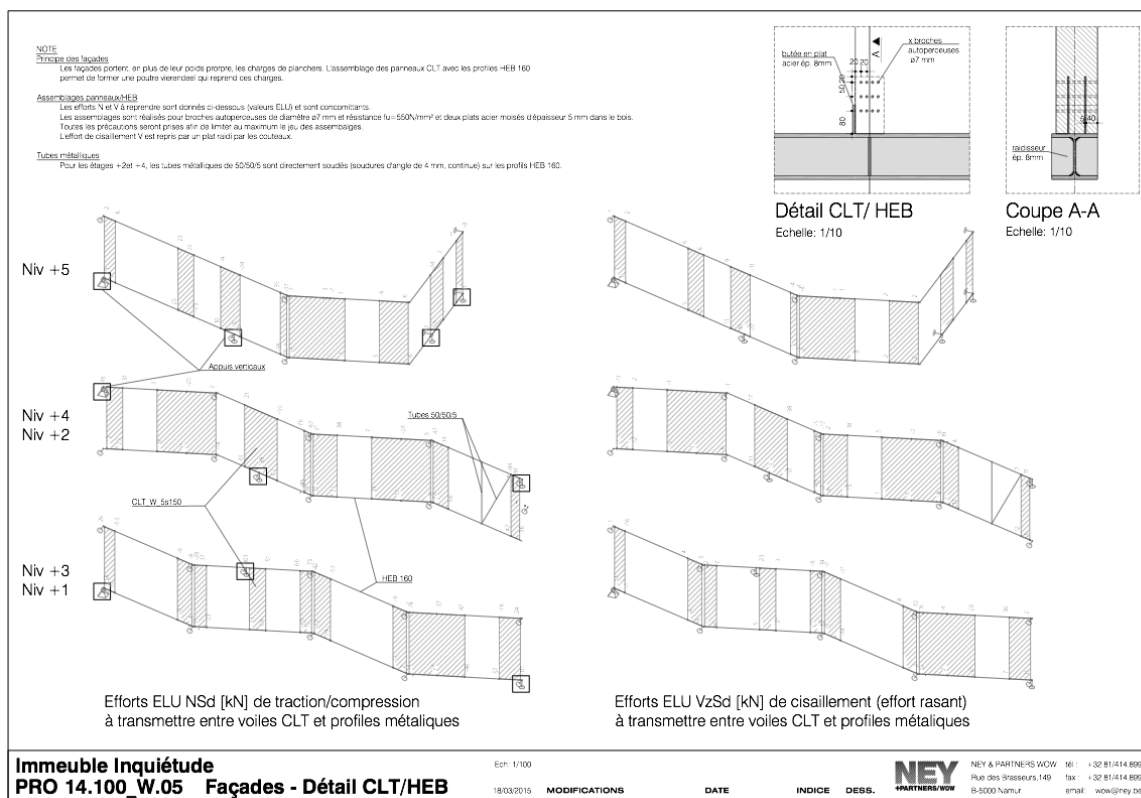


Figure 5: Ki-Etude housing stability diagrams by Ney/WOW

#### WIND PRESSURE

The general shape of the building (wider than deep) and its total height (17.3 m) makes it very subject to wind pressure. The CLT walls perpendicular to the main facade could be under significant wind pressures. To solve this problem, some horizontal CLT floor panels are cut to accommodate vertical pieces of Wood in order to obtain a better resistance in compression at critical locations.



## ACOUSTIC

One of the weak points of wood construction is the low density of the material which generates acoustic weaknesses from one floor to another but also from one apartment to another via the common wall. This problem was solved, on the vertical axis, by creating a complex consisting of a suspended ceiling with acoustic properties, below the CLT floor and, above, placing an acoustic filling layer under a reinforced concrete screed separating each floor.

On the horizontal axis, the building was split in two parts. Each level featuring two apartments they are completely independent to avoid acoustic weakness. That's why the common wall is duplicated.

## FIRE RESISTANCE

The requirements in terms of fire resistance were reached by doubling the CLT bearing wall with fireproof plasterboard.

### 1.4. WOOD IS MORE

Building the wooden building could not be reduced to a skeleton that is hidden. There was the will to show the materiality of the building inside the flats to enjoy the additional quality that wood can bring to the atmosphere. This is the reason why some walls have not been covered with plasterboard. The wood reveals the true nature of the structure. The dwellings gain in heat and acoustic comfort. It has a positive influence on the spatial quality. Its color is reflected on the concrete floor and in the glazing of the windows. It's just a wood wall but it changes everything.



Figure 6: Ki-Etude housing completed picture by Valentin Bianchi



## **Sponsoren und Aussteller**





Wenn aus einzelnen  
Teilen etwas Großes wird.  
Egger Bauprodukte.

[www.egger.com/bauprodukte](http://www.egger.com/bauprodukte)

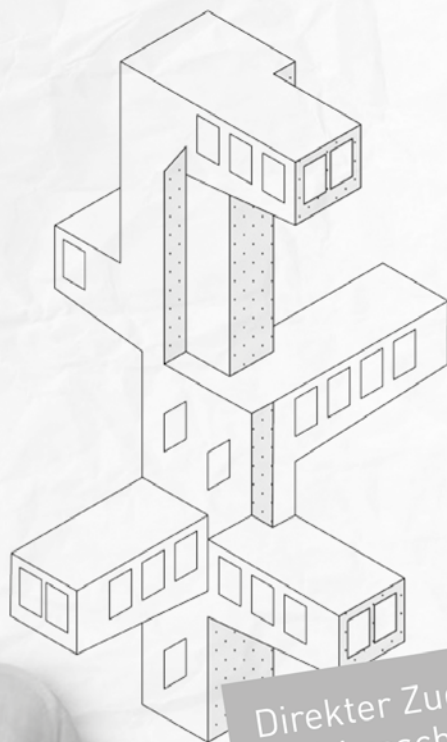
Auf EGGER Bauprodukte kann man bauen.  
Unsere modulare Unternehmensarchitektur – und somit auch das Stammhaus in  
St. Johann in Tirol – ist der beste Beweis. Die Kombination aus **OSB 4 TOP**, **DHF** und  
**Schnittholz** bietet im flexiblen Holzrahmenbau eine einfache und nachhaltige Lösung.  
So wird aus vorgefertigten Elementen in kürzester Zeit etwas ganz Großes.

**MEHR AUS HOLZ.**

**E EGGER**



Lass dein Können  
die Grenze sein.  
**Nicht das Material.**



Direkter Zugriff auf Konstruktionsdetails  
und Ausschreibungstexte:  
[www.fermacell.de/detailkatalog](http://www.fermacell.de/detailkatalog)

**fermacell**<sup>®</sup>

## **fermacell** Gipsfaser-Platten

Ob zuverlässiger Brandschutz oder dauerhafte Stabilität – hochwertige **fermacell** Gipsfaser-Platten sind bis ins Detail durchdacht.



# HASSLACHER NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders**.



[hasslacher.com](http://hasslacher.com)





# THE RIGHT SOLUTION FOR ALL YOUR NEEDS

## SUPPORT

Technical consultancy and tools for designers as My Project and BIM/CAD libraries, to get the maximum from our solutions

## PRODUCTS

Fastening, Airtightness and Waterproofing, Soundproofing, Fall protection, Tools and Machines

## INNOVATION

Innovative solutions as the X-RAD connection system, that is a true revolution within the CLT construction

For further information:  
[www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com)

**rothoblaas**

Solutions for Building Technology





# STEICO – Das Naturbausystem

## STEICO *G LVL* Furnierschichtholz

Verklebte Querschnitte für höchste Belastbarkeit z.B. für Hauptträger (z.B. Unterzüge, Fensterstürze), Deckenelemente mit Finline-Optik sowie als Schwellenmaterial für höchsten Lastabtrag

**Hoch belastbare  
Tragwerke**

### VORTEILE

- Verklebte Querschnitte aus STEICO *LVL R* oder STEICO *LVL X* Furnierschichtholz
- Hochbelastbare, trockene und formstabile Bauteile
- Alternative zum Einsatz von Stahlträgern (bis zu 50% Gewichtsersparnis)
- Höhen bis 40 cm, Breiten bis 100 cm, Längen bis 18 m
- Einfache Verarbeitung – vergleichbar mit Nadel-Vollholz
- Reduzierter Materialeinsatz



Das Zeichen für verantwortungsvolle Waldwirtschaft



**FORUM  
HOLZBAU  
PREMIUM  
PARTNER**



Unterzug aus STEICO *G LVL*

Massivdecken-Element aus STEICO *G LVL*

### Fenstersturz

- Freie Fassadengestaltung – Fensteröffnungen bis 6,0 m und mehr
- Ersatz von Stahlträgern und einfachere Anschlussdetails
- Reduzierte Trägerhöhen und verringerte Auflagerlängen als bei Brettschichtholz

### Massivdecken

- Großformatige Elemente (bis zu 18 m Länge, 1,00 m Breite)
- Große Spannweiten selbst bei geringer Konstruktionshöhe
- Steife Elemente (Schwingungsnachweis)
- Finline-Optik
- Robust im Brandschutz

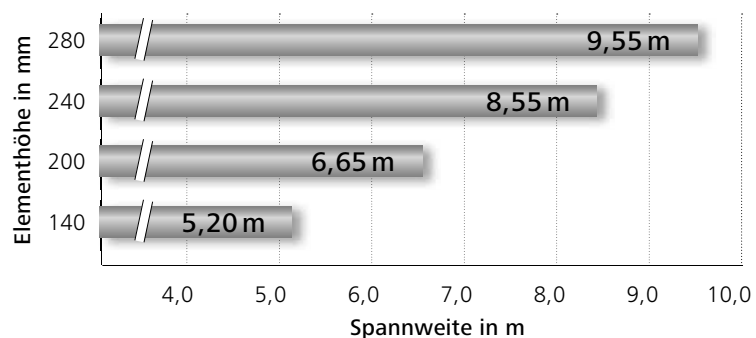
### Schwelle und Rähm

- Reduzierung von Stützenquerschnitten
- **Außenwand:** dünne Querschnitte = Geringe Wärmebrücken durch Materialreduzierung
- **Innenwand:** Schlanke Konstruktion = Gewinn an Wohnfläche
- Setzungssicherheit durch hohe Drucksteifigkeit
- Ideal für mehrgeschossigen Wohnungsbau

### Unterzug

- Freie Grundrissgestaltung mit großen, offenen Räumen
- Einfacher Brandschutznachweis
- Ersatz von Stahlträgern inkl. wirtschaftliche Holzbauanschlüssen

### Spannweitenvergleich: Massivdecken mit STEICO *G LVL*



## Die Lösung für flach geneigte Dächer



**E58 RS<sup>®</sup>**



### **Der neue Ergoldsbacher E58 RS<sup>®</sup> verbindet moderne Architektur mit den Vorzügen eines Steildaches.**

Viele Bauherren wünschen sich ein Haus mit einer zeitgemäßen, klaren Form. Auf die Sicherheit, die das Steildach bietet, wollen sie trotzdem nicht verzichten. Aus gutem Grund: Ein Steildach mit Tondachziegeln hält sehr lange und ist einfach zu verarbeiten. Weil das Wasser gut ablaufen kann, ist das Dach regensicher und muss kaum gewartet werden. Der neue Ergoldsbacher E58 RS<sup>®</sup> vereint alle Vorteile. Dank seiner besonderen technischen Formgebung passt er auf flach geneigte Dächer ab 10° Dachneigung. Das erlaubt eine moderne Bauweise, ohne kosten- und wartungsintensive Abdichtarbeiten.



# MASSIVE VOLLHOLZKONSTRUKTION



Hochentwickelte Technologie

Schweizerisches Know-how

Kluge und effiziente  
Verwendung vom Holz

Flexibilität und individuelle

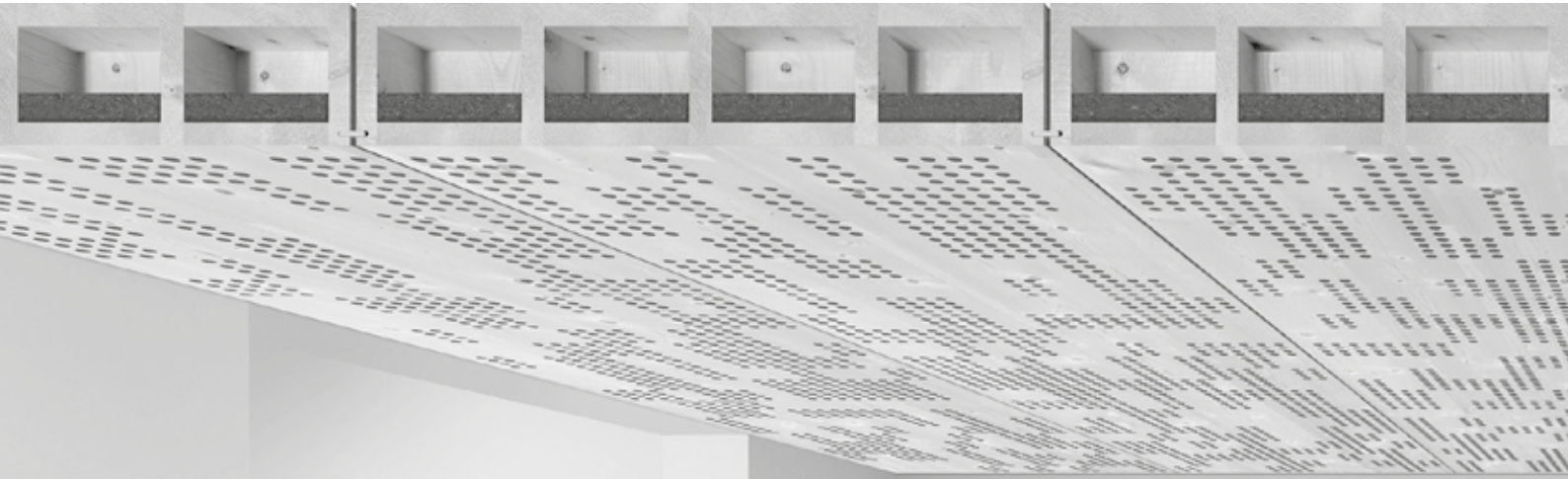
Einstellung Sichtholz  
im Innenbereich

## VOLLKOMMENEN AKUSTISCHEN KOMFORT











## KONTAKT MIT DER NATUR





## 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)



## HÖCHSTE KAPAZITÄTEN IM MEHRGESCHOSSIGEN HOLZ- UND HYBRIDBAU

Jahrzehntelange Erfahrung bei technisch komplexen und architektonisch anspruchsvollen Projekten zeichnen Rubner Holzbau als verlässlichen Partner bei der Umsetzung von Holzkonstruktionen aus.

Am Standort Augsburg bieten wir Ihnen Lösungen für Ingenieurholzbauten, Gebäudehüllen aus vorgefertigten Elementen oder Holz-Glas-Fassaden sowie energetische Sanierungen.



SOS Botschaft für Kinder, Berlin



Sechsgeschossiger Holzbau, Wohnanlage Walden 48, Berlin



Wohnanlage Domagkpark, München



Wohnanlage Max-Bill-Straße, München



Student Village Hönggerberg, Zürich

Rubner Holzbau GmbH  
Am Mittleren Moos 53  
D-86167 Augsburg  
Tel.: +49 821 710 6410  
holzbau.augsburg@rubner.com

[www.holzbau.rubner.com](http://www.holzbau.rubner.com)

**VELUX®**

VELUX Flachdach-Fenster "KONVEX-GLAS"

# Perfektes Design für Ihre Ideen

- Innovativ: Das elegant gebogene Glas und die randlose Oberfläche lassen Regenwasser einfach ablaufen
- Ästhetisch: Die ideale Lösung für Ihre Flachdach-Projekte mit 0° – 15° Dachneigung
- Hervorragend gedämmt: Ideal für Ihre Wohngebäude-Planung dank 3-fach-Verglasung

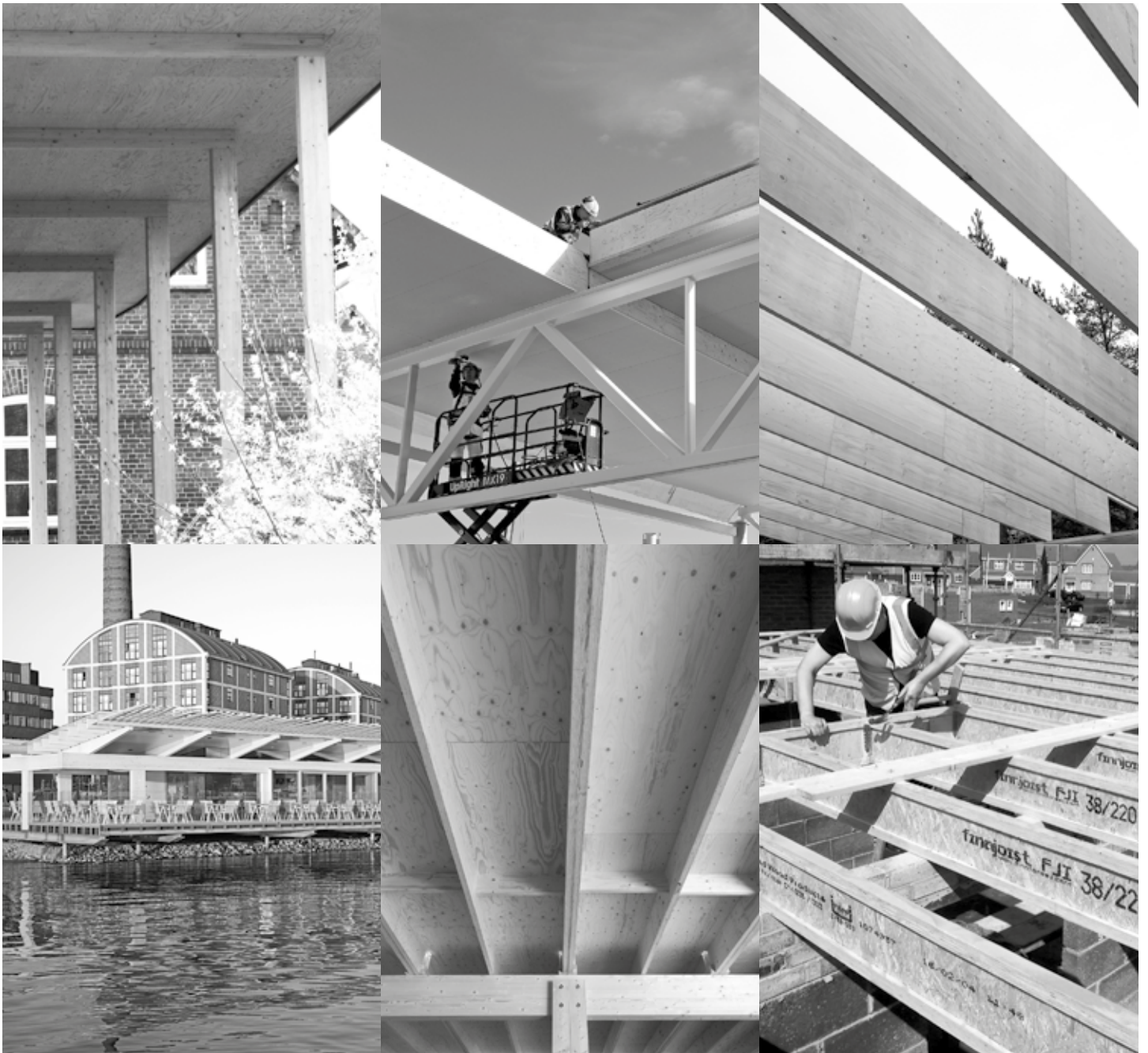
Mehr Informationen unter [www.velux.de/konvex-glas](http://www.velux.de/konvex-glas)

**NEU**

CurveTech







## KERTO® FURNIER-SCHICHTHOLZ

- extrem fest und formstabil
- bis zu 23 m Länge
- bis zu 90 mm Stärke
- mit mehr als 3 Mio cbm Erfahrung

## KERTO-RIPA® – DECKEN-UND DACHELEMENTE

- bis zu 23 m Spannweite ohne tragende Zwischenwände oder Stützen
- vorgefertigte Elemente mit und ohne Dämmung

## FINNJOIST – I-TRÄGER

- Reduzierung von Wärmebrücken
- geringes Gewicht
- kein Verdrehen oder Verziehen

## NEUE ANWENDUNGSZULASSUNG VON KERTO AUF [WWW.METSAWOOD.DE](http://WWW.METSAWOOD.DE) ➔

### METSÄ WOOD DEUTSCHLAND GMBH

Louis-Krages-Straße 30  
D-28237 Bremen  
Telefon +49(0) 421-69 11-0  
Telefax +49 (0) 421-69 11-300  
[metsawood.de@metsagroup.com](mailto:metsawood.de@metsagroup.com)



Nachhaltige Forstwirtschaft



Erneuerbarer Rohstoff



Zusammenarbeit Werte



Produktion Technologie



Forschung für neue Ideen



Kontinuierliche Entwicklung



# MASSIVHOLZDECKEN

AUS **BRETTSPERRHOLZ** UND **BRETTSCHICHTHOLZ**

IN EDLEM DESIGN

- werksseitig lasiert
- geschliffen oder sägerau
- in 8 verschiedenen Farben
- UV-stabil und lichtecht
- diffusionsoffen
- mineralische Lasur





# ERLEBE DEN GUTEX EFFEKT

*Ökologische Dämmstoffe aus  
Schwarzwaldholz.*

Erfahren Sie mehr über Holzfaserdämmung  
unter [www.gutex.de](http://www.gutex.de)



DER  
**GUTEX  
EFFEKT**

 **GUTEX**®

DÄMPLATTEN AUS SCHWARZWALDHOLZ

# HÖCHSTE ZEIT

IST ES IMMER DANN, WENN ES FAST ZU SPÄT IST. UND BEVOR ALLE STRICKE BZW. KLEBEBÄNDER REISSEN, MÖCHTEN WIR IHNEN GANZ SCHNELL SAGEN,

# DASS WIR

SEHR VIEL ZEIT UND GELD IN DIE ENTWICKLUNG  
PERFEKTER KLEBEBÄNDER GESTECKT HABEN. UND UM

# IHNEN MAL EINE

VORSTELLUNG VON UNSEREM KÖNNEN ZU GEBEN, SOLLTEN SIE UNS AM BESTEN  
SCHREIBEN. UND DAZU MÜSSEN SICH NICHT MAL EINE BRIEFMARKE

# KLEBEN

[OFFICE@ISOCELL.AT](mailto:OFFICE@ISOCELL.AT)

**ISOCELL**

[WWW.ISOCELL.COM](http://WWW.ISOCELL.COM)



# 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**



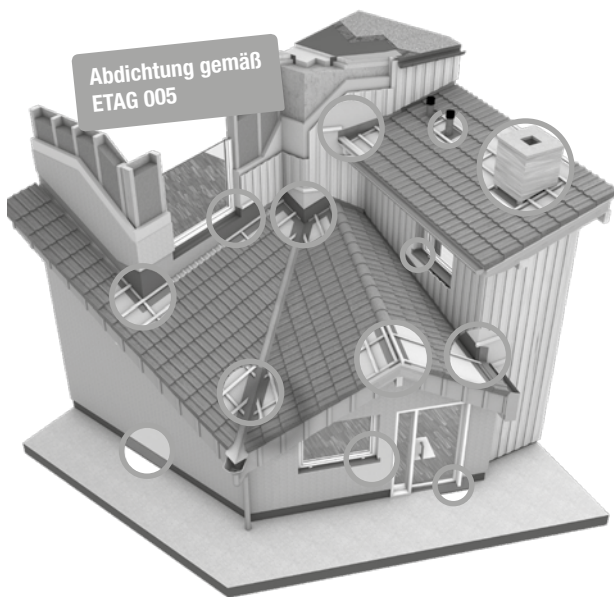
**pavatex**  
by SOPREMA

Holzfaser-Dämmsysteme

**Neue**  
Abdichtungsmöglichkeiten  
im Holzbau  
entdecken

# PAVAFLASH ABDICHTUNGSHARZ NEUE MÖGLICHKEITEN IM HOLZBAU

PAVAFLASH ist ein vielseitiges, einfach anwendbares Abdichtungsharz für die sichere Bauwerksabdichtung. Der lösungsmittelfreie Flüssigkunststoff auf Polyurethanbasis ist diffusionsfähig und überzeugt bei einer empfohlenen Schichtstärke von 2,1 mm mit einem niedrigen  $s_d$ -Wert von 1,3 m.



- ✓ **Ökologische Ergänzung zur natürlichen Holzfaser**  
weichmacher- & lösungsmittelfrei
- ✓ **Diffusionsfähiges Abdichtungsharz**  
überzeugt mit niedrigem  $s_d$ -Wert von nur 1,3 m
- ✓ **Nachhaltig stark – für langlebige Gebäude**  
UV-, alkalibeständig, dauerelastisch, rissüberbrückend
- ✓ **Einkomponentig – daher direkt gebrauchsfertig**  
einfach & zügig mit Pinsel / Roller zu verarbeiten



Scannen und direkt zum  
PAVAFLASH Verarbeitungsfilm!

## PAVAFLASH – hinterlaufsichere Abdichtung von Details und Anschlüssen

- Bereich Sockel oder Wandaufgänge an Dachgauben
- 2. Dichtebene im Bereich Fenster- und Türanschlüssen
- Durchdringungen von Rohr- und Kaminanschlüssen
- Anschlüsse bei Kehlen und Firsten

Weitere Informationen finden Sie auf [www.pavatex.de](http://www.pavatex.de)

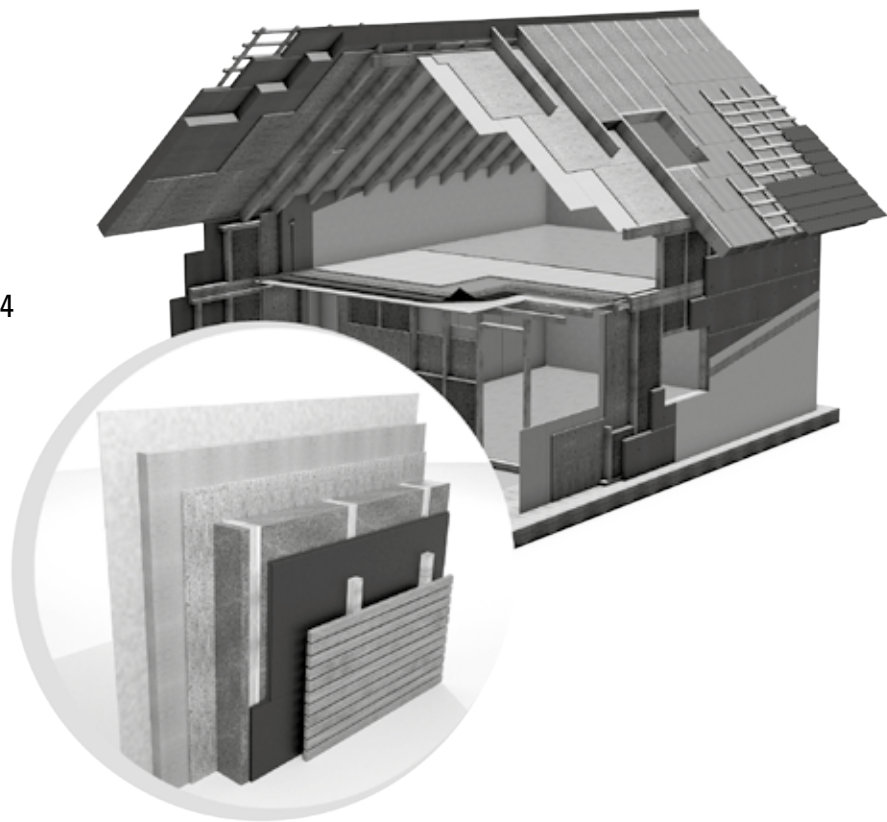
**SOPREMA**  
GROUP

## AGEPAN® DWD black DIE SCHWARZE

- Diffusionsoffene Holzfaserplatte des Typs MDF. RWH gemäß EN 622-5
- Für hinterlüftete Vorhangfassaden mit offener Leistenbekleidung
- UV- und feuchtebeständig
- Keine Fassadenbahn notwendig
- Brandschutzkonstruktionen nach DIN 4102-4

### KONSTRUKTIONSBEISPIEL BEI HINTERLÜFTETER FASSADE

PRODUKT	DICKE [mm]
AGEPAN® DWD black	16
KVH	60 x 140
AGEPAN® Flex	140
AGEPAN® OSB 3 PUR	15
AGEPAN® THD Install	60
GKB	12,5



Druckfest und stabil

Qualität aus Deutschland

Umweltverträglich

Alles aus einer Hand

Einfach zu verarbeiten

Wohngesund

Wind & Wetter trotzend

FUNKTIONSHOLZ®



# Für ganzheitlichen Schutz der Gebäudehülle



## Ampacoll® Fenax 40/60 Einputzband



- > Verputzbar
- > Extreme Klebekraft
- > Für innen & aussen
- > Kein Primer notwendig



Mehr Infos auf  
[fenax.ampack.biz](http://fenax.ampack.biz)

## Ampatex® Variano 3 Feuchtevariable Dampfbremse der 3. Generation

- > 1,5m × 50m
- > 3,0m × 50m



**ICH  
will ...**

**WIR  
wollen  
...**

**ICH  
will,  
aber ...**

# **BauMediation klärt!**

**Dipl.-Ing. Baubetrieb/Wirtschaftsmediatorin  
Tanja Hauptstock**

 **BauMediatorin.de**

Einzel- und Gruppenmediation - Inhouseworkshops - Fachvorträge  
Baubegleitende Mediation - Vorvertragliches Lösungsmanagement



# INNOVATION IM HOLZVERBUND

Erhöhung der Tragfähigkeit mit Polymerverguss

GIFAfloor PRESTO

schwimmendes Auflager

COMPONO®

Holzbalken

**COMPONO®**  
**kNAUF**  
Integral

Alte und geschädigte Holzbalkendecken unter fast vollständigem Erhalt der Originalsubstanz sanieren mit modifiziertem Polymerverguss in Kombination mit der Gipsfaserplatte „GIFAfloor PRESTO“

## ZIELE

- Statische Ertüchtigung mit dem Polymervergussystem „Compono®“
- Schallschutz und Brandschutz mit den Gipsfaserdeckenplatten „GIFAfloor PRESTO“

## VORTEILE

- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Querstöße ohne Hinterfüterung
- Höhenausgleich
- Kleine Baustelleneinrichtung

[www.compono.de](http://www.compono.de)  
[www.balkendecke.de](http://www.balkendecke.de)



**binderholz**

tiptop timber

**natur in architektur** □



### **binderholz ist Europas Marktführer für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen**

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte Massivholzbaulösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettspertholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressholzklotze und -paletten | Biobrennstoffe

**bbs@binderholz.com**

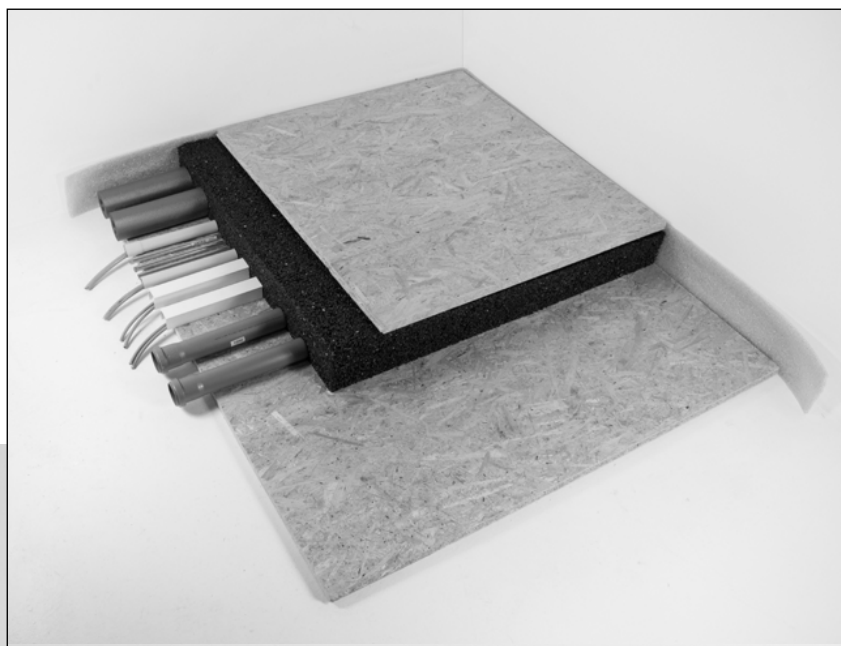
**www.binderholz.com**

Regupur®

# REGUPUR® AUSGLEICHSSCHÜTTUNG

## Regupur® comfort S1

- » wasserfreier Einbau
- » nachhaltig
- » gesundheitlich unbedenklich
- » schnell und kostensparend
- » trittschalldämmend







# BAUEN SIE AUF ORANGE. MIT BTI.

BTI gehört zu den führenden Direktverteilern für das Bauhandwerk. Unser Sortiment umfasst mehr als 100.000 Artikel für Profi-Handwerker. Dabei bietet BTI Werkzeuge, Betriebsausstattung, Produkte aus den Bereichen Chemie, Befestigung, Sanitär, Heizung und Klima sowie Arbeitskleidung und Arbeitsschutz. Individuelle Systemlösungen für die Dach- und Fenstermontage sowie für den Brandschutz runden unser Angebot ab. Das überzeugt mittlerweile über 100.000 zufriedene Kunden, die nicht nur auf, sondern vor allem mit dem Spezialisten BTI bauen.

Wir verstehen Ihr Handwerk.



# Betonhohldecke trifft Holzwand

## Mehrgeschossiger Hybridbau – schnell, flexibel, wirtschaftlich

Mit der Hybridbauweise entstehen Gebäude mit optimaler ökologischer und bauphysikalischer Qualität, die die Stärken der Baustoffe Beton und Holz kombiniert – ideal geeignet für hohe Anforderungen und größere Holzgebäude.

Dennert hat dazu die bewährte DX-Decke entscheidend weiterentwickelt. Besonders bei Schallschutz und Schwingungsverhalten sind bei Holzbalkendecken bekanntlich nur mit sehr hohem Aufwand zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Gegenüber diesen herkömmlichen Decken verfügt die bahnbrechende DX-Betonfertigdecke nicht nur über einen ausgezeichneten Schallschutz, sondern auch über eine wesentlich bessere Aufnahme von Einzellasten, größere Spannweiten und einen höheren Brandschutz.

Die in die Decke integrierten Hohlräume sorgen für die besondere Leichtigkeit und Holzbau-Kompatibilität der Geschossdecken. Sie können außerdem bei Bedarf optimal als Versorgungs- und Kabelkanäle verwendet werden, ohne die Statik der Decke zu beeinträchtigen.

### Individuell vorproduziert, blitzschnell montiert

Jedes DX-Deckenelement wird individuell und präzise, exakt nach Plan, im Werk gefertigt und just-in-time an die Baustelle geliefert und in kurzer Zeit montiert. Dabei werden alle Besonderheiten – wie beispielsweise integrierte Stürze, Rundungen, Durchbrüche für Versorgungsleitungen,

passgenaue Auflagen für Treppen u. a. – bereits im Werk in die Deckenplatten integriert. Ein speziell entwickeltes Verschlussystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

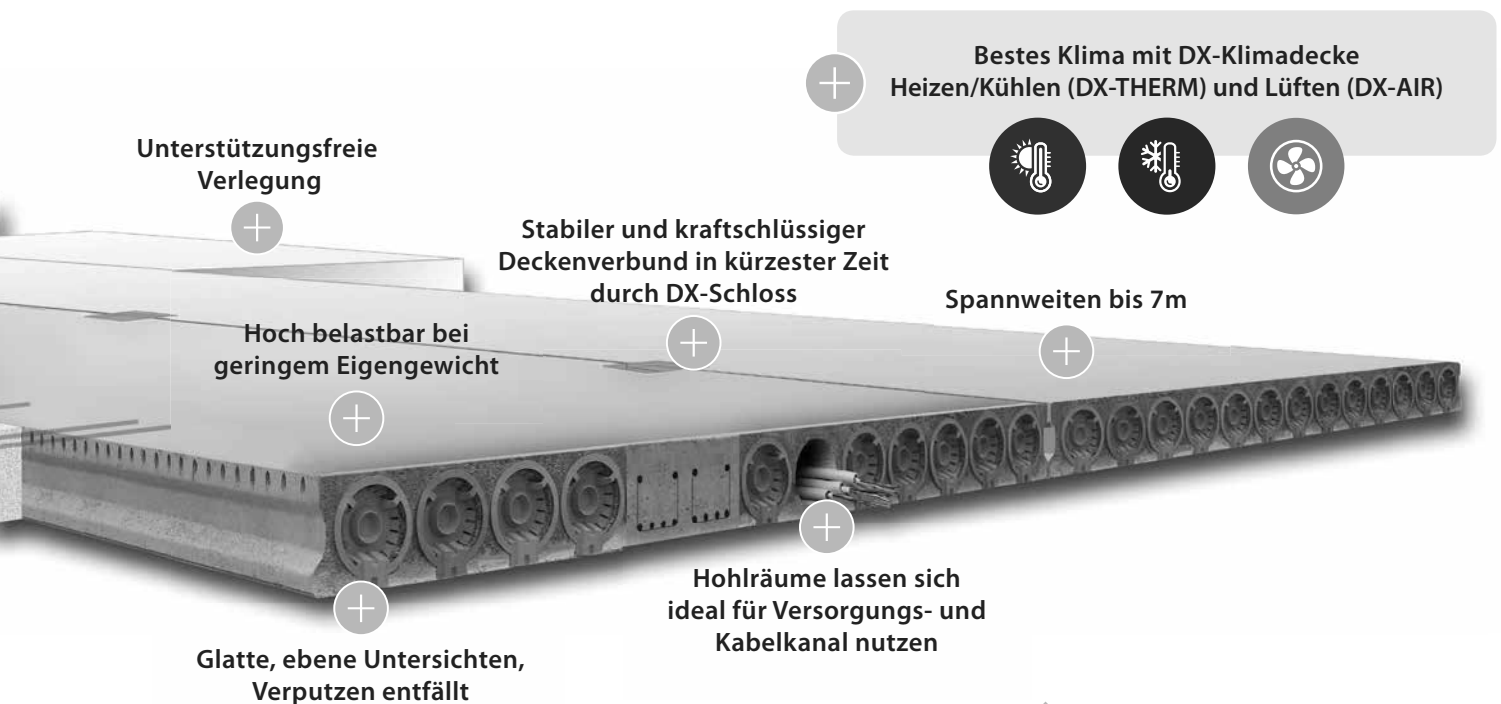
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begehbar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

### Multifunktionales Deckenkonzept

Die DX-Decken gibt es auch als energieeffiziente, behagliche Raumklimadecken mit integrierter Flächenheizung bzw. -kühlung (DX-THERM). Die wohlige Wärme wird in Form von Wärmestrahlungswellen gleichmäßig in jeden Winkel des Raumes geführt. Die Heizschlangen werden bereits im Werk in den Deckenspiegel der Fertigdecke eingegossen und auf der Baustelle mit dem Heizkreislauf verbunden.

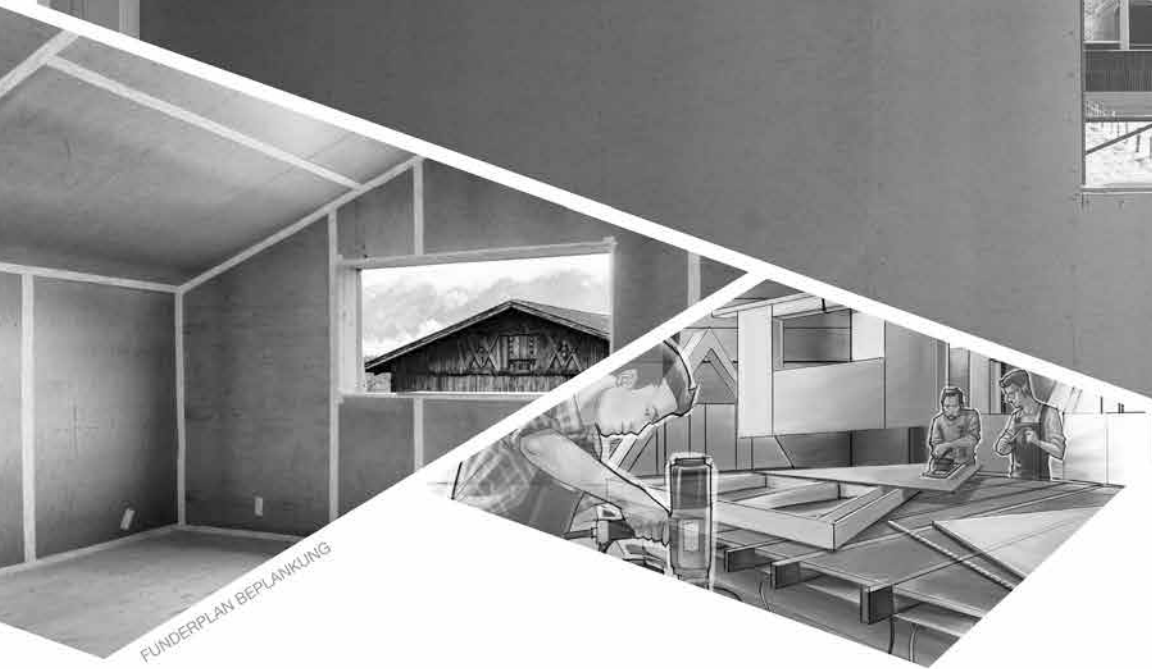
Mit einer reversiblen Wärmepumpe wird im Sommer aus der DX-Klimadecke eine flächendeckende Raumkühlung, ohne lästige Geräusche oder Zugerscheinungen.

Eine weitere Option ist die wahlweise Ausstattung für den schnellen und wirtschaftlichen Einbau einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage (DX-AIR).



# FunderPlan

## Das ökologische Element im Holzbau



FUNDERPLAN BEPLANKUNG

**FUNDERMAX**®

### Vorteile von FunderPlan

- statisch beanspruchbar
- als Dampfbremse wirksam
- luftdichte Ebene gewährleistet
- auf Wohngesundheit geprüft
- splitterfrei schneiden und verkleben
- Wohnraumgewinn durch schlanken Aufbau



for  
people  
who  
create

# SPRICHWÖRTLICHE GAULHOFER-QUALITÄT.

Seit bald 100 Jahren stellt GAULHOFER Fensterelemente von höchster Qualität her. Handwerkliche Tradition, hoch entwickelte Fertigungstechnologie, Forschung und Entwicklung im eigenen Haus und die Zusammenarbeit mit namhaften Instituten haben GAULHOFER zu einem führenden Anbieter von Energiesparfenstern und -Türen gemacht. Und mit Produkten wie INLINE auch zu einem der innovativsten.

Die Begeisterung bei der Verarbeitung und die Liebe zum Detail offenbaren sich in jedem GAULHOFER Element, umfassendes Know-how wird von Generation zu Generation weitergegeben und die Qualität der Fenster laufend optimiert. Als einziger Hersteller im deutschsprachigen Raum gibt GAULHOFER daher 30 Jahre Garantie auf seine Holz- und Holz-Alu-Fensterkonstruktionen.

Die GAULHOFER Fensterprogramme repräsentieren geforderte Vielfalt: Ob Energiesparen, Schallschutz oder erhöhte Sicherheit. Ob anspruchsvolles Design oder Nachhaltigkeit: GAULHOFER hat das passende Fenster und die richtige Türe für jede Anforderung.

## FÜR JEDE ANFORDERUNG DAS PASSENDE FENSTER

Mit INLINE präsentiert GAULHOFER ein innen wie außen flächenbündiges Holz-Alu Designfenster und begeistert Architekten und energiebewusste Bauherren zugleich mit klarer Linienführung, lichtoptimierten Ansichten und erstklassigen Dämmeigenschaften.

Die Fenster der Serie FUSIONLINE bieten mit der gelungenen Synthese von Holz und Alu unverwüstlichen Schutz und alle Vorzüge natürlichen Raumklimas. GAULHOFER NATURELINE Holzfenster sorgen für 100% natürliches Wohngefühl und mit dem Naturwerkstoff Holz für ökologisch vorbildliche Energiesparlösungen. Für seine Holz- und Holz-Alu-Konstruktionen verwendet GAULHOFER im Winter gefällte Fichte und Lärche aus nachhaltiger heimischer Forstwirtschaft. Und wer das Außergewöhnliche sucht, wählt Eiche – besonders hart, langlebig und wertbeständig.

Mit ENERGYLINE und ERGOLINE setzt GAULHOFER auch in der Kunststoff-Fensterwelt auf zukunftsorientierte Technik, zeitloses Design und High-Tech-Wärmeschutz. Kombiniert mit attraktiven Alu-Vorsatzschalen sind GAULHOFER Kunststoff-Alu-Fenster witterungsbeständig, pflegeleicht und sorgen für begeisternde Optik über viele Jahre.

## WILLKOMMEN DAHEIM!

Auch bei den Haustürprogrammen setzt GAULHOFER auf Vielfalt, Ästhetik, Stabilität und Robustheit. GAULHOFER Haustüren präsentieren sich in klarer, überzeugender Optik und meisterhafter Verarbeitung. Die qualitativ hochwertigen Konstruktionen in Holz, Holz-Alu und Aluminium haben beste Dämmeigenschaften. Für energiebewusste Bauherren bietet GAULHOFER alle Modelle in Niedrigenergie- oder Passivhaus-Bauweise. Und wer Schutz vor ungebetenen Gästen wünscht, schätzt modernen Zutrittskontrollsysteme oder RC3-Ausstattung.

### FENSTER:

- Holz-Alu  
INLINE 91  
FUSIONLINE 94/108
- Holz  
NATURELINE 78/92

- Kunststoff-/Alu  
ENERGYLINE-S 85/91  
ENERGYLINE-E 85/91  
ENERGYLINE-P 85/91  
ERGOLINE-S 70/76

Sonnenschutz, Insektenschutz

### Haustüren:

- Holz NATURELINE
- Holz-Alu FUSIONLINE
- Alu EXCLUSIV, SELECT



Gaulhofer Deutschland  
GmbH & Co. KG

Gutenbergstraße 9  
D-85646 Anzing

Tel. +49(0)8121/9302-0  
Fax +49(0)8121/46585

deutschland@gaulhofer.com  
www.gaulhofer.com

EIN FENSTER LANG,  
EIN LEBEN LANG.

[gaulhofer.com](http://gaulhofer.com)

**Gaulhofer**





### Vorteile

- Effizienter, langlebiger Schallschutz
- TimberCalc für die einfache Materialauswahl
- Geprüfte Lager mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
- Sicheres Berechnungsmodell für den Standsicherheitsnachweis

Für TimberCalc registrieren Sie sich gleich auf:  
apps.getzner.com



## Schallschutzlösung die auch Statiker überzeugt

Seit Jahren hat Getzner die Lösung zur Entkopplung von flankierenden Bauteilen – zum Schutz vor Schall in Massivholzbauten – am Markt etabliert. Mit dem neuen Bemessungskonzept nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist nun die statische Nachweisführung der Schallschutzlösung verlässlich berechenbar.





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)

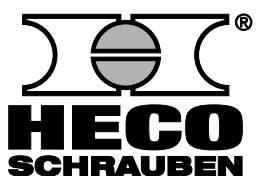


# HECO®-Schrauben Innovation. Vertrauen. Zukunft.



*Qualität und Perfektion von Profis für Profis.*

*Verlangen Sie HECO®-Schrauben –  
Sicher ist sicher*



**HECO-Schrauben GmbH & Co. KG**

Dr.-Kurt-Steim-Straße 28, D-78713 Schramberg

Tel.: +49 (0) 74 22 / 9 89-0, Fax: +49 (0) 74 22 / 9 89-200

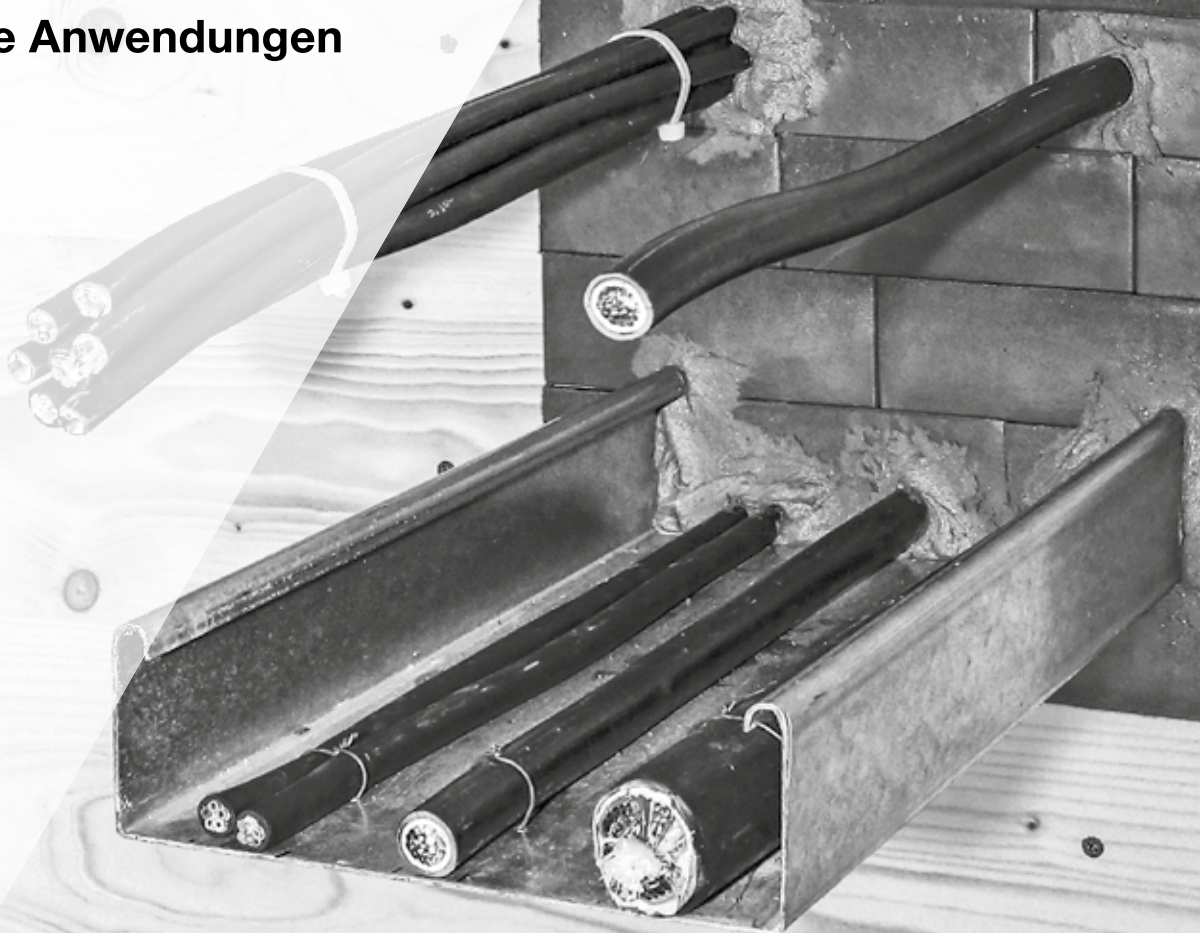
E-Mail: [info@heco-schrauben.de](mailto:info@heco-schrauben.de), Internet: [www.heco-schrauben.de](http://www.heco-schrauben.de)





# BRANDSCHUTZ IM HOLZBAU

Geprüfte Anwendungen  
mit Hilti



FORUM  
HOLZBAU  
URBAN KÖLN  
16./17. Oktober 2018

FORUM  
HOLZBAU  
INTERNATIONAL  
5.-7. Dezember 2018

## Erhöhte Produktivität in der Planung und Vorfertigung.

Hilti bringt seine 30 Jahre Brandschutzexpertise in den Holzbau. Europaweit zugelassene Brandschutzprodukte für Holzanwendungen vereinfachen die Planungs- und Genehmigungsschritte in jedem Holzbauprojekt.

Ob mehrgeschossiger Wohnbau, Hotelbauten oder Bürogebäude, Hilti bietet Lösungen für die Abschottung der Gebäudetechnik. Die trockenen Brandschutzlösungen ermöglichen einen schnelleren Einbau auf der Baustelle. Kein Warten auf Mörtelaushärten. Kein Einbringen von Baufeuchte. Vorgefertigte Brandschutzlösungen unterstützen den Holzbauer bei der industriellen Vorfertigung und eröffnen Möglichkeiten zur Steigerung seiner Wertschöpfung.



# Holzbau

Geschoß-  
wohnungsbau  
Objektbau

—  
XXL-Fenster  
Schiebetüren

**WIR**  
realisieren  
**IHRE Projekte.**  
Sprechen Sie  
uns an.

BECKER 360  
Holzbau Becker & Sohn GmbH  
Kolpingstraße 4, 59964 Medebach

**T** +49 2982 9214 0  
**F** +49 2982 9214 14

info@becker360.de  
www.becker360.de

**BECKER**  
**360**

**Erfahrung, die Werte schafft.**  
**Seit 1926.**

**WÄRMEDÄMM-  
VERBUNDSYSTEME  
SIND WIE ORCHESTER:  
PERFEKT AUF EINANDER  
ABGESTIMMT!**

Natürlich haben wir das  
optimale System für Sie!

0 61 54/71-7 16 69  
info@inthermo.de  
www.inthermo.de



**INTHERMO**  
*Meine natürliche Dämmung!*



# TOOLMATIC®

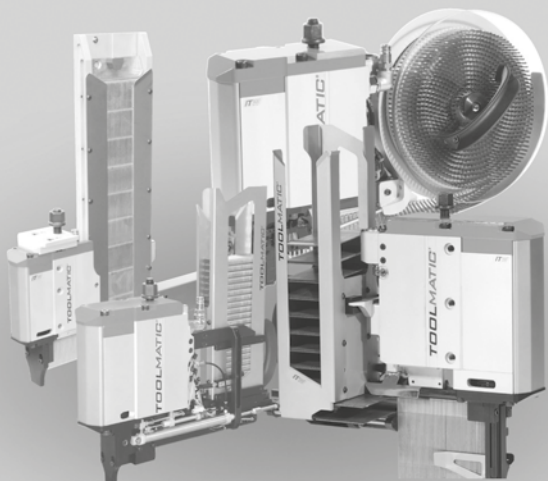
AUTOMATED FASTENING SYSTEMS

## INNOVATIVE TECHNOLOGIE FÜR IHRE AUTOMATISIERUNG<sup>V</sup>

Automatisierte Vorgänge und standardisierte Qualität, die höchsten Ansprüchen genügen.

Die Flexibilität des modularen Aufbaus der Toolmatic Klammer- und Nagelgeräte bietet kundenspezifische Lösungen in der industriellen Fertigung.

- ❑ Leichte Integration in unterschiedlichste Maschinen, Roboter und Brücken
- ❑ Entwicklung und Produktion Made in Germany mit Know-how und Erfahrung aus dem Hause ITW
- ❑ Konstant hohes Qualitäts- und Serviceniveau





## KEIM LIGNOSIL®

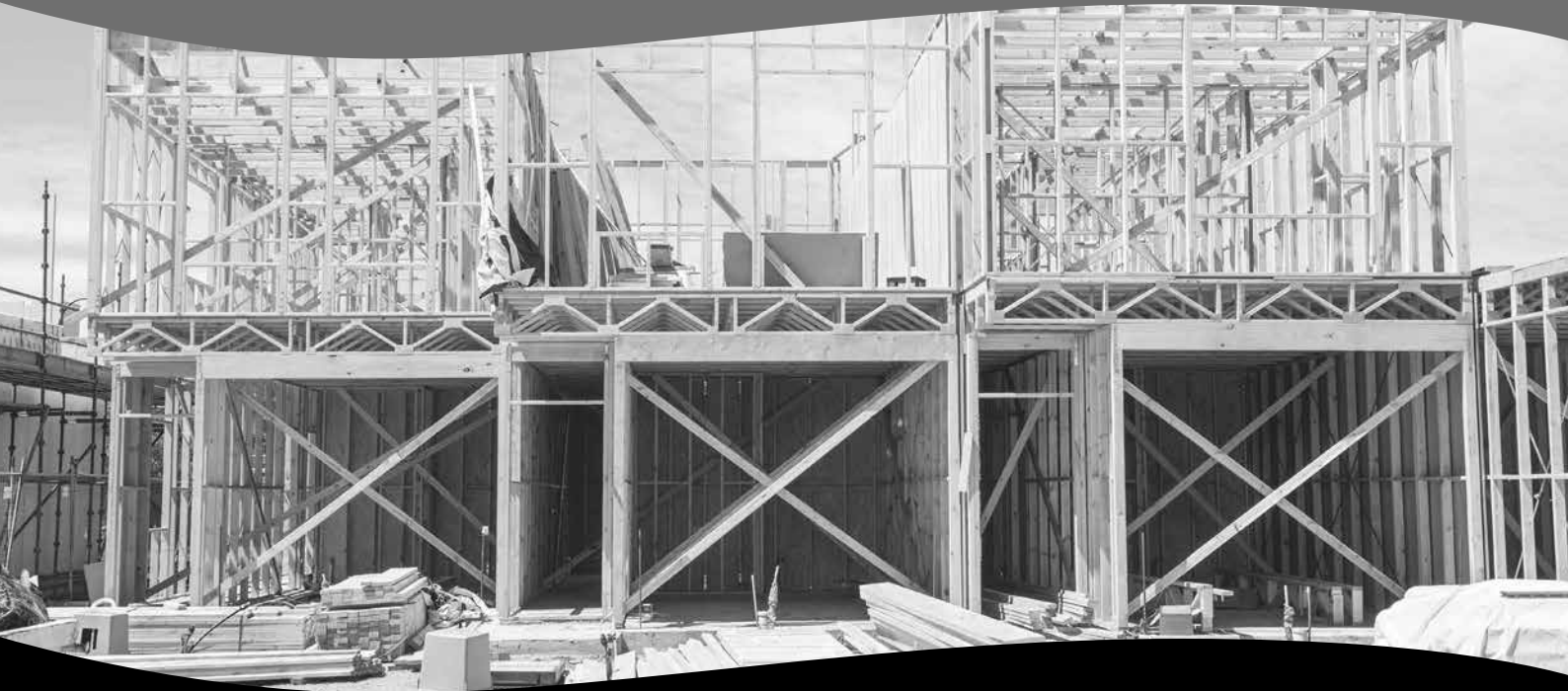
### DIE MINERALFARBE FÜR HOLZ – ÄSTHETISCH, DAUERHAFT UND EINZIGARTIG

Lignosil ist die erfolgreiche Übertragung des „Prinzips Silikatfarbe“ auf den Untergrund Holz. Profitieren Sie von hervorragendem Feuchteschutz, UV-Stabilität, Witterungsbeständigkeit und samtmatter Oberflächenoptik.

- KEIM Lignosil®-Color: Deckende Farbbeschichtung für Holzbauteile im Außenbereich
- KEIM Lignosil®-Verano: Natürliche Vergrauung von Holzfassaden
- KEIM Lignosil®-Inco: Lasierende bis deckende Gestaltungen im Innenbereich

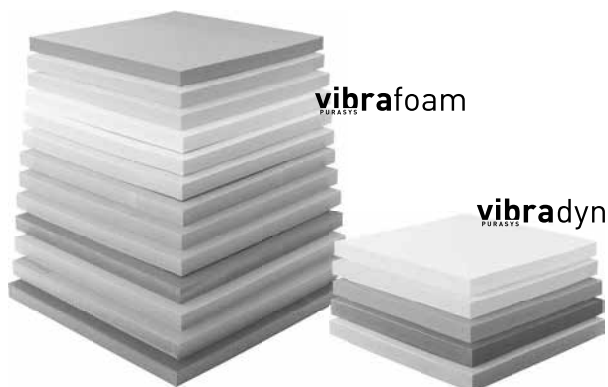
KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

[www.keim.com](http://www.keim.com)



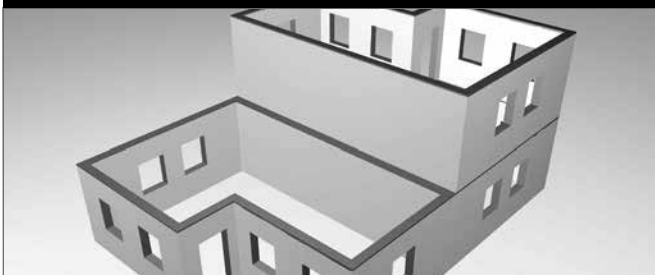
## vibrafoam | vibradyn

### Elastische Lager aus Polyurethan zur Schall- und Schwingungsreduzierung im Holzbau

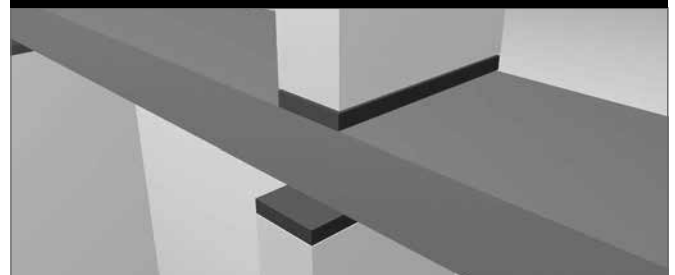


- 18 Basistypen für annähernd jeden Anwendungsfall
- individuelle Sondertypen bei Bedarf möglich
- einfache, schnelle Verlegung
- hervorragende Schall- und Schwingungsminderung, insbesondere an problematischen Knotenpunkten

Lagerung von **Baumodulen**



Lagerung von **flankierenden Bauteilen**





## KRONOLUX OSB

Kronolux OSB ist ein europäischer Hochleistungswerkstoff, der in der jeweiligen Qualität für alle konstruktiven Anwendungen, bei denen Dimensionstabilität und Belastbarkeit gefordert werden, seine Anwendung finden kann.



## OSB NEXT GENERATION

- Neueste kontinuierliche Pressen-Generation: ContiPanelSystem (CPS)
- Innovative Niedrigtemperatur-Trocknung - Schonende und natürliche Holz-trocknung
- Neuartige Technologie, die den Einsatz von Recycling-Material ermöglicht.

## WEITERENTWICKLUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFT

**Ziel: die CO<sub>2</sub>-passive Fabrik durch:**  
Energieerzeugung aus Biomasse und Einsatz von Recyclingholz in der OSB-Platte Produktion.

**UND**

Konsequente Kaskaden-Nutzung der Naturressourcen Holz, Wasser und Energie.







# LIGNO® Brettsperrholz.

Konfigurierbar,  
für qualitätsvolle  
Holzbau-Architektur  
made of LIGNO®.



Linke Spalte, von oben nach unten:  
Stadhäuser in Lauchringen (1. und 2. Bild, im Bau) – LIGNO Decken, Wände – Architektur: Jörg Kaiser, Lauchringen //  
Mehrfamilienhaus in Lörrach – LIGNO Deckenbauteile – Architektur: wilhelm und hovenbitzer freie architekten, Lörrach  
/ Foto: Dieter Ertel, Weitramsdorf // Festhalle in Kressbronn – LIGNO Akustikpaneele / Architektur: Spreen Architekten,  
München

Mittlere Spalte:  
Schwimmhalle in Euskirchen – LIGNO Dachbauteile – Architektur: 3pass, Köln / Foto: Jens Kirchner, Düsseldorf

Rechte Spalte:  
Stadhäuser in Lauchringen (im Bau) – LIGNO Decken, Wände – Architektur: Jörg Kaiser, Lauchringen

LIGNOTREND Produktions GmbH  
Landstrasse 25 D-79809 Weilheim  
Tel.: +49 (0)7755 9200-0  
[www.lignotrend.com](http://www.lignotrend.com)

**LIGNO ■ TREND®**

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.





**Dach & Decke**

**POSI-JOIST<sup>TM</sup>**

**BSH Ersatz - Installationsebene - leicht & robust**

**MiTek<sup>®</sup>**

MiTek Industries GmbH – Schanzenstr. 23 – 51063 Köln  
Tel. +49 221/ 80285-0 E-Mail. [info@mitek.de](mailto:info@mitek.de) Web. [www.mitek.de](http://www.mitek.de)



## INTELLIGENTE LUFTDICHTUNG

**INTELLO** macht Ihre Bauteile besonders sicher.

Hydrosafe Hochleistungs-Dampfbrems-System

100-fach feuchtevariable  $s_d$  0,25 bis >25 m

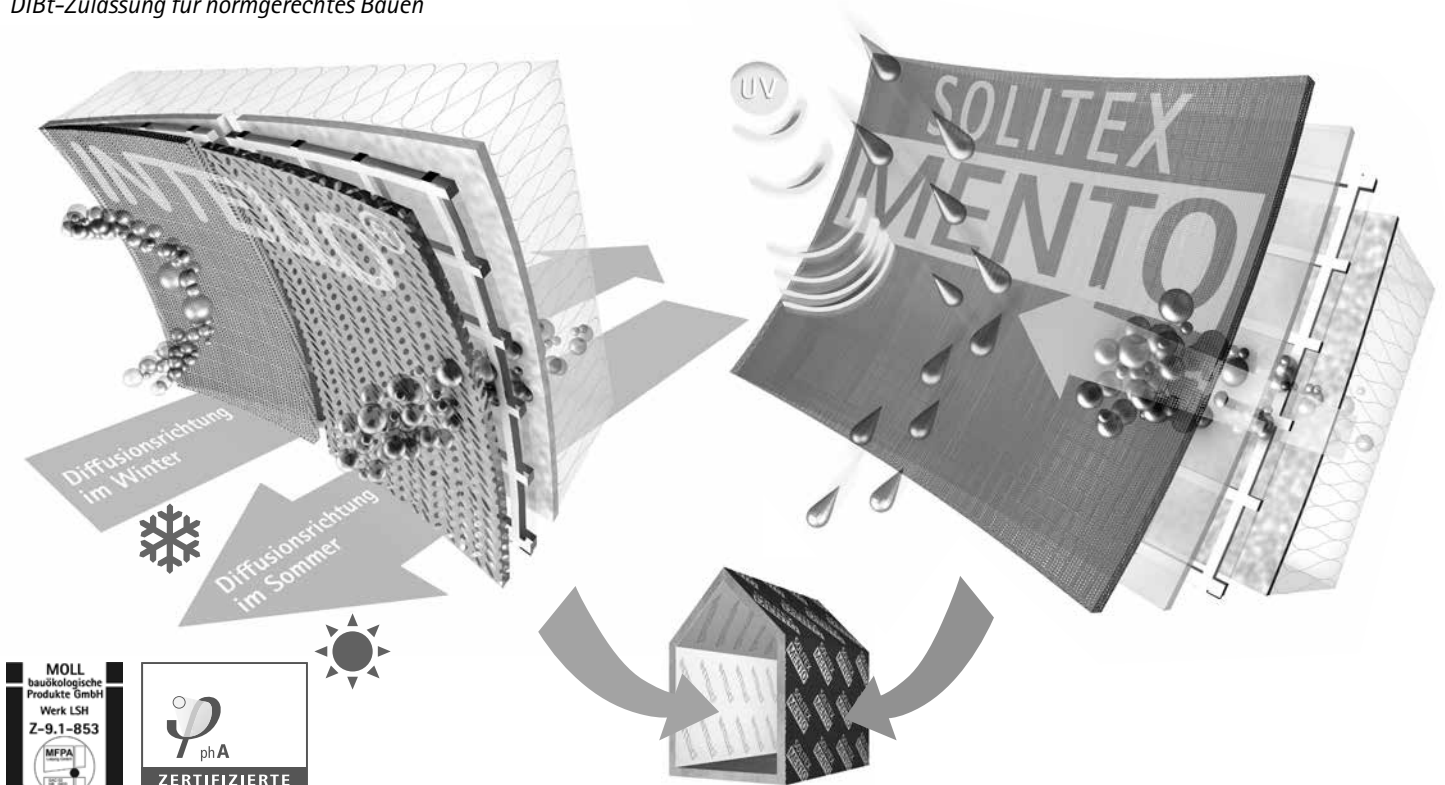
DIBt-Zulassung für normgerechtes Bauen

## FEUCHTEAKTIVE AUSSENDICHTUNG

**SOLITEX** schützt vor Wind und hält das Bauteil trocken.

Hochdiffusionsoffenes Unterdecksystem mit monolithischer

Funktionsmembran mit aktivem Feuchtetransport nach außen.



Feuchtevariable Dampfbremsbahn INTELLO zur Verwendung entsprechend DIN 68800-2:2012-02



INTELLO • INTELLO PLUS  
TESCON VANA • ORCON F  
CONTEGA SOLIDO SL  
KAFLEX • ROFLEX

## DAUERHAFT VERKLEBUNG

Allround-Klebeband TESCON VANA

- Klebt sicher innen und außen – sogar bei Feuchtigkeit: wasserfester SOLID Kleber
- Einfacher weiter arbeiten: Vliesträger direkt überputzbar
- Flexibler weiter arbeiten: 6 Monate UV stabil
- 100 Jahre Klebkraft unabhängig bestätigt



**100 JAHRE  
KLEBKRAFT**  
✓erfolgreich getestet  
✓weltweit einzigartig  
TESCON VANA | TESCON No.1 UNI TAPE  
[www.proclima.de/100jahre](http://www.proclima.de/100jahre)

# 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.



**NEU**

**Kostenfrei bestellen:**

**Planungsband pro clima »WISSEN«**

mit über 400 Seiten Konstruktionen, Details, Bauphysik, Systemen, Produkten, Service u. v. m.

Fon +49 (0) 62 02 – 27 82.0

[info@proclima.de](mailto:info@proclima.de)

[proclima.de/wissen](http://proclima.de/wissen)

[www.proclima.de](http://www.proclima.de)



# ORCA **AVA** bringt Sie zum Ziel!

© 1990-2017 by ORCA Software GmbH • Alle Rechte vorbehalten  
Bildnachweis: © AllenForce - Fotolia.com

Ausschreibung  
Vergabe  
Abrechnung

durchgängiges  
Kostenmanagement

Testen Sie jetzt, wie gut ORCA AVA zu Ihnen passt.  
Kostenlos – unverbindlich.

[www.orca-software.com/ava](http://www.orca-software.com/ava)





Integrierter Brandschutz  
Flexible Spannweiten  
Schlanke Decken

**DELTA BEAM Mittelträger**

mit OHB Betonverbund

VARIANTE 2  
mit Betonverbundhöhe 100

L		S		H		f		R <sub>yk</sub>		R <sub>yk</sub>		R <sub>yk</sub>			
mm	ft	mm	ft	mm	ft	mm	ft	mm	ft	mm	ft	mm	ft		
200	200	500	500	200	500	4	80	100	1,00	152 kN	18,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	176 kN	21,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	250	500	4	80	100	1,00	179 kN	21,9 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	191 kN	23,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	300	500	4	80	100	1,00	208 kN	26,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	222 kN	27,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	350	500	4	80	100	1,00	237 kN	31,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	251 kN	32,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	400	500	4	80	100	1,00	266 kN	36,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	280 kN	37,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	450	500	4	80	100	1,00	295 kN	41,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	309 kN	42,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	500	500	4	80	100	1,00	324 kN	46,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	338 kN	47,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	550	500	4	80	100	1,00	353 kN	51,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	367 kN	52,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	600	500	4	80	100	1,00	382 kN	56,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	396 kN	57,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	650	500	4	80	100	1,00	411 kN	61,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	425 kN	62,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	700	500	4	80	100	1,00	440 kN	66,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	454 kN	67,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	750	500	4	80	100	1,00	469 kN	71,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	483 kN	72,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	800	500	4	80	100	1,00	498 kN	76,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	512 kN	77,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	850	500	4	80	100	1,00	527 kN	81,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	541 kN	82,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	900	500	4	80	100	1,00	556 kN	86,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	570 kN	87,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	950	500	4	80	100	1,00	585 kN	91,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	599 kN	92,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1000	500	4	80	100	1,00	614 kN	96,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	628 kN	97,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1050	500	4	80	100	1,00	643 kN	101,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	657 kN	102,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1100	500	4	80	100	1,00	672 kN	106,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	686 kN	107,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1150	500	4	80	100	1,00	701 kN	111,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	715 kN	112,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1200	500	4	80	100	1,00	730 kN	116,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	744 kN	117,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1250	500	4	80	100	1,00	759 kN	121,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	773 kN	122,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1300	500	4	80	100	1,00	788 kN	126,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	802 kN	127,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1350	500	4	80	100	1,00	817 kN	131,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	831 kN	132,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1400	500	4	80	100	1,00	846 kN	136,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	860 kN	137,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1450	500	4	80	100	1,00	875 kN	141,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	889 kN	142,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1500	500	4	80	100	1,00	904 kN	146,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	918 kN	147,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1550	500	4	80	100	1,00	933 kN	151,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	947 kN	152,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1600	500	4	80	100	1,00	962 kN	156,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	976 kN	157,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1650	500	4	80	100	1,00	991 kN	161,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1005 kN	162,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1700	500	4	80	100	1,00	1020 kN	166,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1034 kN	167,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1750	500	4	80	100	1,00	1049 kN	171,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1063 kN	172,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1800	500	4	80	100	1,00	1078 kN	176,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1092 kN	177,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1850	500	4	80	100	1,00	1107 kN	181,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1121 kN	182,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1900	500	4	80	100	1,00	1136 kN	186,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1150 kN	187,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	1950	500	4	80	100	1,00	1165 kN	191,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1179 kN	192,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN
200	200	500	500	2000	500	4	80	100	1,00	1194 kN	196,8 kN/m <sup>2</sup>	0,97 m	1208 kN	197,9 kN/m <sup>2</sup>	0,82 kN

Vorbemessungstabellen  
verfügbar!

**DELTABEAM Frames  
mit Holz- und  
Holz-Beton-Verbunddecken**



# ZWEI, DIE AUF NACHHALTIGKEIT BAUEN



**INSPIRATIONS  
CLOSE TO YOU**




Die emissionsarme Holzwerkstoffplatte LivingBoard ist die ideale Wahl für den wohngesunden Holzrahmen- und Innenausbau. Die Faserplatte StyleBoard MDF.RWH eignet sich perfekt als diffusionsoffene Unterdeckung für Dach und Wand. Beide Boards sind 100% formaldehydfrei und feuchtebeständig PU-verleimt.



[www.blauer-engel.de/uz76](http://www.blauer-engel.de/uz76)

- emissionsarm
- Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft
- in der Wohnumwelt gesundheitlich unbedenklich





## Skelettbau aus **BauBuche**

Das euregon AG Bürogebäude von lattkearchitekten BDA

**BauBuche** ist der neue Holzbauwerkstoff aus heimischem Laubholz. **BauBuche** besitzt eine außergewöhnlich hohe Tragfähigkeit und ermöglicht schlankere Bauteile sowie größere Spannweiten im konstruktiven Holzbau. Architekt Frank Lattke nutzte diese Eigenschaften für das neue Bürogebäude der euregon AG in Augsburg. Bei dem dreigeschossigen Skelettbau aus **BauBuche** bleibt die Konstruktion innen sichtbar und macht den warmen Ton der **BauBuche** erlebbar. **Daten und Details zum Projekt sowie die BauBuche Musterbox erhalten Sie auf [my.pollmeier.com/euregon](http://my.pollmeier.com/euregon)**

 **Pollmeier**

+49 (0)36 926 945 - 560 | [baubuche@pollmeier.com](mailto:baubuche@pollmeier.com) | [www.pollmeier.com](http://www.pollmeier.com)

Architekt: lattkearchitekten BDA, [www.lattkearchitekten.de](http://www.lattkearchitekten.de) | Holzbau: Gump & Maier, [www.gump-maier.de](http://www.gump-maier.de)  
Fotografie: Eckhart Matthäus, [www.em-foto.de](http://www.em-foto.de)

Im Jahre 1983 begannen J. **Schlemper** + T. **Schucht** 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 Mitarbeiter-schulungen - im Service wie in der Programmierung, durch den Einsatz der neuesten Developer-Tools von Microsoft und das Vorhalten stets aktueller Hardware- und Kommunikationsausstattung.

Ob Dachkonstruktionen oder Objekte im Holzrahmenbau, Fachwerk-, Blockbohlen- oder Ingenieur-Holzbau - **ABBUND** steht mit seinen diversen Modulen und Leistungsfunktionen für absolute Flexibilität und rationelles Arbeiten. Mit der leicht zu erlernenden 3D-CAD/CAM-Software sind Bauvorhaben rasch und valide, vollumfänglich und fertigungs-optimiert konstruiert. Das „Kernprogramm“ kann sinnvoll ergänzt werden um **ConCAD** - ein Modul für das unlimitierte + freie Konstruieren im 3-dimensionalen Raum, um **OpenIN** - zur Platzierung beliebiger Projekte (ein- oder mehrfach) in andere Abbund-Projekte oder um **DesignDesk** das Modul zur freien, individuellen Gestaltung von Bau- und Konstruktionsplänen unter Nutzung aller von Abbund bereitgestellten Zeichnungen, Listen und Visualisierungen. Neben zahlreichen Im- und Export-Schnittstellen sind Steuerungen für die Holzbau-Maschinen aller Hersteller verfügbar, angeführt seien hier z.B. die Firmen *Hundegger, Weinmann, SCM, Essetre, Krüsi oder Randek*.

Nun ist **ABBUND** zwar primär ein Holzbauprogramm, aber die Umwandlung von Holzbauteilen in andere Materialien, z.B. Stahl, nebst notwendigem Zubehör ist sehr einfach zu

vollziehen. Profile und material-typische 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 2018** ist u.a.:

- Implementation **ABBdater**
- IFC-Schnittstelle
- Mehrfachprofilierungen bei Sparren und Pfetten
- **S+S** unter neuer Leitung
- u.v.m.

**S+S Datentechnik für den Holzbau GmbH**

Bensberger Str. 252  
D-51469 Bergisch Gladbach  
Tel: +49-(0)2202-969550  
www.abbund.com  
info@abbund.com





**SFS**

# Wirt schaftlich. Kreativ. Leistungsfähig.

**Kein Kompromiss bei Qualität und Sicherheit.**

**SFS Befestigungslösungen für den konstruktiven Holzbau:**

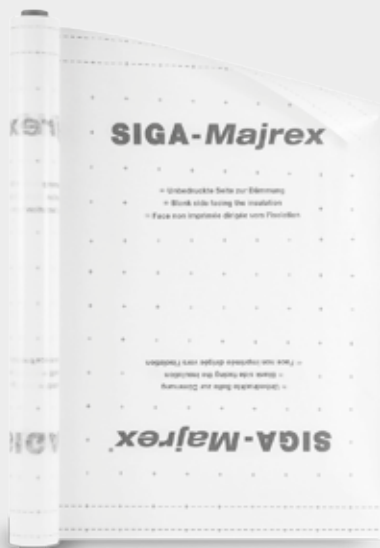
- Leistungsstarke Doppelgewindebefestiger
- Einzigartige Vollgewindebefestiger
- Selbstbohrendes Stabdübelsystem
- Große Auswahl an Teilgewindebefestigern
- Schraubanker zur Befestigung von Holz an Beton
- Kompetenter Bemessungsservice

+49 6171 70020  
[www.sfsintec.de](http://www.sfsintec.de)



# SIGA<sup>+</sup> 1966

SIGA ist führend in der Entwicklung, der Produktion und dem Vertrieb von wohngiftfreien Hochleistungsprodukten für eine luft- und winddichte Gebäudehülle. Rund 400 Mitarbeitende streben in über 20 Ländern nach einer Welt mit Gebäuden ohne Energieverlust.



## **Majrex<sup>®</sup>** – die sichere Dampfbremse für jede Konstruktion

Die patentierte Dampfbremse SIGA-Majrex mit Hygrobrid<sup>®</sup>-Technologie ermöglicht den kontrollierten Feuchtetransport in eine Richtung und bietet erhöhte Sicherheit in jeder Konstruktion.



### **Neubau**



### **Flach- und Steildach**



### **Sanierung**



**Stick with us.**

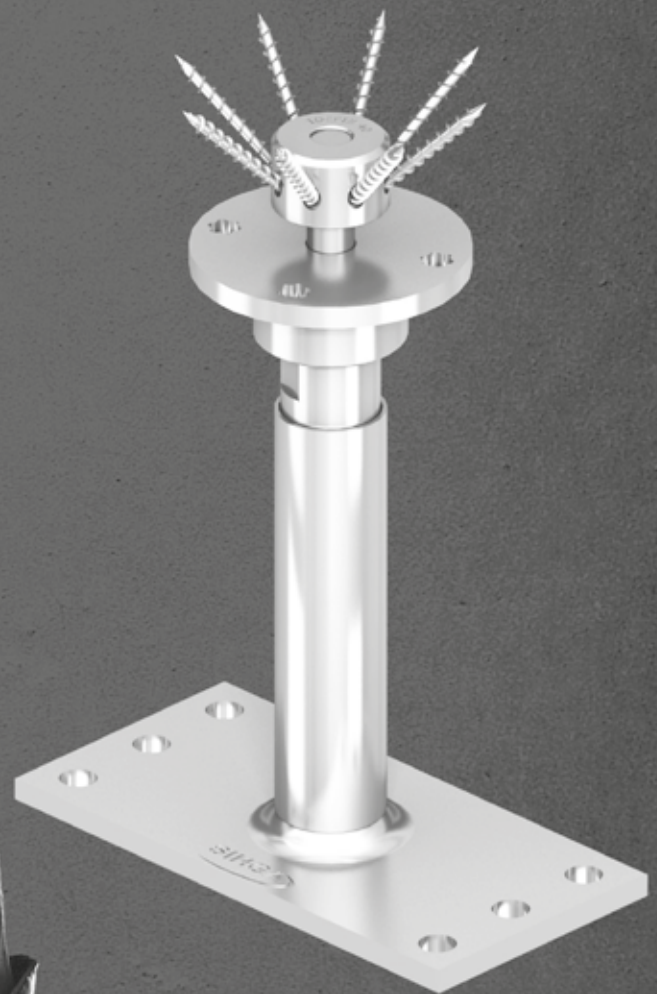
**sigaswiss**





[www.sihga.com](http://www.sihga.com)

Der fescche Herakulix steht senkrecht, ist kinderleicht zu montieren – weil zweiteilig! Holzsäulen können sogar nachträglich ausgetauscht werden.



**Praktisch:**

- der hohe Verstellbereich
- er nimmt Querkräfte auf
- gleicht Bodenunebenheiten automatisch aus

**HERAKULIX** SCHAUT EINFACH IMMER GUT AUS

TAKE THE BEST



# Stora Enso Division Wood Products

Als Teil der Bioökonomie zählt Stora Enso weltweit zu den führenden Anbietern nachhaltiger Lösungen für die Bereiche Verpackung, Biomaterialien, Holzbau und Papier. Wir sind der festen Überzeugung, dass alles, was heute noch aus Materialien auf fossiler Basis hergestellt wird, morgen aus Holz hergestellt werden kann. Das Unternehmen beschäftigt rund 26 000 Mitarbeiter/innen in mehr als 30 Ländern. Im Jahr 2017 erwirtschaftete Stora Enso einen Umsatz von 10 Milliarden Euro und ein operatives Betriebsergebnis (EBIT) von 1 Milliarde Euro. Die Stora Enso-Aktien werden an den Börsen von Helsinki und Stockholm gehandelt.

Der Bereich Wood Products bietet vielseitige Lösungen auf Holzbasis für Bauen und Wohnen. Unsere Produktpalette deckt alle Bereiche des Bauwesens ab, inklusive Massivholzelemente, Holzbauteile und Schnittholz. Für nachhaltiges Heizen bieten wir auch Pellets an. Unsere Kunden sind vor allem Groß- und Einzelhändler, Tischlerei- und Bauunternehmen.

Foto: MHD Architekten

## Kontaktieren Sie uns für mehr Informationen:

Stora Enso, Division Wood Products  
Werk Pfarrkirchen  
Tel. +49 8561 30050  
Email: [office.pfarrkirchen@storaenso.com](mailto:office.pfarrkirchen@storaenso.com)

[www.clt.info](http://www.clt.info)  
[www.storaenso.com](http://www.storaenso.com)

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY



# triviso<sup>®</sup> erp

Optimieren ist eine Daueraufgabe.

Profitieren Sie im gemeinsamen Gespräch von unserer langjährigen Erfahrung in der Branche.

Triviso ERP. Ihre Business-Software. Die Lösung.



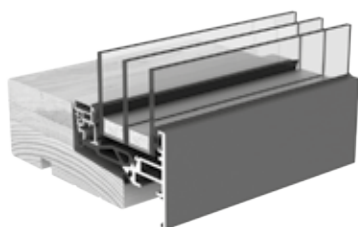
# GEITNER HAUS, DÜSSELDORF

## ► Außergewöhnliche Architektur im konventionellen Umfeld mit VELFAC Design Fenstern

Großzügig und individuell bauen und sich doch harmonisch in ein gewachsenes Quartier einfügen – die Düsseldorfer Architekten Leona und Andreas Geitner haben die Herausforderung angenommen und einen großen Erfolg gelandet. Das Geitner Haus erhielt den 2. Platz beim Häuser Award 2012 und eine „Auszeichnung guter Bauten“ des BDA Düsseldorf 2014.

Die schlichte elegante Fassade wurde in Holzrahmenbauweise realisiert, die Struktur der einfachen sägerauen Bretter scheint durch eine dunkel lasierte Fichtenholzverkleidung hindurch. Je nach Lichteinfall changiert das Gebäude zwischen dunklem Anthrazit und silbrigem Grau. VELFAC Design Fenster wurden u. a. wegen der schmalen Ansichtsprofile sowie der möglichen bündigen Ausführung in der Fassade gewählt.

## VELFAC 200 ENERGY – das originale Designfenster



Die **VELFAC 200 ENERGY**-Serie mit sehr schlanken Profilen und effektiven Energielwerten bietet ein elegantes und zeitloses Design, das sich besonders für Neubauten und die Sanierung von Häusern aus den 1960ern bis 1980ern eignet.

## FAKTEN:

- **Objekt/Standort:** Drosselweg 6, 40489 Düsseldorf
- **Bauherr:** Leona Geitner, Dipl.-Ing. Architektin BDA, Andreas Geitner, Dipl.-Ing. Architekt BDA, Düsseldorf
- **Architekt:** Geitner architekten, Düsseldorf
- **Website des Büros:** [www.geitnerarchitekten.de](http://www.geitnerarchitekten.de)
- **Auszeichnung:** Häuser Award 2012 – 2. Platz in der Kategorie "Die besten kostengünstigen Einfamilienhäuser" Auszeichnung guter Bauten des BDA Düsseldorf 2014

## VELFAC 200 ENERGY

- 3-fach verglastes Designfenster mit schmalen Rahmen
- Minimalistisches Design - einfach und elegant
- "Schwebender" Flügel im Mauerwerk dank zurück gezogener Fuge
- Fest- und Öffnungsflügel mit gleicher Ansicht
- Eingebautes Sicherheitspaket
- Umfassendes Testprogramm in Bezug auf Haltbarkeit, Stabilität und Dichtigkeit
- Uw-Werte bis zu 0,8 W/m²K





# Hightech-Holz für Ihre Bauprojekte.

Unsere Stärke liegt in der Produktion von **außergewöhnlichen Dachkonstruktionen** und passgenauem **X-LAM** (Massivholz).

Wir beraten und begleiten Sie von der Planung bis zur Fertigstellung.

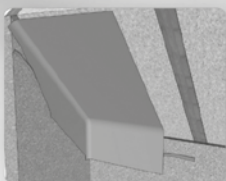
[www.derix.de](http://www.derix.de)

# COSMO Klebstoffe

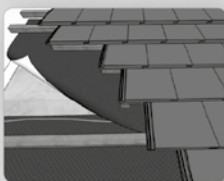
für die luft- und winddichte Gebäudehülle



Luftdicht Kleben innen



Luftdicht Kleben außen



RAL Montage



COSMO BIOBASED



## Kontakt

Weiss Chemie + Technik  
GmbH & Co. KG  
Hansastraße 2  
D-35708 Haiger  
Tel: +49 (0) 2773 / 815-0  
Fax: +49 (0) 2773 / 815-200  
E-Mail: ks@weiss-chemie.de

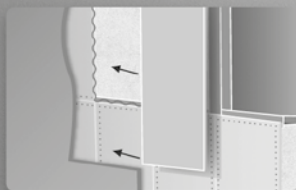
[www.weiss-chemie.de](http://www.weiss-chemie.de)



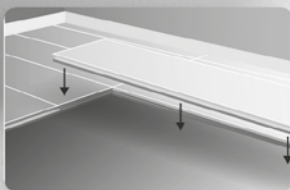
weiss

# COSMO Klebstoffe

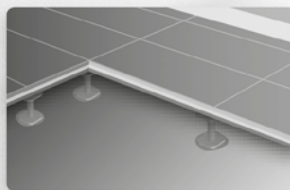
für den Trockenbau



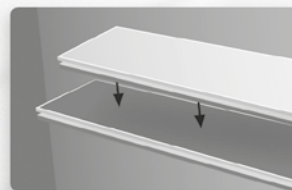
Fugenverklebung von Gipsfaser-,  
Span- und Zementplatten



Stufenfalz- und Stoßfugenverkle-  
bung von Estrichbodenplatten  
sowie Deckenelementen



Fixierung der Stützen von  
Hohlraumböden  
Gewindesticherung der Stützen



Flächenverklebungen bei der  
Herstellung von Trockenbauele-  
menten

## Kontakt

Weiss Chemie + Technik  
GmbH & Co. KG  
Hansastraße 2  
D-35708 Haiger  
Tel: +49 (0) 2773 / 815-0  
Fax: +49 (0) 2773 / 815-200  
E-Mail: ks@weiss-chemie.de

[www.weiss-chemie.de](http://www.weiss-chemie.de)



weiss



UN

UNBO

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 978-3-906226-21-7