

# **FORUM HOLZBAU DEUTSCHLAND**

**3. Deutscher Holzbau Kongress (DHK)**

**Mercure Hotel MOA, Deutschland**

**28./29. Juni 2022**

**Bauen mit Holz im urbanen Raum**

BFH BIEL

TTH ROSENHEIM

NI AALTO HELSINKI

TU MÜNCHEN

BC PRINCE GEORGE

TU WIEN

TU BERLIN

## Inhalt

### Bauwirtschaft im Wandel

<b>Nachhaltig bauen – wir müssen umdenken</b> <i>Prof. Dr. Natalie Eßig, Hochschule München, Fakultät für Architektur, Bamberg, Deutschland</i>	09
<b>Vernetzte energieautarke Gebäude – das ist die Zukunft</b> <i>Timo Leukefeld, Timo Leukefeld, Universitätsstadt Freiberg, Deutschland</i>	15

### Block A1

#### Bauten für Bildung und Erziehung

<b>Tragwerke für Bildungsbauten – ein Planungsziel mit vielen Anforderungen</b> <i>Dennis Morkötter, Planungsgesellschaft Dittrich, München, Deutschland</i>	27
<b>Holzbau bildet</b> <i>Melanie Wenderlein, hirner &amp; riehl architekten und stadtplaner, München, Deutschland</i>	35

### Block B1

#### Brandschutz

<b>Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5</b> <i>Heidrun Bombach, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Deutschland</i>	43
<b>Nachweis der Rauchdichtigkeit von Bauteilanschlüssen im Holzbau</b> <i>Björn Kampmeier, Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, Deutschland Patrick Sudhoff, Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, Deutschland</i>	55

#### Bauen ohne Grundstück – Aufstockungen leicht umgesetzt

<b>Potential Aufstockungen – Dächer als neue Grundstücke in hochurbanen Lagen</b> <i>Matthias Günther, Pestel Institut, Hannover, Deutschland</i>	66
<b>Kontemplation zwischen Plattenbau und Holzbauweise</b> <i>Vera Hartmann, Sauerbruch Hutton Architekten, Berlin, Deutschland</i>	79
<b>Aufstockungen im urbanen Raum - Wien</b> <i>Peter Krabbe, OBENAUF, Wien, Österreich</i>	83
<b>Bauen über dem Parkplatz – Eine neue Perspektive</b> <i>Izabela Fornalczyk, B&amp;O Bau, Bad Aibling, Deutschland</i>	90

#### Aktuelles aus und für die Region

<b>Wo setzt der Bund auf Holz im Wohnungsbau?</b> <i>Thies Langholz, Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, Bonn, Deutschland</i>	98
<b>HOLZHAUS LINSE</b> <i>Farid Scharabi, Scharabi Architekten, Berlin, Deutschland Maximilian Schröder, MAX Holzbau, Marienwerder OT Ruhlsdorf, Deutschland</i>	102

### Block A2

#### Wie planen wir den qualitativen Holzbau in der Zukunft gemeinsam

<b>Robustheitskriterien für den mehrgeschossigen Holzbau</b> <i>Andreas Müller, Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, Biel/Bienne, Schweiz</i>	117
<b>Die Architektur – holzbaugerechte Planungsprozesse</b> <i>Sebastian Rapposch, Kaden+, Berlin, Deutschland</i>	131
<b>Tragwerksplanung im Kontext der beteiligten (Fach-)Planer</b> <i>Tobias Götz, PIRMIN JUNG Deutschland, Remagen, Deutschland</i>	138

## Block B2

### Feuchte- und Wärmeschutz

**Feuchteschutz im Holzbau – Auf eine dichte Gebäudehülle kommt es an** 145  
*Sylvia Polleres, Holzforschung Austria, Wien, Österreich*

**Sommerlicher Wärmeschutz und Holzbau – Vorurteile und Tatsachen** 150  
*Jonas Langbehn, PIRMIN JUNG Deutschland, Remagen, Deutschland*

## Block A3

### Lösungen für den grossvolumigen Holzbau

**Strohgedämmte Wohnhäuser und öffentliche Gebäude in Frankreich** 158  
*Thomas Steuerwald, Ingenieurbüro INGENIERIE BOIS, Bischheim, Frankreich*

**Städtisches Bauen im großen Stil – Hagmann Areal Winterthur** 171  
*Elise Pischetsrieder, weberbrunner architekten, Zürich, Schweiz / Berlin, Deutschland*

**Planen und Bauen mit Modulen** 180  
*Johannes Kaufmann, Johannes Kaufmann und Partner, Dornbirn, Österreich*

## Block B3

### Intelligente und energieeffiziente Gebäudehüllen für Neubau und Altbau

**Durch Fassadensanierung zu NettoNull CO<sub>2</sub>?** 194  
*Karl Viridén, Viridén + Partner, Zürich, Schweiz*

**Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Holzfassaden mit  
integrierter Lüftung und Kleinst-Wärmepumpe** 198  
*Dr. Fabian Ochs, Energieeffizientes Bauen/UIBK, Innsbruck, Österreich*

**TES - Maßanzug für den Wohnungsbau** 205  
*Alexander Gumpf, Gumpf & Maier, Binswangen, Deutschland*

**Einfach massiv – monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern** 216  
*Anne Niemann, Technische Universität München, München, Deutschland*

### Klimaneutral, Kreislauffähig und Nachhaltig – eine Standortbestimmung

**Die Verfügbarkeit an Rohholz** 224  
*Prof. Dr. Andreas Bolte, Thünen-Institut für Waldökosysteme, Eberswalde, Deutschland*

**Ein Schritt Richtung Kreislaufwirtschaft** 230  
*Moritz Michelis, Derix Gruppe, Niederkrüchten, Deutschland*

**Urban Mining, ReUse und Holzbau** 236  
*Oliver Seidel, baubüro *in situ*, Zirkular, Basel, Schweiz*

## Moderatoren

### **Prof. Flaßnöcker Silke**

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

+49 3841 753 73 72  
[silke.flassnoecker@hs-wismar.de](mailto:silke.flassnoecker@hs-wismar.de)

### **Furrer Bernhard**

Lignum  
Mühlebachstrasse 8  
8008 Zürich, Schweiz

+41 44 267 47 77  
[bernhard.furrer@lignum.ch](mailto:bernhard.furrer@lignum.ch)

### **Prof. Germerott Uwe**

Berner Fachhochschule,  
Architektur, Holz und Bau  
Solothurnstrasse 102  
2504 Biel/Bienne, Schweiz

+41 32 344 03 50  
[uwe.germerott@bfh.ch](mailto:uwe.germerott@bfh.ch)

### **Hüls Ansgar**

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

+49 3379 310 57 44  
[a.huels@huels-ingenieure.de](mailto:a.huels@huels-ingenieure.de)

### **Dr. Lippert Jörg**

BBU Verband Berlin-Brandenburgischer  
Wohnungsunternehmen  
Lentzeallee 107  
14195 Berlin, Deutschland  
+49 3089 781 154  
[joerg.lippert@bbu.de](mailto:joerg.lippert@bbu.de)

### **Dr. Ohnesorge Denny**

Landesbeirat Holz Berlin-Brandenburg e.V.  
Dorotheenstrasse 35  
10117 Berlin, Deutschland  
+49 3020 606 97 12  
[denny.ohnesorge@holzindustrie.de](mailto:denny.ohnesorge@holzindustrie.de)

### **Roswag-Klinge Eike**

NATURAL BUILDING LAB  
Strasse des 17. Juni 152  
10623 Berlin, Deutschland  
+49 3031 421 883  
[roswag-klinge@tu-berlin.de](mailto:roswag-klinge@tu-berlin.de)

### **Prof. Dr. Schmid Volker**

Technische Universität Berlin  
Strasse des 17. Juni 135  
10623 Berlin, Deutschland  
+49 3031 472 162  
[volker.schmid@tu-berlin.de](mailto:volker.schmid@tu-berlin.de)

### **Schubert Mike**

Landeshauptstadt Potsdam  
Friedrich-Ebert-Strasse 79/81  
14469 Potsdam, Deutschland  
+49 3312 891 008

### **Dr. Schütte Andreas**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)  
Hofplatz 1  
18276 Gülzow-Prüzen, Deutschland  
+49 3843 693 01 01  
[a.schuette@fnr.de](mailto:a.schuette@fnr.de)

### **Prof. Dr. Schwarz Ulrich**

Hochschule für nachhaltige  
Entwicklung Eberswalde  
Schicklerstrasse 5  
16225 Eberswalde, Deutschland  
+49 3334 657 374  
[ulrich.schwarz@hnee.de](mailto:ulrich.schwarz@hnee.de)

### **Prof. Dr. Simon Antje**

Fachhochschule Erfurt  
Altonaer Strasse 25  
99085 Erfurt, Deutschland  
+49 3616 70 00  
[antje.simon@fh-erfurt.de](mailto:antje.simon@fh-erfurt.de)

### **Prof. Winter Wolfgang**

Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13  
1040 Wien, Österreich  
+43 699 103 350 49  
[winter@iti.tuwien.ac.at](mailto:winter@iti.tuwien.ac.at)

## Referenten

### Apitz Sebastian

HOWOGE Wohnungsbaugesellschaft mbH  
Stefan-Heym-Platz 1  
10367 Berlin, Deutschland  
+49 3054 641 260  
sebastian.apitz@howoge.de

### Prof. Dr. Bolte Andreas

Thünen-Institut  
Alfred-Möller-Strasse 1  
16225 Eberswalde, Deutschland  
+49 3334 382 03 44  
andreas.bolte@thuenen.de

### Bombach Heidrun

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)  
Kolonnenstrasse 30b  
10829 Berlin, Deutschland  
+49 3078 730 426  
hbm@dibt.de

### Dohrn Uwe

B&O Bauholding GmbH  
Dietrich-Bonhoeffer-Strasse 14  
83043 Bad Aibling, Deutschland  
+49 152 568 952 10  
u.dohrn@bo-gruppe.de

### Prof. Dr. Eßig Natalie

Hochschule München  
Karlstrasse 6  
80333 München, Deutschland  
+49 8912 652 633  
natalie.essig@hm.edu

### Fornalczyk Izabela

B&O Bauholding GmbH  
Dietrich-Bonhoeffer-Strasse 14  
83043 Bad Aibling, Deutschland  
i.fornalczyk@bo-gruppe.de

### Götz Tobias

PIRMIN JUNG Deutschland GmbH  
Am Güterbahnhof 16  
53424 Remagen, Deutschland  
+49 2642 905 18 10  
tobias.goetz@pirminjung.de

### Gumpf Alexander

Gumpf & Maier GmbH  
Hauptstrasse 65  
86637 Binswangen, Deutschland  
+49 8272 998 50  
a.gumpf@gumpp-maier.de

### Günther Matthias

ISP Eduard Pestel Institut  
für Systemforschung e.V.  
Gretchenstrasse 7  
30161 Hannover, Deutschland  
+49 5119 909 40  
guenther@pestel-institut.de

### Hartmann Vera

Sauerbruch Hutton Gesellschaft  
von Architekten mbH  
Lehrter Strasse 57, Haus 2  
10557 Berlin, Deutschland  
+49 3039 782 10  
vh@sauerbruchhutton.com

### Prof. Kaden Tom

Kaden+ GmbH  
Alexanderstrasse 7  
10178 Berlin, Deutschland  
+49 3048 624 662  
info@kadenplus.de

### Prof. Dr. Kampmeier Björn

Hochschule Magdeburg-Stendal  
Breitscheidstrasse 2  
39114 Magdeburg, Deutschland  
+49 3918 864 967  
bjoern.kampmeier@hs-magdeburg.de

### Kaufmann Johannes

Johannes Kaufmann und Partner GmbH  
Sägerstrasse 6  
6850 Dornbirn, Österreich  
+43 5572 236 90  
j.kaufmann@jkundp.at

### Krabbe Peter

OBENAUF Generalunternehmung GmbH  
Rotensterngasse 14  
1020 Wien, Österreich  
+43 189 061 20  
peter.krabbe@obenauf.at

**Prof. Dr. Kruse Dirk**

Dehne, Kruse Brandschutzingenieure  
GmbH & Co. KG  
Gustav-Schwannecke-Strasse 13  
38518 Gifhorn, Deutschland  
+49 5371 687 50 28  
kruse@kd-brandschutz.de

**Langbehn Jonas**

PIRMIN JUNG Deutschland GmbH  
Am Güterbahnhof 16  
53424 Remagen, Deutschland  
+49 2642 905 91 25  
jonas.langbehn@pirminjung.de

**Langholz Thies**

Bundesanstalt für Immobilienaufgaben  
Ellerstrasse 56  
53119 Bonn, Deutschland  
+49 2283 778 734 48  
thies.langholz@bundesimmobilien.de

**Prof. Leukefeld Timo**

Timo Leukefeld GmbH  
Franz-Mehring-Platz 12d  
09599 Freiberg, Deutschland  
+49 3731 419 38 60  
post@timo-leukefeld.de

**Michelis Moritz**

W. u. J. Derix GmbH & Co.  
Dam 63  
41372 Niederkrüchten, Deutschland  
+49 4060 682 107  
m.michelis@derix.de

**Morkötter Dennis**

Planungsgesellschaft Dittrich mbH  
Leonrodstrasse 68  
80636 München, Deutschland  
+49 8913 011 80  
morkoetter@dittrich-pg.de

**Prof. Müller Andreas**

Berner Fachhochschule,  
Architektur, Holz und Bau  
Solothurnstrasse 102  
2504 Biel/Bienne, Schweiz  
+41 32 344 02 02  
andreas.mueller@bfh.ch

**Niemann Anne**

Technische Universität München  
Arcisstrasse 21  
80333 München, Deutschland  
+49 8928 923 881  
anne.niemann@tum.de

**Ass. Prof. Dr.-Ing. Ochs Fabian**

Universität Innsbruck  
Technikerstrasse 13  
6020 Innsbruck, Österreich  
+43 512 507 636 03  
fabian.ochs@uibk.ac.at

**Pischetsrieder Elise**

weberbrunner berlin GvA mbH  
Chausseestrasse 49  
10115 Berlin, Deutschland  
+49 3092 101 33 30  
elise.pischetsrieder@weberbrunner.de

**Pollerens Sylvia**

Holzforschung Austria  
Franz Grill-Strasse 7  
1030 Wien, Österreich  
+43 179 826 230  
s.polleres@holzforschung.at

**Rapposch Sebastian**

Kaden<sup>+</sup> GmbH  
Alexanderstrasse 7  
10178 Berlin, Deutschland  
+49 3048 624 662  
info@kadenplus.de

**Sack Gudrun**

Tegel Projekt GmbH  
Urban Tech Republic, Gebäude V,  
Flughafen Tegel 1  
13405 Berlin, Deutschland  
+49 3057 704 70 18  
sack@berlintxl.de

**Scharabi Farid**

Scharabi Architekten PartG mbB  
Fehrbelliner Strasse 91  
10119 Berlin, Deutschland  
+49 3061 629 892  
kontakt@scharabi.de

**Schröder Maximilian**  
Max-Haus GmbH  
Prendener Strasse 4  
16348 Marienwerder, Deutschland  
+49 3339 550 950  
[m.schroeder@max-holzbau.com](mailto:m.schroeder@max-holzbau.com)

**Seidel Oliver**  
baubüro in situ AG  
Dornacherstrasse 192  
4018 Basel, Schweiz  
+41 61 337 84 00  
[o.seidel@insitu.ch](mailto:o.seidel@insitu.ch)

**Prof. Dr. Spitzner Martin H.**  
Akademie der Hochschule Biberach  
Karlstrasse 6  
88400 Biberach, Deutschland  
+49 7351 582 351  
[spitzner@hochschule-bc.de](mailto:spitzner@hochschule-bc.de)

**Prof. Staab Volker**  
Staab Architekten GmbH  
Schlesische Strasse 27  
10997 Berlin, Deutschland  
+49 3061 791 40  
[koehler@staab-architekten.com](mailto:koehler@staab-architekten.com)

**Steuerwald Thomas**  
Ingénierie Bois  
1, rue du Marais  
67800 Bischheim, Frankreich  
+33 3 88 81 76 31  
[t.steuerwald@ingenieriebois.fr](mailto:t.steuerwald@ingenieriebois.fr)

**Viridén Karl**  
Viridén + Partner AG  
Zweierstrasse 35  
8004 Zürich, Schweiz  
+41 43 456 80 80  
[viriden@viriden-partner.ch](mailto:viriden@viriden-partner.ch)

**Waugh Andrew**  
Waugh Thistleton Architects Ltd.  
77 Leonard Street  
EC2A 4QS London, Grossbritanien  
+44 20 7613 5727  
[andrew@waughthistleton.com](mailto:andrew@waughthistleton.com)

**Wenderlein Melanie**  
hirner & riehl architekten  
und stadtplaner partg mbb  
Herzog-Heinrich-Strasse 20  
80336 München, Deutschland  
+49 8921 898 44 30  
[b.woehrle@hirnerundriehl.de](mailto:b.woehrle@hirnerundriehl.de)

**Dienstag 28. Juni 2022**

**Bauwirtschaft im Wandel**

# **Nachhaltig bauen – wir müssen umdenken**

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



# Nachhaltig bauen – wir müssen umdenken

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

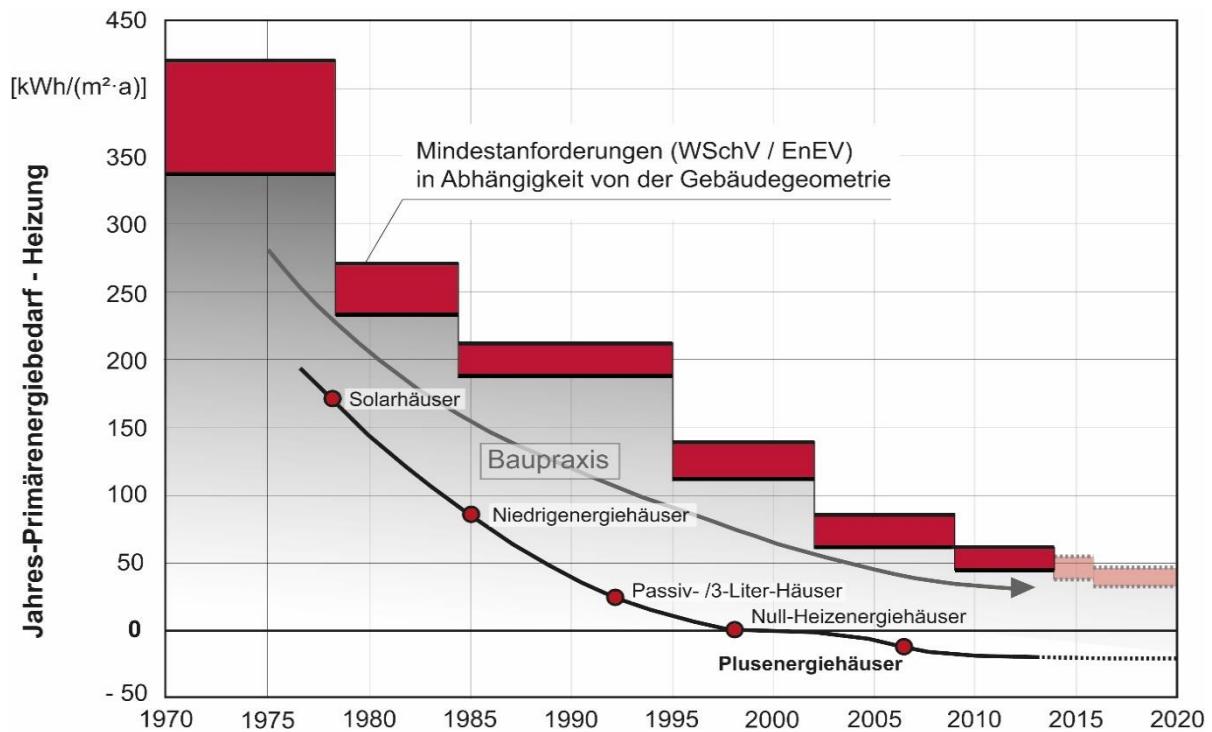


Abbildung 1: Entwicklung des energieeffizienten Bauens in Deutschland - Beispiel Wohngebäude

## 1. Gesellschaftlicher Wandel und Veränderung des Bausektors

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

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

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

zu agieren.

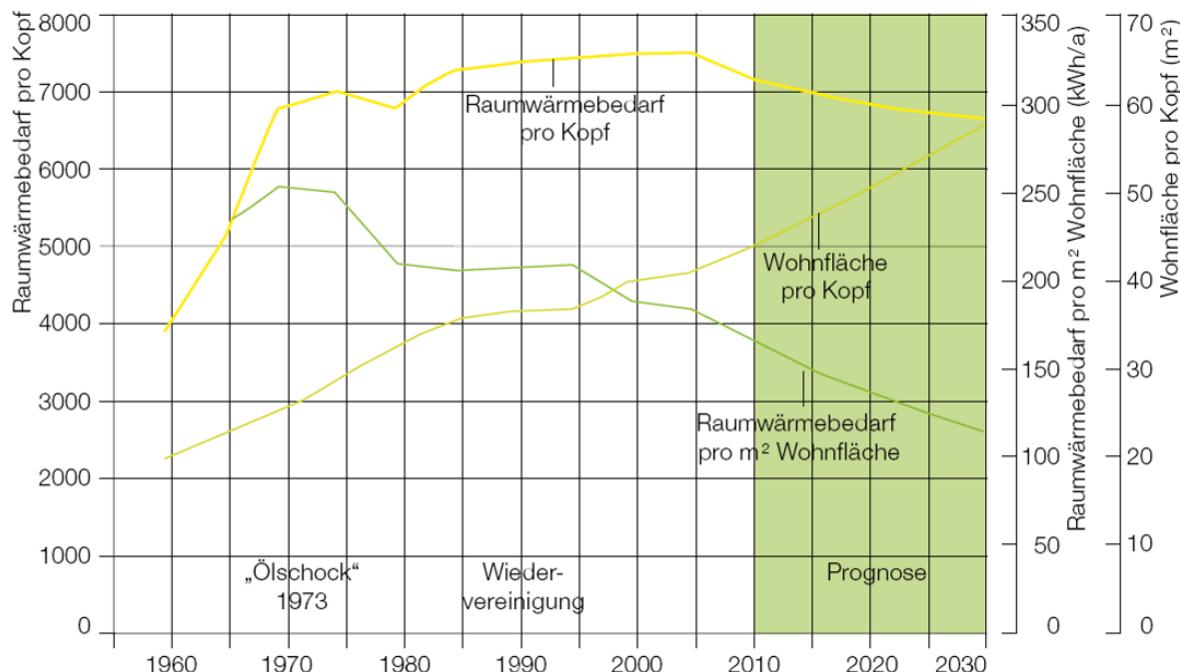


Abbildung 2: Korrelation zwischen Wohnfläche, Raumwärmeverbrauch pro Kopf und Raumwärmeverbrauch pro m² Wohnfläche

## 2. Kriterien für nachhaltiges Bauen

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

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

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

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

### **3. Nachhaltiges Bauen im Lebenszyklus**

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

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

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

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

#### Holzbauweise

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

#### Massivbauweise

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

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

## 4. Circular Economy

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

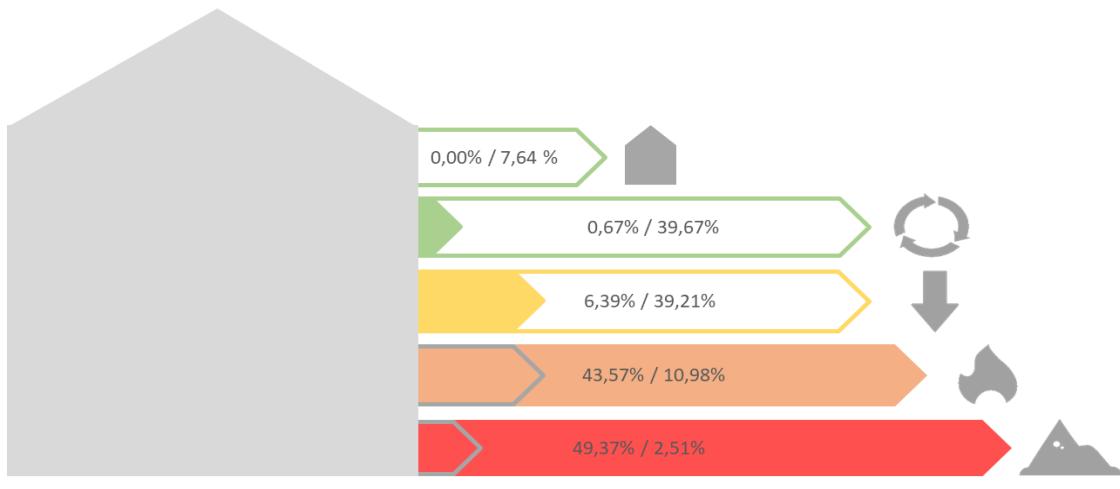
**Legende:**

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

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

## 5. Literatur

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

# **Vernetzte energieautarke Gebäude – das ist die Zukunft**

Timo Leukefeld  
Timo Leukefeld GmbH  
Universitätsstadt Freiberg/Sa., Deutschland



# Vernetzte energieautarke Gebäude – das ist die Zukunft

## 1. Wie werden wir in Zukunft wohnen?



Das Heizen der Sonne überlassen? Oder woher kommt die Energie, die wir zur Deckung unserer fundamentalen Grundbedürfnisse benötigen? Werden wir wieder am Lagerfeuer sitzen, um es warm zu haben? Oder lieber doch im Wohnzimmer – dann aber bei kühlen 17°C? Wohnen – ein Menschenrecht! Zusammen mit Mobilität sowie der Versorgung mit Wärme und Strom wirft das Thema brennende Fragen auf und trifft einen Nerv in uns.

Intelligente theoretische Konzepte gibt es genug. Bauherren, Investoren und Eigentümer haben Vorstellungen von dem, was sie haben wollen.

Aber: Wissen sie auch, was sie haben können?

Einfamilienhäuser, die für uns arbeiten. Mehrfamilienhäuser mit Energie-Flatrate – Mobilität inklusive. Modelle, mit denen Ideen zur Praxis werden und sich bewähren. So wird Wandel zur Chance.

## 2. Energieautarkie ist keine Utopie



Timo Leukefeld, Energiebotschafter (laut Bundesregierung) und (laut Presse) Energerebell, beantwortet in diesem Vortrag die Fragen: Ob und wie Gebäude vollständig ohne Anschlüsse an das öffentliche Energieversorgungssystem auskommen? Wie sinnvoll dies ist – und: Wie diese aussehen und konzipiert sein müssen, um sich energetisch selbst zu versorgen.

### 2.1. Intelligente Eigenversorgung mit Wärme, Strom und E-Mobilität aus der Sonne

Gebäude «von gestern» waren ausschließlich Energieverbraucher. Sie benötigten rundum Versorgung mit Wärme und Strom von außerhalb. Leukefelds vernetzte energieautarke Gebäude decken ihren Energiebedarf selbst. Sie bauen auf den kostenfreien und krisensicheren «Rohstoff Sonne» zur Eigenversorgung mit Strom, und Wärme; darüber hinaus stellen sie Energie für Elektromobilität bereit – mit einer Tankstelle direkt vor der Haustür. Ihre Bewohner machen sie so annähernd unabhängig von externen Versorgern und von Heizöl.

### 2.2. High Low-Tech

Bei all dem sind diese Gebäude «Technik-Minimalisten».

Statt Keller, Decken und Wände voll mit Heiztechnologie, wie Heizkessel, Wärmepumpen, Fußbodenheizungen oder Heizkörper, zentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, Warmwasserboiler, -leitungen und -zirkulation, BUS Systeme – NICHTS! Lediglich eine moderne Strahlungsheizung auf Infrarotbasis – das ist alles.

Bei dieser neuen Generation enttechnisierter, energieautarker Mehrfamilienhäuser sorgt eine effiziente Gebäudehülle mit viel Speichermasse für geringsten Heizwärmeverbrauch. Photovoltaik und Akkus ermöglichen einen Autarkiegrad von mehr als 60 Prozent. Dezentral, auf jeder Etage, wird Warmwasser elektrisch erwärmt, in unmittelbarer Nähe der Zapfstelle. Extrem kurze Wege sind die Folge.

Dieses Low-Tech-Konzept macht die Häuser wartungsarm. Und weil sie die restliche Energie von Ökostromanbietern beziehen, ist ihr Betrieb CO2 frei und damit extrem nachhaltig ist.

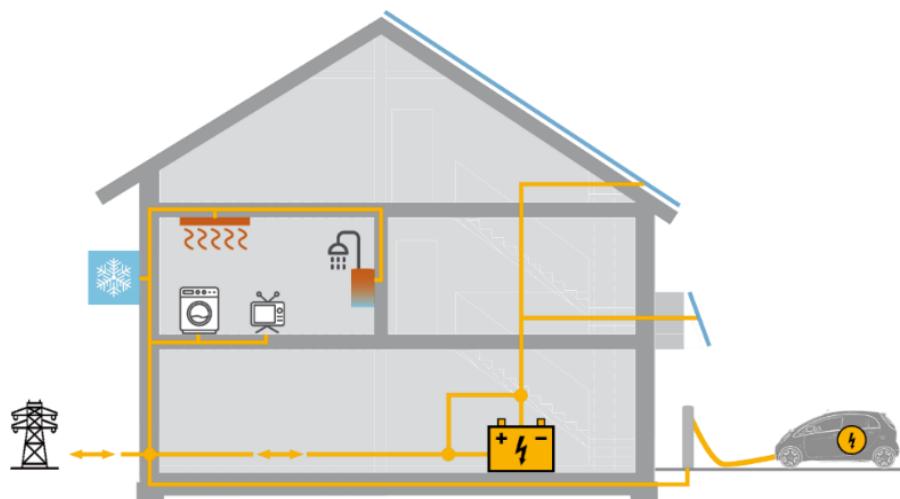


Abbildung1: Energieautark und Low-Tech – Neue Gebäude mit geringem Heizwärmebedarf ermöglichen eine komplett elektrische und gleichzeitig wartungsfreie Energieversorgung für Wärme, Warmwasser, Haushalt und E-Mobil.

### 3. Ökologisch und Nachhaltig – Wohn- und Geschäftsmodell mit Zukunft



Der Bau eines derart weitgehend «enttechnisierten» energie-autarken Gebäudes kostet unwe sentlich mehr als der eines herkömmlichen. Werden die zukünftigen Betriebskosten in die Investition einkalkuliert, entstehen völlig neuartige Miet- und Geschäftsmodelle.

Das nachhaltige Plus: Der Einsatz von Sonnenenergie und garantiert ökologischen Reststrom ermöglicht erstmals einen CO<sub>2</sub> freien Gebäudebetrieb.

#### 3.1. Pauschlamiete mit energie-Flatrate

Vermieter können feste Pauschalmieten für die Dauer von beispielsweise bis zu 10 Jahren anbieten, die neben dem Entgelt für das Wohnen die Kosten für Wärme, Strom und E-Mobilität als Flatrate enthalten. Die Attraktivität des Modells kann mit einem oder mehreren Elektromobilen als Gemeinschafts-Fahrzeuge noch erhöht werden.

Die Praxis zeigt, dass Vermietern mit diesem Modell eine größere Flexibilität bei der Kalkulation des Mietpreises zur Verfügung steht, die letztlich zu einer deutlich höheren Rendite führt. Die Mieteinnahmen liegen um ca. 2-3 Euro/qm höher als die orts-übliche Kaltmiete eines neu gebauten Mehrfamilienhauses.

Weitere Vorteile: Langfristige vertragliche Bindungen führen zu längeren Verweildauern in den Wohnungen. Stetiger Mieter-wechsel und der damit verbundene Aufwand für Verwaltung und Abrechnung entfällt.

Vorteile für Mieter: Das Modell kommt mit langfristig stabilen und damit kalkulierbaren Kosten den Bedürfnissen sowohl älterer Menschen mit niedrigen Renten als auch jüngeren mit Familie, entgegen. Permanente Vergleiche komplizierter Kostengefüge von Stromabietern entfallen ebenso wie der stete Blick auf die Tankuhr und «böse» Überraschungen im Zusammenhang mit Nebenkostenabrechnungen.

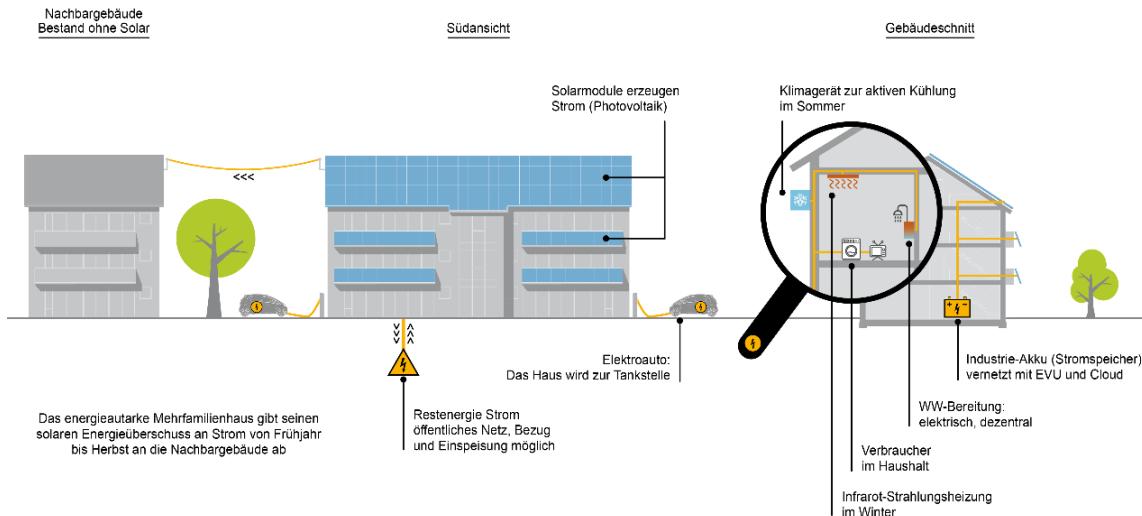


Abbildung 2: Prinzip der Energieautarkie, PV-Module auf Dächern, an Balkonbrüstung und Fassade. Elektrische Wärme- und Kälteversorgung durch wartungsfreie Infrarotheizung und Kühlung, sowie dezentrale Warmwasserbereitung. Das E-Auto gehört zum Gebäude – das Haus wird zur Tankstelle für die Mieter.

### 3.2. Ökologische Geldanlage, steuerfreie Altersvorsorge

Auch für Banken bietet dieses Modell interessante Geschäfts-möglichkeiten: Treten Finanzinstitute selbst Vermieter solcher energieautarken Gebäude auf, können sie ihren Anlegern über zehn Jahre hinweg eine feste, attraktive Rendite versprechen.

Für Eigentümer wie Selbstnutzer stellt die Investition in ein energieautarkes Gebäude eine weitreichende Möglichkeit der Altersvorsorge dar und sichert ein komfortables Leben. Anders als bei Investitionen in zu versteuernde Einnahmen, ermöglicht dieses Modell die Kosten für Energie auf einem niedrigen Niveau einzufrieren. Ein typisches Einfamilienhaus spart so etwa 3.000 Euro pro Jahr. Steuerfreie Einsparungen wirken sich zwei- bis dreifach rentabler auf die Kaufkraft aus, als die zu versteuernden Einnahmen, wie Einspeisevergütung oder Kapitalversicherung.

### 3.3. Moderner Dienstleister statt «Stoff»-Verkäufer

Dieses Modell erschließt auch Energieversorgungsunternehmen (EVU) neue Ertragsquellen und macht sie zum «Contractor». Als Dienstleister für Planung, Installation und Betrieb eines «Rundum-Sorglos-Pakets» liefert das EVU die gesamte

Energietechnik für das energieautarke Mehrfamilienhaus und stellt die Elektromobilität zur Verfügung.

Mit dem Vermieter vereinbart das EVU eine Energiepauschale. Darin ist der kalkulatorische Anteil der Energie festgeschrieben, die zugekauft werden muss: Deckt das Haus zum Beispiel 60 Prozent seines Bedarfs an Wärme und Strom selbst (aus der Sonne) bezieht es die fehlenden 40 Prozent aus dem Stromnetz des Energieversorgers. Durch günstige Eigenproduktion und geschickte Nutzung der dezentralen Speicher kann der Energieversorger den kostenträchtigen Anteil minimieren und den eigenen Gewinn erhöhen. Aufgrund ihrer Infrastruktur ist es Energieversorgern darüber hinaus möglich, die von dem Mehrfamilienhaus produzierten Überschüsse an Sonnenstrom an die Nachbarhäuser gewinnbringend zu verkaufen.

Gleichzeitig trägt dieses Modell zur Netzstabilisierung bei und dient so in dem Nutzen der Allgemeinheit: Die Gebäude speisen den erzeugten Strom ins öffentliche Stromnetz ein und stellen gleichzeitig ihre Energiespeicher den Versorgungsunternehmen zur Lagerung von Stromüberschüssen zur Verfügung. Dies gibt Versorgungsunternehmen die Möglichkeit, ihre Windkraftanlagen konstanter zu betreiben und damit den Anteil an erneuerbaren Energien zu erhöhen.

Investitionen in energieautarke Gebäude bieten Hauseigentümern, Wohnungswirtschaft, Energieversorgern und Finanzinstituten die Möglichkeit, sich jenseits staatlicher Subventionen aktiv in die allgemeine Versorgungslage einzubringen. Sie reduzieren schon heute die Kosten für den zukünftigen Energiebezug und sichern den Wohnkomfort für morgen.

## 4. Fazit



Wir benötigen ein umfassendes Energiekonzept, das die Themen Wärme, Strom, Mobilität, Speicherung und Rohstoffressourcen insgesamt berücksichtigt und aufeinander abstimmt.

Schrittweise erreichen wir so eine intelligente Eigenversorgung aus Energiequellen, die jedem zugänglich sind – bis hin zur Autarkie. Aus dieser Unabhängigkeit erwächst mehr Handlungsfähigkeit für die Bewohner einzelner Gebäude, für ganze Siedlungsquartiere, Städte und Regionen. Dies entspricht uns Menschen des 21. Jahrhunderts und spiegelt in besonderer Weise den Eintritt in ein Zeitalter des Verstehens von Gesamtkomplexität wider.

## 5. Ausgewählte Beispiele weitgehend solar versorger Gebäude



Abbildung 3: Erstes bezahlbares energieautarkes Eigenheim Europas als unbewohntes Musterhaus in Lehrte/Hannover von der HELMA Eigenheimbau AG Baujahr 2011. Es versorgt sich selbst mit Wärme, Strom und E-Mobilität: durch Solarthermie (mit Langzeitwärmespeicher), Photovoltaik (mit Akku) sowie etwas Biomasse. Primärenergiebedarf: 7 kWh/m<sup>2</sup>a.



### FAKten Solare Deckung

Strom 98 %  
Wärme 70 %  
E-Mobilität 85 %

**Solarthermie:** 46 m<sup>2</sup> mit 9 m<sup>3</sup> Langzeitwärmespeicher  
**Photovoltaik:** 8,4 kWp mit 58 kWh Akku

**Primärenergiebedarf:** 7 kWh/m<sup>2</sup>a  
**Stromverbrauch:** 2.100 kWh/a  
**Holzbedarf:** 2-3 rm/a

**Wohnfläche:** 161 m<sup>2</sup>

Quelle Messdaten:  
**TU Bergakademie Freiberg**

Abbildung 4: Die ersten beiden bewohnten energieautarken Einfamilienhäuser Europas in Freiberg/Sachsen, errichtet 2013 von der HELMA Eigenheimbau AG, Häuser, die zur Tankstelle werden Bis 2016: umfassende messtechnische Untersuchung durch die TU Bergakademie Freiberg. Diese bestätigt, dass die Berechnungen und Simulationen korrekt sind. Intelligente Eigenversorgung mit Wärme, Strom und Mobilität aus der Sonne.

- 6 Vernetzte energieautarke Gebäude – das ist die Zukunft | T. Leukefeld



Abbildung 5: VitalSonnenhausPro der Firma Bauhütte Leitl-Werke GmbH:  
Das erste energieautarke – und barrierefreie – Gebäude Österreichs,  
Baujahr 2016 in Schwerberg/Oberösterreich.  
Bildquelle: Boris Maier/Bauhütte Leitl-Werke



Abbildung 6: Als erste Bank Deutschlands baut die VR-Bank Altenburger Land eG 2016 in Schmölln ein vernetztes energieautarkes Haus.  
Es demonstriert eine neue Art der Altersvorsorge: die Investition in steuerfreie Einsparungen.  
Kosten für Wohnen, Wärme, Strom und E Mobilität entfallen im Alter nach Abzahlung des Hauses.  
Bildquelle: VR-Bank Altenburger Land eG



Abbildung 7: Gewerbeobjekt in Österreich. Aromacampus Baujahr 2016. In Lechaschau, Tirol;  
Auszeichnung: Holzbaupreis Tirol 2019  
Bildquelle: Holzbau Saurer Fotograf Müller



Abbildung 8: Energieautarkes Gewerbeobjekt mit Lagerhalle bei Freiburg. Baubeginn 2018

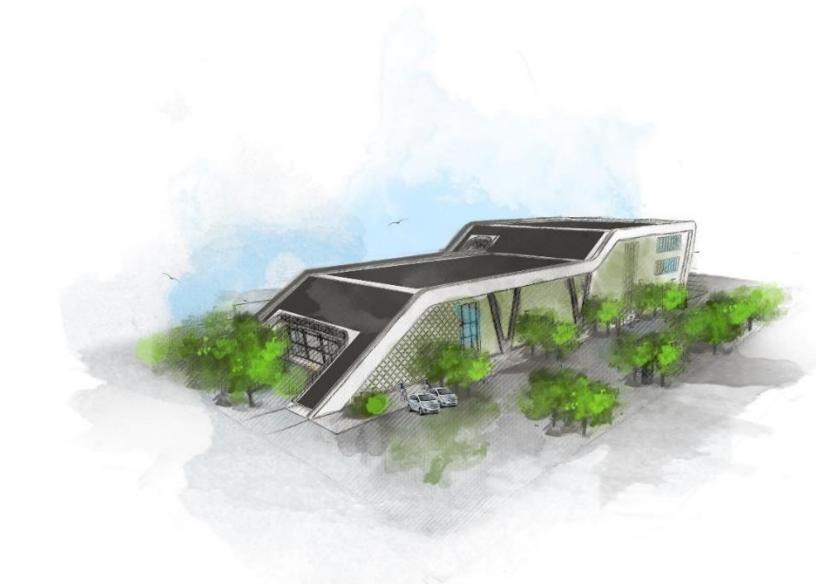


Abbildung 9: Energieautarkes Gewerbeobjekt in Köln. Baubeginn 2020



Abbildung 10: Energieautarkes Bürogebäude für 200 Mitarbeiter in Bamberg. Baubeginn 2020  
Bildquelle: Bayernwerk



Abbildung 11: Investition in Mehrfamilienhäuser: Die VR-Bank Ostalb eG Aalen investiert als erste Bank 2019 in zwei energieautarke Mehrfamilienhäuser mit je drei Wohneinheiten. Die Bank vermietet die Häuser mit Pauschalmiete und Energieflat; all inclusive: Wärme, Strom und E Mobilität.  
Bildquelle: VR-Bank Ostalb eG



Abbildung 12: Mieten mit Energieflat: 6 Wohneinheiten in einem energieautarken Mehrfamilienhaus in Wilhelmshaven, Fertigstellung 2018. Solartechnik auf dem Dach und an den Balkonen mit Energiespeicher erreichen etwa 70 Prozent solare Deckung des Strom- und Wärmebedarfs.  
Auch hier: Vermietet mit Pauschalmiete für 10 Jahre, die Wohnen, Wärme, Strom und E-Mobilität als Flatrate enthält.

Bildquelle: Wilhelmshavener Spar- und Baugesellschaft eG



Abbildung 13: Das Modell überzeugt. In Cottbus: Zwei vermietete energieautarke Mehrfamilienhäuser mit je 7 Wohneinheiten, Baujahr 2018. Eine solare Deckung zwischen 65 und 77 Prozent für Strom und Wärme. Auch hier mieten die Bewohner die Wohnungen im Rahmen einer Pauschalmiete, die Wohnen, Wärme und Strom als Flatrate enthält.



Abbildung 14: Zwei energieautarke Mehrfamilienhäuser in Cottbus. Quelle HELMA.  
Dieses Projekt wurde mit dem Deutschen Solarpreis 2018 geehrt. Quelle Eurosolar

## 6. Timo Leukefeld – Auf den Spuren der Nachhaltigkeit

### 6.1. Heute für die Zukunft leben

#### Vom sorgsamen Umgang mit Rohstoffen



**Was genau bedeutet eigentlich Nachhaltigkeit?** Und wie kam dieses Wort in aller Munde? Und auf die rund 34 Millionen von Google gefundenen Websites? Eins scheint klar: Bei den vielen Bäumen, die zu sehen sind, weist das Prinzip auf den Wald als Ursprung

**Hans Carl von Carlowitz**, Oberberghauptmann am kursächsischen Hof in Freiberg (Sachsen), forderte 1713 in seinem Werk «*Sylvicultura oeconomica*», die «continuirlich beständige und nachhaltende Nutzung» der Wälder. Seine Idee, nicht mehr Bäume zu schlagen als nachwachsen können, zog weite Kreise.

1972 stellte Dennis Meadows in seinem Schlüsselwerk «**Grenzen des Wachstums**» dem **Club of Rome** seinen Gedanken vor:

Das aktuelle, individuelle, lokale Handeln aller hat globale Auswirkungen. Diese entsprechen jedoch nicht dem Zeithorizont und Handlungsraum der Einzelnen. Das Buch sorgte weltweit für Aufsehen und schuf über Nacht ein breites öffentliches Bewusstsein für Umwelt- und Entwicklungsthemen.

Noch mussten jedoch 20 Jahre vergehen, bis der **Weltgipfel von Rio de Janeiro** 1992 erstmals weltweit das Recht auf nachhaltige Entwicklung deklariert. Die drei Säulen der Nachhaltigkeit stellen **Umweltgesichtspunkte** gleichberechtigt neben **soziale** und **wirtschaftliche Aspekte**. Die Erkenntnis setzt sich durch, dass wir zukünftig nur dann Ressourcen nutzen können, wenn wir sie nicht heute schon verbrauchen oder zerstören.

Es geht darum, der nachfolgenden Generation ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Gefüge zu hinterlassen – wobei das eine nicht ohne das andere zu haben ist.



Generationsübergreifend in guten Händen: Försterin Barbara Leukefeld und ihr Enkelsohn Leonardo. Bäume pflanzen – ein Handeln, gespeist aus Jahrhunderte altem Bewusstsein

## 7. Portrait



### Timo Leukefeld ist Denkwandler.

Die unterschiedlichsten Perspektiven bezieht er ebenso in seine Betrachtungen mit ein wie das, was er als «Zusammenhangswissen» bezeichnet. Dies, so Leukefeld, sei dem Menschen des 21sten Jahrhunderts angemessen, ja: etwas für uns Notwendiges. Wissbegier und diese sehr spezifische Art, weit über den Tellerrand hinaus zu blicken, machen ihn vom Autarkie-Sucher zum Autarkie-Finder.

Mit seinen theoretischen wie praktischen Ingenieur-Kenntnissen entwickelte er 2010 in einer Pionierleistung das erste bezahlbare und tatsächlich energieautarke Haus Europas. Es war der Grundstein für seine weiteren Entwicklungen: Fast vollständig ent-technisiert ist die neue Generation energieautarker Häuser in ihrem Betrieb tatsächlich CO<sub>2</sub> frei und ihrer Zeit um 30 Jahre voraus: Sie erfüllen bereits heute den von der Bundesregierung vorgesehenen Baustandard für 2050 und sind ein wesentlicher Schritt hin zu Leukefelds **Vision: vollständig CO<sub>2</sub> freies Wohnen.**

In ihrer Form als Mehrfamilienhäuser – enttechnisiert und energieautark – eröffnen sie darüber hinaus Hauseigentümern, Wohnungswirtschaft, Energieversorgern und Finanzinstituten neue lukrative und durchdachte Geschäftsmodelle. **Unter einem Dach verbinden sich in Leukefelds Entwicklungen: Ökologie, Ökonomie und Soziales.** Für den integralen Denker ist dies gelebte Nachhaltigkeit.

Der Vordenker und Visionär spannt den Bogen weit. Offenheit und Interesse an neuen Möglichkeiten, an Wandel und Lösungen sind der Motor seiner zahlreichen Projekte. Als Protagonist von TV-Serien reist der mehrfach ausgezeichnete Unternehmer, Dozent und Buchautor rund um die Welt, beleuchtet Versorgungsszenarien und räumt mit dem Vorurteil knapper Ressourcen auf.

Ihn interessieren Stoffkreisläufe und wie Megatrends zu lebenswerten Zukunftsprojekten werden.

Sein Grundsatz: Unser **Handeln an der Zukunft ausrichten** und aus Veränderungen Geschäftsmodelle formulieren.



Timo Leukefeld (3 Jahre)  
hier mit seiner Mutter,  
Revierförsterin  
Barbara Leukefeld.

Aufgewachsen im Wald, der Wiege der Nachhaltigkeit, pflanzte er – allerdings erst ein paar Jahre später – eigenhändig mehr als tausend Bäume.

**Block A1**  
**Bauten für Bildung und Erziehung**

# **Tragwerke für Bildungsbauten – ein Planungsziel mit vielen Anforderungen**

Dennis Morkötter  
Planungsgesellschaft Dittrich mbH  
München, Deutschland



# Tragwerke für Bildungsbauten – ein Planungsziel mit vielen Anforderungen

## 1. Einführung

Bei jedem Bauvorhaben steht am Anfang die Frage nach dem Planungsziel und den Anforderungen. Diese sind gerade bei Bildungsbauten sehr komplex. Sie dienen heute nicht mehr als reine Bildungsstätten, sondern sind als Lebensort zu gestalten. Die besondere Herausforderung beim Entwerfen von modernen Bildungsbauten liegt daher in der gemeinsamen Betrachtung von pädagogischen, ästhetischen, funktionalen und ökonomischen Überlegungen.

Für uns als Planer sollte das Wohlbefinden der Nutzer einer Bildungsstätte an oberster Stelle stehen: den Kindern sowie den pädagogischen und nicht pädagogischen Mitarbeitern. Um den Kindern einen optimalen Entwicklungsräum zu bieten, ist eine gute Atmosphäre erforderlich. Kindertagesstätten oder Schulen müssen behagliche und sichere Orte sein, zu denen sie gerne gehen und sich aufzuhalten. Kindergärten und Schulen verfügen auch immer über einen großen Veranstaltungsräum. Häufig bildet dieser Raum den zentralen Punkt - das Herz des Gebäudes.

Weitere funktionale Anforderungen an das Gebäude fordern Bauherr und Träger: für sie sind die Langlebigkeit sowie die zukünftige Nutzungsflexibilität und damit einhergehend die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes wesentliche Faktoren bei der Planung und Ausführung. Ein nachhaltiges Raumkonzept, die Bauzeit bzw. ein zügiger Baufortschritt sind Teil dieses Aspekts.

Gleichzeitig müssen eine Reihe von Vorschriften und Normen bei der Planung von Bildungsbauten berücksichtigt werden. Ein wesentlicher Punkt hierbei ist ein intuitiv funktionierender Brandschutz. Mit Hinblick auf die ökologische Nachhaltigkeit wird zunehmend mehr Wert auf Technik und Raumklima gelegt. Dies betrifft Vorschriften zum CO<sub>2</sub>-Gehalt und der Raumtemperatur, die in der Regel nur über aufwendige Lüftungsanlagen eingehalten werden können.

Allen diesen Anforderungen ist bei der Planung von Bildungsbauten Rechnung zu tragen. Vielleicht ist nicht immer auf den ersten Blick klar, inwieweit das Tragwerk auf sie Einfluss nimmt. Im Folgenden soll daher aufgezeigt werden, dass das Tragwerk gerade im Holzbau bei der Erfüllung dieser vielfältigen Planungsanforderungen einen durchaus großen Beitrag zum Gelingen eines Projektes leistet.

## 2. Vorschriften und Normen

### 2.1. Installationen und Lüftung

In Bildungsgebäuden muss häufig ein bestimmter Luftwechsel eingehalten werden. Das kann bis zu 35 m<sup>3</sup>/h/Person sein, was nur durch eine sehr große Lüftungsanlage gewährleistet werden kann. Diese Anlagen müssen in einem dafür vorgesehenen Technikraum untergebracht werden, gleichzeitig sind die Aufenthaltsräume an diese Anlage anzuschließen. Die entsprechende Leitungsführung, die also sehr viel Platz im Gebäude einnimmt, muss frühzeitig statisch in der Konstruktion berücksichtigt werden.

Dafür gibt es verschiedene Konzepte. Die klassische Variante ist das Unterbringen der Lüftungsleitungen in den Schrankzonen der Gruppen- oder Klassenräume. Dazu werden die Zuleitungen in bestimmten Steigzonen in die Geschosse geführt und in der Schrankzone verteilt. Weitere Installationen können im Bereich der Abhangdecke verzogen werden.

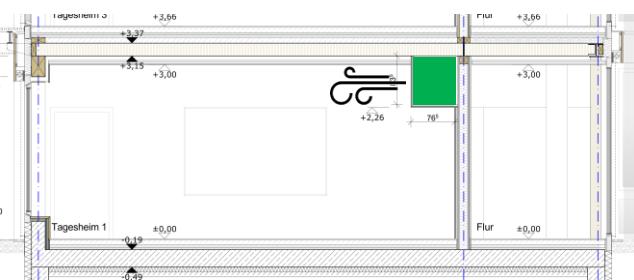


Abbildung 1: Lüftungsinstallation in der Schrankzone – Grundschule Pullach

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Leitungen über dem Flur zu verteilen. Bei der Planung einer Grundschule in Oberding wurde über den Klassenräumen eine Holz-Beton-Verbunddecke gespannt. Im Bereich des Flures wurde das unterseitige Holz weggelassen und nur die Betonschicht spannte über den schmalen Flur. Dadurch wurde im Flurbereich eine größere lichte Rohbauhöhe erreicht, die für den Leitungsverzug genutzt werden konnte. Ein weiterer Vorteil dieser Konstruktion war, dass durch Schlitze längs zur Spannrichtung die Lüftung in der Ebene des Holzes in die Klassenräume eingebbracht werden konnte. Durch die Wahl dieser Konstruktion konnte Platz in der Schrankzone und der Abhangdecke geschaffen werden, so dass die Geschoss Höhen geringer als bei anderen Schulgebäuden waren. Für den Bauherrn wurde somit eine wirtschaftliche Konstruktion realisiert, da Gebäudehöhe und somit Material eingespart werden konnte.

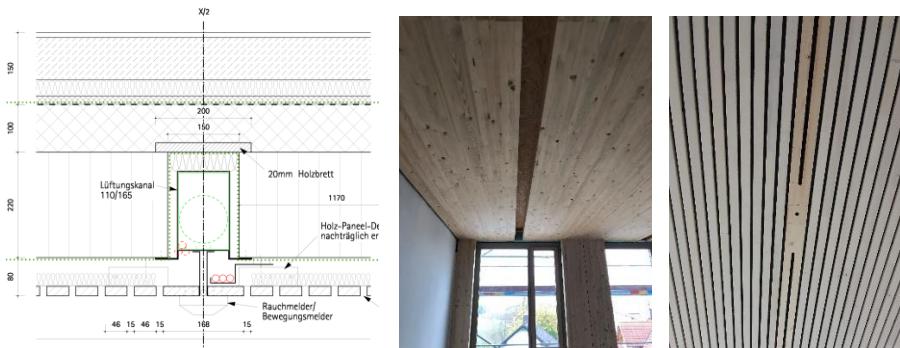


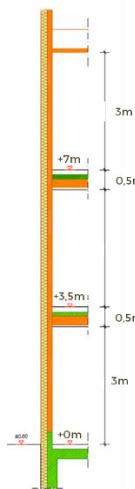
Abbildung 2: Lüftungsleitung in Ebene der Holz-Beton-Verbunddecke – Grundschule Oberding

Eine dritte Variante zur Lösung des Leitungsverzug ist das Berücksichtigen einer Installationszone. Gerade beim Passivhausstandard sind weitere Anforderungen vorhanden, die den Installationsgrad erhöhen. Beim Neubau eines Grünen Zentrum in Kaufbeuren wurde auf folgende Lösung zurückgegriffen: zwischen dem Flur und den Klassenräumen wurde eine Zone geschaffen, in der die einzelnen Klassenräume flexibel angefahren werden konnten, ohne dass das Tragwerk dadurch beeinflusst wurde.



Abbildung 3: Installationszone zwischen Flur und Klassenraum – Grünes Zentrum Kaufbeuren

## 2.2. Brandschutz



Der Brandschutz korreliert bei Schulgebäuden, wie auch bei allen anderen Gebäuden, eng mit der Gebäudeklasse. Sobald ein Gebäude in die Gebäudeklasse 5 eingeordnet wird, bedeutet dies für den Holzbau erhöhte Brandschutzanforderungen, wie z.B. die Feuerwiderstandsdauer. Bei Gebäuden mit drei Hochbaugeschosse sollte deshalb schon zu Beginn der Planung geprüft werden, ob die Einhaltung der Gebäudeklasse 3 erreicht werden kann. Allerdings stehen dann bei einer erforderlichen lichten Raumhöhe von 3m nur noch 50cm für die gesamte Deckenkonstruktion zur Verfügung. Durch die Entwicklung eines Deckentragwerks, das mehrere Funktionen erfüllt, ist diese Aufgabe jedoch gut lösbar.

Sollte die Gebäudeklasse 5 nicht vermeidbar sein, ist eine Konstruktion zu finden, die den F90-B Anforderungen genügt. Häufig wird in so einem Fall auf eine Massivholzbauweise mit Holz-Beton-Verbunddecken zurückgegriffen. Die Holzbauteile werden dabei auf Abbrand berechnet, um damit eine Standsicherheit über 90 min nachgewiesen zu können.

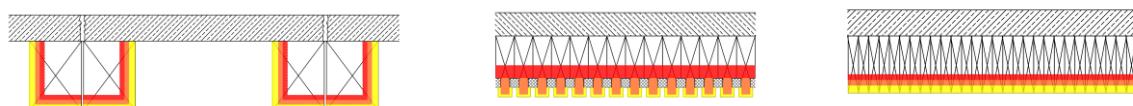


Abbildung 4: Abbrandebenen bei verschiedenen Holz-Beton-Verbunddecken

## 3. Anforderungen seitens des Bauherrn / Trägers

### 3.1. Lernhaus/Spielflure und Brandschutz

Die heutigen Bildungsbauten verfügen in der Regel nicht mehr über die klassischen Anordnungen von Klassenzimmern rechts und links von Fluren. In Kindertagesstätten sind aktuell Spielflure gewünscht, in Grundschulen wird häufig das Lernhauskonzept umgesetzt. Das Lernhauskonzept bedeutet ein offenes Lernen in möglichst flexibel gestalteten Räumen. Damit bei beiden Konzepten der Brandschutz gewährleistet ist, werden häufig umlaufende Fluchtbalkone an den Gebäuden geplant. Deren Vorteil besteht darin, dass die Kinder und ihre Betreuer direkt aus dem Raum ins Freie gelangen und dort in beide Richtungen fliehen können. Es ist nicht mehr notwendig, lange Strecken durch das Gebäude zurück zu legen.



Eine attraktive Alternative stellt deshalb die abgehängte Fluchtbalkon-Variante dar. Dabei können die Balkonplatten an der Fassade über Konsolen thermisch entkoppelt auf den Außenwänden angelegt werden und von außen über Zugstäbe an die Dachkonstruktion hochgehängt werden. Statisch gesehen verursacht diese gängige Variante keinen großen Aufwand und ermöglicht den Gebäudenutzern einen freien erdgeschossigen Ausgang.



Abbildung 6: Abgehängte Balkonkonstruktion – Grundschule Pullach

### 3.2. Elementierung / Vorfertigung

Auch bei Bildungsbauten ist Zeit oft ein entscheidender Faktor bei der Planung und Ausführung. Vor allem bei Erweiterungsbauten im laufenden Betrieb ist ein möglichst kurzer Bauablauf wünschenswert. Bereits zu Beginn der Planung sollte deshalb eine elementierbare Konstruktion gewählt werden, die einen hohen Vorfertigungsgrad ermöglicht. Dafür empfiehlt sich bereits im frühen Planungsstadium ein Raster in den Grundriss aufzunehmen. Bei der Findung des Rasters sollte auf Größen der Materialien geachtet und die Transportmöglichkeiten sowie die Tarnsportwege der Elemente berücksichtigt werden. Ein bewährtes Holzbauraster besteht aus einem Vielfachen von 62,5cm, das aus dem Holzrahmenbau bekannt ist. Auf dieser Basis kann gut ein Grundriss für Holzgebäude aufgebaut werden. Bei den Transportgrößen ist darauf zu achten, dass Elementhöhen von maximal 3,8m nicht überschritten werden.

Auch der Wiederholungsfaktor einzelner Elemente z.B. bei der Deckenkonstruktion, beeinflusst die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes signifikant. Gleichzeitig lässt sich in der Vorfertigung ein sehr hoher Qualitätsstandard schaffen, da nicht erst auf der Baustelle sondern bereits in der Fertigungshalle passgenau vormontiert wird.

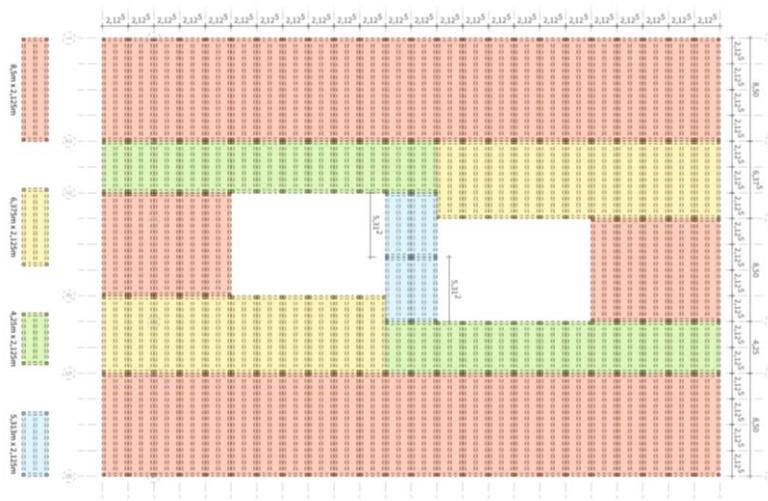


Abbildung 7: Übersichtsplan Deckenelemente – Bildungszentrum West Ludwigsburg

### 3.3. Wirtschaftlichkeit

Als Tragwerksplaner schulden wir dem Bauherrn die Entwicklung einer möglichst wirtschaftlichen Tragkonstruktion. Dafür bieten sich die Variantenbetrachtungen in der Leistungsphase 2, der Vorplanung, an, in der Einzelaspekte verschiedener Tragwerkslösungen miteinander verglichen werden. Durch ihren Flächenanteil am Gesamtgebäude, stellt die Deckenkonstruktion einen entscheidenden Kostenfaktor dar. Gerade in Bildungsbauten sind große Spannweiten über die Klassen- und Gruppenräume gewünscht, um die 60 – 70m<sup>2</sup> großen Räume zu ermöglichen. Grundsätzlich bieten sich hier im Holzbau drei Varianten an: die Massivholzdecke, die Holz-Beton-Verbunddecke oder die Spannbeton-Verbunddecke. Jede dieser Varianten hat verschiedene Stärken, die je nach Grundriss miteinander verglichen und dem Bauherrn als Entscheidungsvorlage vorgelegt werden.

In den meisten Fällen stellt sich heraus, dass die Holz-Beton-Verbunddecke die geeignete Deckenvariante darstellt. Sie bietet den Vorteil, dass die beiden Materialien in ihren jeweiligen Stärken beansprucht werden, Holz auf Zug und Beton auf Druck.

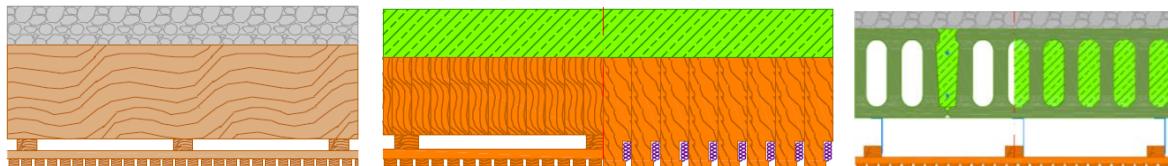


Abbildung 8: mögliche Deckenvarianten – Massivholz, Holz-Beton-Verbund, Spannbeton

Eine weitere Aufgabenstellung im Bildungsbereich besteht in der Sanierung und auch häufig der Aufstockung von Bestandsschulen. Dabei wird auf die bestehende Bausubstanz zurückgegriffen und neue Fassaden zur energetischen Ertüchtigung geplant. Auch dafür ist der Holzbau sehr gut geeignet, da durch den hohen Vorfertigungsgrad von Holzfassaden das Gebäude sehr schnell wieder dicht zu bekommen ist und die Sanierungszeit deutlich verkürzt werden kann. Auch durch ihr Eigengewicht ist eine Holzkonstruktion bevorzugt bei der Fassadensanierung einsetzbar; da alte Fassaden oftmals aus schweren Stahlbetonbauteilen gebaut (errichtet?) wurden, können dieselben Konsolen am Bestand für die Auflagerung meist wiederverwendet werden.



Abbildung 9: Sanierung Gymnasium Weilheim

Oftmals werden Kindertagesstätten oder Schulen auch erweitert. Durch die schnelle Bauzeit ist der Holzbau hier klar im Vorteil: der für die Holzbauweise typische, hohe Vorfertigungsgrad, verkürzt die Bauzeit auf der Baustelle enorm (doppelt so schnell). Ein weiterer nicht unwesentlicher Aspekt ist die geringere Lärm- und Schmutzemissionen für die Nutzer des Bestandsgebäudes. Die Beeinträchtigung auf dem Kindergarten- oder Schulgelände ist dementsprechend gering.

### 3.4. Flexibilität

Mit Hinblick auf die Lebenszykluskosten und der Nachhaltigkeit wünschen sich Bauherren eine möglichst hohe Flexibilität der Grundrisse, sodass auf Änderungen des (pädagogischen) Konzepts oder sogar der Nutzung zügig und mit geringem Aufwand reagiert werden kann. Das Tragkonzept sollte deshalb mit möglichst wenig tragenden Innenwänden auskommen. Dafür sind Konstruktionen mit großen Spannweiten erforderlich. Außerdem muss das Aussteifungskonzept so gestaltet werden, dass die Innenwände nicht zur Aussteifung herangezogen werden.

## 4. Nutzeranforderungen (Kinder / Betreuer)

Um ökologischen, ökonomischen aber vor allem den sozialen Anforderungen an ein Gebäude gerecht zu werden, ist eine nutzerorientierte Planung entscheidend. Für Kinder sind Bildungsbauten wichtige Orte, an denen sie viele prägende Lebensjahre verbringen. Bei der Planung dieser Gebäude können wir mit einem ästhetischen Entwurf und dem Einsatz geeigneter Materialien dazu beitragen, für Kinder und deren Betreuer ein modernes Lern- und Arbeitsumfeld zu schaffen, in dem sich Kinder optimal entwickeln und betreut werden können. Dazu gehört auch, die Nutzerzufriedenheit während der Lebensdauer des Gebäudes immer wieder abzufragen, um als Planungsteam daraus die entsprechenden Lehren für die Zukunft zu ziehen.

### 4.1. Akustik (Behaglichkeit)

Wand- und Deckenoberflächen bilden einen entscheidenden Faktor bei der ästhetischen Raumgestaltung. Gleichzeitig ist der Raumakustik Rechnung zu tragen und die Anzahl der regelmäßigen Nutzer pro Raum zu berücksichtigen.

Auch die Raumakustik stellt im Holzbau einen Planungsaspekt dar, der in der Tragwerksplanung bereits frühzeitig betrachtet werden sollte. Eine weit verbreitete Variante besteht darin, mit abgehängten Decken zu arbeiten. Die dafür benötigte Raumhöhe muss jedoch berücksichtigt bzw. erst geschaffen werden.

Beim Projekt der Grundschule in Odelzhausen ist es gelungen, eine Holz-Beton-Verbunddecke zu realisieren, in der die akustischen Maßnahmen bereits integriert waren. Dabei kamen Brettstapelelemente mit eingefrästen Akustikprofilen zum Einsatz. Neben der Standsicherheit erfüllt die tragende Decke damit gleichzeitig auch die Anforderung an die Akustik.

- 8 | Tragwerke für Bildungsbauten – ein Planungsziel mit vielen Anforderungen | D. Morkötter



Abbildung 10: Bauteile mit integrierter Akustik – Grundschule Odelzhausen

## 4.2. Orte der Zusammenkunft (Aula / Mensa)

Zu jeder Einrichtung für Kinderbetreuung gehört ein Bereich zur Zusammenkunft. Der architektonische Entwurf sieht meistens eine Mensa oder Aula im Erdgeschoss vor. Von der Grundrissgestaltung weicht dieser Bereich daher deutlich von den darüber liegenden Regelgeschossen ab. Eine wesentliche Aufgabe des Tragwerksplaners besteht darin, diesen großen Versammlungsort möglichst stützenfrei auszubilden. Bei vielen Entwürfen bietet es sich an, die Lasten nach oben in die Dachkonstruktion zu hängen. Dazu wird die Decke über Erdgeschoss über Zugstäbe an Träger in der Dachebene gehangen und die Lasten an zentralen Punkten wieder vertikal nach unten geführt.

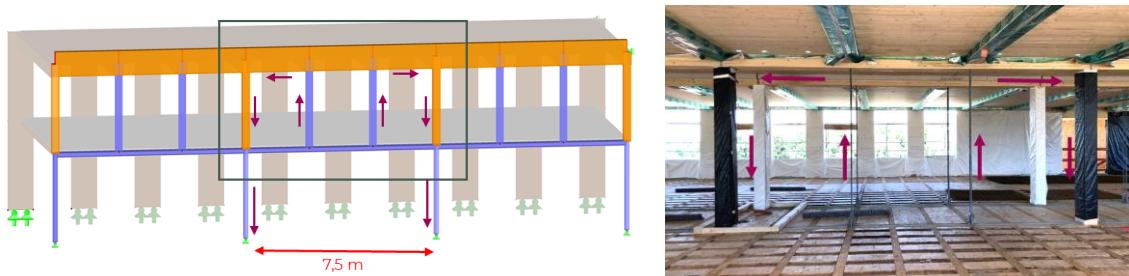


Abbildung 11: Statisches System Hochhängung Decke über EG – Grundschule Oberding

Im Hinblick auf Funktionalität, Materialeinsatz und Wirtschaftlichkeit ist ein reiner Holzbau im Erdgeschoss von Schulgebäuden nicht immer die erste Wahl. Die Hybridbauweise stellt dazu eine gute Alternative dar: Das Erdgeschoss wird aus Stahlbeton hergestellt, der die hohen Lasten aus den oberen Geschossen mittels Unterzüge oder Verbundträger abfangen kann. Die Regelgeschosse mit den Klassen- bzw. Gruppenräumen darüber werden in Holzbauweise ausgeführt. Durch die leichte Holzbauweise können die Träger im Erdgeschoss sehr schlank ausgebildet werden. Somit entsteht ein wirtschaftliches, ästhetisch und ökologisch wertvolles Gebäude.

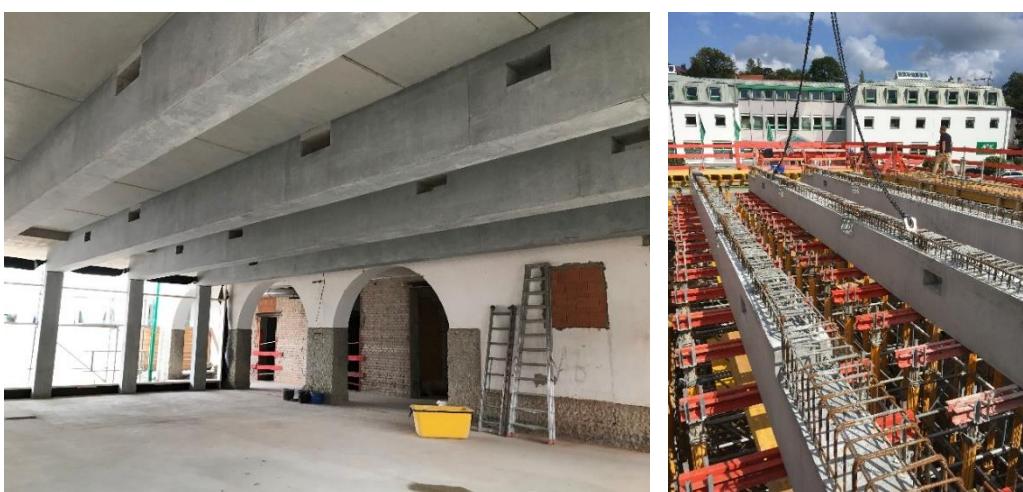


Abbildung 12: Verbundträger zur Abfangung Obergeschosse in Holzbau – Erweiterung Grundschule Bad Tölz

# Holzbau bildet

Melanie Wenderlein  
hirner & riehl architekten stadtplaner bda part mbB  
München, Deutschland



Foto: Gila Sonderwald

## Holzbau bildet



Die Bildung ist das höchste Gut, das wir unseren Kindern bieten können. Bildungsbauten beschäftigen unser Büro schon seit über 20 Jahren. Dazu zählen mittlerweile über 20 Kindertagesstätten, Grundschulen und Gymnasien, Berufsschulen und Erwachsenenbildungsstätten. Dabei steht immer der Bezug zum Ort sowie die Nutzer unserer Gebäude mit ihren besonderen Bedürfnissen im Mittelpunkt.

Unser Credo ist bei all unseren Bauaufgaben möglichst «einfach» zu bauen. Dieser Anspruch kollidiert leider zunehmend mit den immer höher werdenden Ansprüchen und regulativen Vorgaben beispielsweise zur Arbeitssicherheit, zum Thema Schallschutz oder zur technischen Gebäudeausstattung. Um trotzdem unseren Zielen als Architekten treu zu bleiben, ringen wir bei jedem Projekt aufs Neue mit Nutzern, Planungskollegen und den Vorgaben des Brandschutzes um pragmatische, nutzungsorientierte, «einfache» Lösungen: Form follows function- nur so können nachhaltige Lösungen entstehen, die mit vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand und möglichst materialgerecht umzusetzen sind. Holz ist dabei für uns seit über 20 Jahren «Lehrmeister»- Holzbau bildet -in vielfacher Hinsicht!



Kinderhaus in Erding, Eingangshalle; Foto: Julia Schambeck

Dass Lernen in «hölzernen» Bildungseinrichtungen aufgrund der mannigfachen guten Materialeigenschaften gut funktioniert ist bekannt, aber was kann der Holzbau an sich, außer dem ganz besonderen Wohlgefühl vermitteln? Wir sind überzeugt, dass das Gebäude, dass die Wirkung der Innenräume die Kinder «mit erziehen» und ihren Blick auf Gestaltung und deren Wertschätzung schärfen. «Räume prägen Menschen – Menschen prägen Räume» (Baukultur braucht Bildung, Reiner Nagel, Vorstandsvorsitzender Bundesstiftung Baukultur) Und das «Geprägt-Werden» und Prägen beginnt schon bei den Kindern.

Und hier sehen wir unsere Bildungsaufgabe als Architekten. Um das Holzhaus für die Nutzer als solches erfahrbar zu machen, ist unser Ansatz, die Holzoberflächen und die Tektonik im Inneren der Gebäude zu zeigen, was schon sehr früh im Planungsprozess Tragwerksplanung und Innenraumgestaltung eng miteinander verzahnt. Auf diese Weise können sich die Häuser in ihrer Konstruktion selbst erklären. Wie ein Gebäude gebaut/gefügt ist wird erfahrbar und ablesbar, die Grundlagen der Architektur werden sichtbar. Dies erklären wir unseren Nutzern auch bei Baustellenführungen zur Architekturvermittlung: es ist uns wichtig, dass wir Kinder im Verstehen ihrer Umgebung unterstützen, dass sie die Architektur ihrer Umgebung «begreifen» können.

## 1. Bildungsbauten: drei gebaute Beispiele

### 1.1. Grundschule in Langenpreising/eine Dorfschule im «Lernhauskonzept»



Grundschule in Langenpreising, Haupteingang; Foto: Julia Schambeck

Die Grundschule Langenpreising entstand in Holzmassivbauweise, als zeitgemäße Interpretation des Gebäudetypus einer traditionellen Dorfschule und wurde in Anlehnung an das Münchener Lernhauskonzept entwickelt. Das bedeutet, dass architektonisch, pädagogisch und schulorganisatorisch die Möglichkeit für die Umsetzung des rhythmisierten Ganztags und der Inklusion geschaffen wird: Schüler aller Klassenstufen lernen in sogenannten «Clustern», die aus mehreren Klassenzimmern und Räumen für die ganztägige Betreuung oder Differenzierung bestehen. Diese Räume gruppieren sich um den sogenannten «Marktplatz», der die Mitte des jeweiligen Clusters bildet. Dieses Zentrum soll viele Möglichkeiten für Individualisierung, Gruppenarbeiten und Präsentationen bieten oder einfach für Pausen und Entspannung genutzt werden. Unter dem Dach gibt es das «Nest» als Rückzugsbereich der Kinder, zum Ausruhen oder Lesen.

Konstruiert ist die Schule mit Brettsperrholzwänden, deren Holzoberflächen in den Räumen sichtbar sind. Die tragende Dachkonstruktion bilden Brettstapeldecken mit raumseitiger Akustiknutzung, ebenso die Geschoßdecken, welche mit Aufbeton als Verbunddecken ausgeführt wurden.

Die Fassade der Schule ist eine Interpretation der gängigen Boden/Deckelschalung. Um eine höhere Plastizität zu erreichen haben wir die Deckel aus tiefen, hochkant stehenden Holz-Rippen ausgebildet. Diese Rippen sind naturbelassen in Weißtanne, während die Bodenschalung einen Verlauf in unterschiedlichen Farben trägt, der, je nach Ansichtswinkel wahrnehmbar ist oder von den Deckleisten überlagert wird.



Grundschule Langenpreising, Klassenzimmer mit raumhaltigem Dach; Foto: Julia Schambeck

## 1.2. Kinder-«Hofhaus» bei Ingolstadt



Kinder «Hofhaus» bei Ingolstadt/Baustellenfoto Philipp Wenderlein

In Grossmehring bei Ingolstadt entsteht am Ortsrand unser erstes Kinder-«Hofhaus». Acht Gruppen mit Kindern von 0–7 Jahren werden hier gemeinsam spielen. Der entstehende Spielhof schafft «gebaute Geborgenheit», eine Qualität, die besonders für die Kleinsten ideal ist. Großzügig ist die 160m<sup>2</sup> grosse «Kindermensa» im EG. Hier können gruppenübergreifend alle Kinder essen und an den beiden Kinderküchen auch selbst etwas zubereiten. Direkt am Innenhof gelegen bietet die Mensa nicht nur Platz für alle Kinder, sondern zusammen mit dem «zuschaltbaren» Innenhof auch großes Potential für «rauschende» Feste.

Zentraler Gedanke ist auch in diesem Kinderhaus eine räumlich differenzierte Spiel- und Bewegungslandschaft zu schaffen. Am Innenhof liegen alle «öffentlichen» Bereiche wie, Mensa, Wartebereiche und die Spielflure, räumlich gegliedert durch Vor- und Rücksprünge, was «Spielinseln» entstehen lässt. Im «Rundlauf» rings um den Innenhof können sich alle Altersgruppen begegnen. Fenster in den Flurwänden schaffen Ein- und Ausblicke zwischen den Gruppenräumen und zu den Spielfluren bis in den Innenhof hinein.

Bis auf die Treppenhauskerne ist das Gebäude komplett in Massivholzbauweise konstruiert, d.h. Brettspernholz für Wände, Decken und Dach. Es ist eine reine Holzkonstruktion, ohne Stahl- stattdessen überspannen beispielsweise fast 9m lange Unterzüge in Baubuche den stützenfreien Essbereich. Um in den Räumen eine gleichmäßige Holzmaserung zu zeigen, sind auch die Stürze der großen Fensteröffnungen ebenfalls aus Brettspernholz-Elementen geplant, welche mit inneren Fremdfederverbindungen an den angrenzenden Wandscheiben befestigt sind.



Kinder «Hofhaus» bei Ingolstadt, Gruppenraum mit Spielgalerie; Foto: Sebastian Schels

### **1.3. Seminargebäude mit Kindergarten, Haus St. Wunibald, Kloster Plankstetten**



Seminargebäude Haus St. Wunibald, Zugang Kindergarten; Foto: Sebastian Schels

Im Frühjahr diesen Jahres wurde im Kloster Plankstetten das Seminargebäude «Haus St. Wunibald» eröffnet. In Punkt Nachhaltigkeit ist kaum mehr möglich als in diesem Projekt. Der Erweiterungsbau des Klosters beherbergt einen Kindergarten sowie Seminarräume. Im Sinne der Grundeinstellung des Klosters wurde der Neubau mit ökologisch und baubiologisch unbedenklichen Materialien geplant und gebaut. Holz, Stroh aus eigener Herstellung und Lehm. Die im Klosterwald geschlagenen und im örtlichen Sägewerk bearbeiteten Baumstämme wurden als vorgefertigte Mann an Mann Decken, d.h. nebeneinanderliegende Kernbalken, eingebaut. Die Wandelemente aus Holz-Tafelementen wurden ebenfalls in der Zimmerei gefertigt und, mit Stroh von den ökologisch bewirtschafteten Feldern des Klostergutes gedämmt, auf die Baustelle gebracht. Fenster, Dielen, Möbel wurden ebenfalls aus Klosterholz z.T. in der eigenen Schreinerei gefertigt. Für ein gesundes und angenehmes Raumklima sorgt an den Innenwänden Lehmputz: er ist feuchteregulierend, nimmt Schadstoffe auf und hat positive Auswirkungen auf das Raumklima und das Behaglichkeitsgefühl.

Nach heutigem Stand ist der Neubau das größte strohgedämmte Holz-Gebäude in Süddeutschland.



Seminargebäude Haus St. Wunibald, vorgefertigte Wandelemente aus Holz-Tafelementen;  
Foto: Lorenz Maertl Copyright Benediktinerabtei Plankstetten

# **Block B1**

## **Brandschutz**

# **Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5**

Dipl.-Ing. (FH) Heidrun Bombach  
Deutsches Institut für Bautechnik  
Berlin, Deutschland



# Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5

## 1. Einführung

Mit der Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020, wurde der Weg für das Bauen mit Massivholz und die Ausführung von Außenwandbekleidungen in Holz- und Holzwerkstoffen in den Gebäudeklassen (GK) 4 und 5 geebnet. Die Anforderungen in der MBO werden in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Ausgabe 2021/1 (MVV TB) und in der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL), Fassung Oktober 2020, weiter konkretisiert.

Nachfolgend soll ein Überblick über die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an das Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5 gegeben werden. Dazu werden Verweise auf die verschiedenen Abschnitte des Regelwerkes, in denen Konkretisierungen zu finden sind, als Suchhilfe aufgeführt.

Da es sich bei diesen Dokumenten um Muster handelt, müssen diese jeweils in Landesrecht umgesetzt sein.

## 2. Bauordnungsrechtliche Anforderungen

Nach §26 der MBO werden Bauteile nach ihren Anforderungen zum Brandverhalten und nach ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit unterschieden.

Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen auf deren Standsicherheit im Brandfall, bei raumabschließenden Bauteilen auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung.

Bauteile werden zusätzlich nach dem Brandverhalten ihrer Baustoffe und für das Bauen mit brennbaren Baustoffen unterschieden:

- Bauteile, die hochfeuerhemmend sein müssen und deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben.
- Nach gemäß §26 der MBO sind **abweichend** ... andere Bauteile, die feuerbeständig oder hochfeuerhemmend sein müssen, **aus brennbaren Baustoffen zulässig**, sofern sie den Technischen Baubestimmungen nach § 85a entsprechen. Dies gilt nicht für Wände nach § 30 Abs. 3 Satz 1 und Wände nach § 35 Abs. 4 Satz 1 Nr. 1. (Dies sind Brandwände in der GK 4 und Wände notwendiger Treppenräume in GK 5).

Für Bauteile aus brennbaren Baustoffen bestehen danach die Anforderungen an hochfeuerhemmende und feuerbeständige Bauteile gleichermaßen. Sie sind abweichend zulässig, wenn der Brennbarkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile Rechnung getragen wird und es eine eingeführte Technische Baubestimmung zur Planung, Bemessung und Ausführung gibt. Es handelt sich hierbei **nicht** um hochfeuerhemmende und/oder feuerbeständige Bauteile, da sie von denen abweichen! Sie sind anstelle dieser zulässig.

Für die Gebäudeklasse (GK) 4 sind danach zulässig:

- Bauteile, die hochfeuerhemmend sein müssen und deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben, oder
- abweichende andere Bauteile, die hochfeuerhemmend sein müssen und aus brennbaren Baustoffen bestehen, sofern sie den Technischen Baubestimmungen nach § 85a entsprechen

Für die Gebäudeklasse (GK) 5 sind danach zulässig:

- abweichende andere Bauteile, die feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen bestehen, sofern sie den Technischen Baubestimmungen nach § 85a entsprechen

Die konkreten bauteilbezogenen Anforderungen sind in den §§ 27 bis 38 festgelegt.

### **3. Konkretisierungen der bauordnungsrechtlichen Anforderungen**

#### **3.1. Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen**

##### **3.1.1 Allgemeines**

Die Anforderungen der MBO werden in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Bau-Bestimmungen (MVV TB) konkretisiert. Der derzeitige Stand ist die Ausgabe 2021/1. Der «Stand der Umsetzung der MVV TB» in den Ländern kann unter der Webseite des Deutschen Instituts für Bautechnik [www.dibt.de](http://www.dibt.de) abgerufen werden.

In den einzelnen Teilen der MVV TB werden bezüglich des Bauens in den Gebäudeklassen 4 und 5 nachfolgende Festlegungen getroffen:

##### **3.1.2 Mechanische Festigkeit und Standsicherheit**

Die Anforderungen bezüglich der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit gelten:

- A 1.2.5.1 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten:  
DIN EN 1995-1-1:2010-12, DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07,  
DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, in Verbindung mit Anlage A 1.2.5/1  
Tragwerksbemessung für den Brandfall:  
DIN EN 1995-1-2:2010-12 DIN EN 1995-1-2/NA:2010-12, in Verbindung mit Anlage A 1.2.3/3  
Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken:  
DIN 1052-10:2012-05, in Verbindung mit Anlage A 1.2.3/3

##### **3.1.3 Feuerwiderstandsfähigkeit**

- A 2.1.3 Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit von Teilen baulicher Anlagen

Grundsätzlich richtet sich die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen nach dem gelgenden bauaufsichtlichen Anforderungssystem (Gebäudeklassen, Höhenlage der Geschosse, Gebäudeart). Die Einstufungen in Feuerwiderstandsklassen werden auf der Grundlage von Brandprüfungen nach der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) festgelegt. Feuerwiderstandsklassen ergeben sich aus der unter lfd. Nr. A 2.2.1.2 genannten technischen Regel. Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen baulicher Anlagen auf deren Standsicherheit im Brandfall, bei raumabschließenden Bauteilen, wie Wänden und Decken, auf deren Widerstand gegen eine Brandausbreitung (raumabschließend feuerwiderstandsfähig – im Weiteren: Raumabschluss).

Feuerwiderstandsfähige Bauteile werden hier für Bauteile mit brennbaren Baustoffen unterschieden in:

- A 2.1.3.1 b) hochfeuerhemmende Bauteile:  
Bestehen tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen, müssen sie allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und – sofern vorhanden – nichtbrennbaren Dämmstoffen haben. Die Brandschutzbekleidung muss
  - ein Brennen der tragenden und aussteifenden Teile,
  - die Einleitung von Feuer und Rauch in Wand- und Deckenbauteile über Fugen, Installationen oder Einbauten sowie eine Brandausbreitung innerhalb dieser Bauteile,
  - die Übertragung von Feuer über Anschlussfugen von raumabschließenden Bauteilen in angrenzende Nutzungseinheiten oder Räume und

- eine wesentliche Übertragung von Rauch über Anschlussfugen (s. A 2.1.3.3.3) verhindern.
- A 2.1.3.1 d) Bauteile gemäß § 26 Abs. 2 Satz 4 MBO, die aus brennbaren Baustoffen bestehen dürfen und keine Hohlräume oder verfüllte Hohlräume sowie keine Dämmsstoffe im Inneren aufweisen. Tragende und aussteifende Bauteile können aus brennbaren Baustoffen ausgeführt werden. Dies gilt auch für raumabschließende Bauteile.

Die Standsicherheit muss bei Brandeinwirkung nach der ETK gemäß DIN 4102-2:1977-09, Abschnitt 6.2.4, über mindestens die jeweils geforderte Zeit in Minuten gewährleistet sein. Sofern es keine Technische Regel gibt, ist eine allgemeine Bauartgenehmigung/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich.

- A 2.2.1.3 Klassifizierte Baustoffe und Bauteile, Ausführungsregeln, DIN 4102-4:2016-05 und Anlage A 2.2.1.3/1  
Zulässig für Bauteile aus Holzrahmen- und Holztafelbauweise sind jedoch nur solche Bauteile, die bereits eine hohlraumfüllende bzw. flankenformschlüssige, nichtbrennbare Dämmung nach Abschnitt 3.4 MHolzBauRL haben.

### **3.1.4 Raumabschluss**

Für den Raumabschluss werden die bauordnungsrechtlichen Anforderungen in der MVV TB konkretisiert und darüber hinaus in der Technischen Regel unter lfd. Nr. A 2.2.1.4, der MHolzBauRL.

- A 2.1.3.3.3 Hochfeuerhemmend
- A 2.1.3.3.6 Feuerwiderstandsfähigkeit von 90 Minuten für Bauteile nach A 2.1.3.1 Buchstabe d
- A 2.1.3.3.7 Feuerwiderstandsfähigkeit von 60 Minuten für Bauteile nach A 2.1.3.1 Buchstabe d

Bei den Konkretisierungen zu den einzelnen Bauteilen sei besonders auf folgende Abschnitte verwiesen:

- A 2.1.5 Außenwände
- A 2.1.12 Notwendige Flure und offene Gänge

Der Raumabschluss muss bei Brandeinwirkung nach der ETK gemäß DIN 4102-2:1977-09, Abschnitt 6.2.4, über mindestens 60 bzw. 90 Minuten gewährleistet sein. Damit ist auch die Standsicherheit von nichttragenden Bauteilen im Brandfall unter Eigengewicht nachgewiesen. Bei den Beobachtungen zur Rauchentwicklung nach DIN 4102-2:1977-09, Abschnitt 8.6, muss festgestellt sein, dass höchstens eine geringe Rauchentwicklung beobachtet worden ist (kein flächiger Rauchaustritt auf der Bauteiloberfläche, nur einzelne Rauchfähnchen auch aus Fugen).

Für raumabschließende Bauteile mit brennbaren tragenden und aussteifenden Teilen aus Holz sind die Konkretisierungen der unter lfd. Nr. A 2.2.1.4 genannten technischen Regel zu beachten.

### **3.1.3 Planung und Ausführung**

Als Technische Regel nach § 85a wird, wie oben bereits mehrfach aufgeführt, die unter A 2.2.1.4 aufgeführte Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidung in Holzbauweise – MHolzBauRL:2020-10 aufgeführt.

- C 2.3.1 Vorgefertigte Bauteile

Für die Voraussetzungen zur Abgabe der Übereinstimmungserklärung für werkseitig vorgefertigte Bauprodukte nach § 22 MBO gilt Teil C2.3 der MVV TB.

- C3 Bauprodukte, die nur eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses nach § 19 Absatz 1 Satz 2 MBO1 bedürfen

Die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse nach C3 auf Basis von Brandprüfungen für Bauteile im Geltungsbereich der MHolzBauRL ist mit Inkrafttreten der MVV TB 2020/2 nicht mehr vorgesehen. Hier sind die länderspezifischen Regelungen zu beachten.

- Anhang 4 Bauaufsichtliche Anforderungen, Zuordnung der Klassen, Verwendung von Bauprodukten, Anwendung von Bauarten

Die Zuordnung der Klassen zu den bauaufsichtlichen Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten ist in Anhang 4 festgelegt. Beispielhaft genannt sei hier

- 4.2.4 Tragende Bauteile, raumabschließende Decken, Brandwände und Wände anstelle von Brandwänden, Trennwänden, Wänden notwendiger Treppenräume und Fluren, Wände von offenen Gängen, Außenwände, selbstständige Unterdecken, Dächer, Treppen, Systemböden

Zeile 8 hochfeuerhemmend (tragende Teile brennbar, mit Dämmstoffen nichtbrennbar und brandschutztechnisch wirksamer Bekleidung von 60 Min. aus nichtbrennbaren Baustoffen) nach Abschnitt 4 der technischen Regel gemäß Ifd. Nr. A 2.2.1.4

Zeile 14 Abschnitt 4 der technischen Regel, gemäß Ifd. Nr. A 2.2.1.4

Zeile 20 Bauteile gemäß A 2.1.3.1, Buchstabe d, mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von 90 Min. und aus brennbaren Baustoffen nach Abschnitt 5 der technischen Regel gemäß Ifd. Nr. A 2.2.1.4

Zeile 21 Bauteile gemäß A 2.1.3.1, Buchstabe d, mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von 60 Min. und aus brennbaren Baustoffen nach Abschnitt 5 der technischen Regel gemäß Ifd. Nr. A 2.2.1.4

Zeile 22 Bauteile gemäß A 2.1.3.1, Buchstabe d als Wand anstelle einer Brandwand (auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von 60 Min. und aus brennbaren Baustoffen nach Abschnitt 5 der technischen Regel gemäß Ifd. Nr. A 2.2.1.4)

Für diese Bauteile ist keine Klassifizierung vorgesehen.

## 3.2. Muster Holzbaurichtlinie

### 3.2.1. Allgemeines

Die MHolzBauRL als Technische Regel nach § 85a MBO enthält weitere Konkretisierungen der MBO bezüglich der Planung, Bemessung und Ausführung.

Die MHolzBauRL beschreibt nunmehr konsequent eine Bauart. Für die Ausführung der Bauart nach dieser Richtlinie bedarf es der Bestätigung der Übereinstimmung durch den Anwender der Bauart (Unternehmer) nach § 16 a Abs. 5 MBO.

Die Bestätigung beinhaltet die Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung und die Bestätigung der Einhaltung dieser technischen Regel.

Voraussetzung für die Anwendung von Bauteilen nach der MHolzBauRL ist, dass für diese der Feuerwiderstand nachgewiesen ist (s. Abschnitte 3.1.2 und 3.1.3).

In der MHolzBauRL werden die Anforderungen an den Raumabschluss (s. Abschnitt 3.1.4) weiter konkretisiert und Festlegungen zur Ausführung von Bauteilfugen und Anschlüssen an angrenzende Bauteile getroffen.

Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung (Brandschutzbekleidung) wird in der MHolzBauRL nicht mehr mit einer Angabe einer Klassifizierung, sondern mit einer allgemeinen Beschreibung des Anforderungsniveaus, z. B. 60 Minuten oder 30 Minuten, konkretisiert.

Da es keine nationale Entsprechung einer Klassifizierung der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung gibt, wurde dies in der Richtlinie auf eine allgemeine Beschreibung angepasst. Es fehlt hierzu jedoch eine weitere Konkretisierung des Anforderungs-Niveaus.

Neu ist die Aufnahme von Bauteilen in Massivholzbauweise für die Anwendung in den Gebäudeklassen 4 und 5 in Abschnitt 5, die jedoch nur für Standardgebäude zulässig sind.

Bauteile in Hybridbauweise sind neu aufgeführt. Es gibt jedoch keine Konkretisierung. Die Anforderungen zum Raumabschluss und zur konstruktiven Ausbildung der Element- und Bauteilfugen gelten jedoch gleichermaßen.

In Abschnitt 6 wird die Errichtung von Außenwandbekleidungen aus normalentflammablen Baustoffen bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 geregelt. Zur Verhinderung der Brandausbreitung müssen in bestimmten Abständen Brandsperren angeordnet werden. Jede Gebäudeseite mit einer Außenwandbekleidung aus Holz oder Holzwerkstoffen muss für wirksame Löscharbeiten erreicht werden können. Im Einvernehmen mit der Brandschutzdienststelle sind auf Grundstück ggf. Zu- oder Durchfahrten und Bewegungsflächen entsprechend der Technischen Regel lfd. Nr. A 2.2.1.1 der MVV TB herzustellen.

Die Abschnitte 8 und 9 nehmen Bezug auf das Vorhandensein der erforderlichen Planungsunterlagen auf der Baustelle, um eine Überprüfung der Ausführung auf der Baustelle zu ermöglichen und abschließend die Bestätigung der Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung und der MHolzBauRL abgeben zu können.

Zu den Unterlagen gehören insbesondere

- Übersichtszeichnungen
- Detailzeichnungen zum Aufbau der Bauteile und allen relevanten Ausführungsdetails
- Verwendbarkeits- und Anwendbarkeitsnachweise
- ggfs. rechnerische Nachweise.

### **3.2.2. Gebäudeklasse 4 - Holzrahmen- und Holztafelbauweise**

Für hochfeuerhemmende Bauteile hat sich wenig geändert.

Für werkseitig vorgefertigte Bauprodukte ist Abschnitt 3.1.3 zu beachten. Für die Errichtung der Bauart auf der Baustelle gelten die jeweils eingeführten länderspezifischen Umsetzungen der MVV TB.

Der Feuerwiderstand muss entweder nach Abschnitt 3.1.2 (Bemessung im Brandfall) oder nach Abschnitt 3.1.3 (klassifizierte Bauteile) nachgewiesen sein oder über eine allgemeine/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung.

Zu beachten ist nach wie vor, dass der Feuerwiderstand und die raumabschließende Wirkung der Brandschutzbekleidung unterschiedliche Eigenschaften beschreiben und diese auch unterschiedlich nachgewiesen werden. Bauordnungsrechtlich werden diese Eigenschaften additiv betrachtet. Sofern diese Eigenschaften "überlagert" werden sollen, ist der brandschutztechnische Nachweis zu führen.

Für den Nachweis des Raumabschlusses sind zusätzlich die Festlegungen zur Ausführung der Brandschutzbekleidung über 60 Minuten und zur konstruktiven Ausführung der Bauteilanschlüsse zu beachten.

### **3.3.3. Gebäudeklassen 4 und 5 in Massivholzbauweise**

In Abschnitt 5 wird die Errichtung hohlraumfreier Bauteile aus brennbaren Baustoffen (Massivholz) in den Gebäudeklassen 4 und 5 konkretisiert. Dabei dürfen auch flächenanteilig (25%-Regel) holzsichtige Oberflächen ohne Brandschutzbekleidung ausgeführt werden.

Der Feuerwiderstand muss entweder nach Abschnitt 3.1.2 (Bemessung im Brandfall) nachgewiesen sein oder über eine allgemeine/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung. Für Bauteile in der Gebäudeklasse 5 gibt es derzeit keine Technische Regel für den Nachweis des Feuerwiderstandes. Der Nachweis ist daher immer über eine allgemeine/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung zu führen.

Für den Nachweis des Raumabschlusses sind zusätzlich die Festlegungen zur Ausführung der Brandschutzbekleidung (Verhinderung der Entzündung über 30 Minuten) und zur konstruktiven Ausführung der Bauteilanschlüsse zu beachten.

Brandwände und Wände notwendiger Treppenräume in Gebäuden der Gebäudeklasse 5 müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

In Gebäuden der Gebäudeklasse 4 sind Wände anstelle von Brandwänden und Wände notwendiger Treppenräume aus brennbaren Baustoffen in Massivholzbauweise zulässig, sofern sie unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von 60 Minuten ausgebildet werden und Bekleidungen mit nichtbrennbaren Baustoffen nach Abschnitt 5.2 (Verhinderung der Entzündung über 30 Minuten) haben.

- A 2.1.12 (MVV TB) Notwendige Flure und offene Gänge

Für den Fall, dass in notwendige Fluren und offenen Gängen die Decken und Wände aus brennbaren Baustoffen bestehen, ist eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen ausreichender Dicke erforderlich, z. B. in Form einer 12,5 mm dicken Gipsplatte. Die 25%-Regel gilt hier nicht.

### **3.3.4. Außenwandbekleidungen**

Für die Ausführung von Außenwandbekleidungen aus normalentflammbaren Baustoffen bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 sind die konstruktiven Vorgaben zur Ausführung der Brandsperren in Abschnitt 6 zu beachten.

Unter der Außenwandbekleidung ist keine Brandschutzbekleidung erforderlich, sondern lediglich eine mindestens 15 mm dicke nichtbrennbare Trägerplatte, sofern die Außenwand nicht bereits aus nichtbrennbaren Baustoffen besteht oder über eine durchgehende nichtbrennbare Bekleidung verfügt.

## 4. Übersicht zur Umsetzung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen

Tabelle 1:

<b>GK 4 Bauteile in Holzrahmen- oder Holztafelbauweise MHolzBauRL Abschnitt 4</b>		
Feuerwiderstand mindestens 60 Minuten	Brandverhalten	Anschlüsse
DIN 4102-4 (Bauteile unter Einhaltung MHolz-BauRL <sup>1)</sup>	Heißbemessung nach DIN EN 1995-1-2 DIN EN 1995-1-2/NA	
Raumabschluss mindestens 60 Minuten		
	+ Bekleidung nach MHolz-BauRL <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allseitig brandschutztechnisch wirksame Bekleidung für 60 Minuten aus nicht brennbaren Baustoffen nach Abschnitt 4.2</li> <li>• hohlraumfüllende bzw. flankenformschlüssige nichtbrennbare Dämmung nach Abschnitt 3.4</li> </ul>	nach MHolzBauRL  Bauteilanschlüsse nach Abschnitt 4.6
<b>GK 4 in Massivholzbauweise oder Hybrid-Bauweise MHolzBauRL Abschnitt 5</b>		
Feuerwiderstand mindestens 60 Minuten	Brandverhalten	Anschlüsse
	Heißbemessung nach DIN EN 1995-1-2 DIN EN 1995-1-2/NA	
Raumabschluss mindestens 60 Minuten		
	+ Bekleidung nach MHolz-BauRL <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brandschutzbekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen nach Abschnitt 5.2, verhindert Entzündung für mind. 30 Minuten</li> <li>• ohne Bekleidung: 25 %- Regel für Wände nach Abschnitt 5.2</li> </ul>	nach MHolzBauRL Elementfugen und Bauteilanschlüsse nach Abschnitt 5.4

<sup>1</sup> zulässig sind nur solche Bauteile, die bereits eine hohlraumfüllende bzw. flankenformschlüssige, nichtbrennbare Dämmung nach Abschnitt 3.4 MHolzBauRL haben

<b>GK 5 Bauteile in Massivholzbauweise oder Hybrid-Bauweise MHolzBauRL Abschnitt 5</b>		
Feuerwiderstand mindestens 90 Minuten	Brandverhalten	Anschlüsse
Nachweis nicht möglich, daher allgemeine/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich		•
Raumabschluss mindestens 90 Minuten		
	+ Bekleidung nach MHolzBauRL • Brandschutzbekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen nach Abschnitt 5.2 verhindert Entzündung für mind. 30 Minuten • ohne Bekleidung: 25 %- Regel für Wände nach Abschnitt 5.2	nach MHolzBauRL Elementfugen- und Bauteilanschlüsse nach Abschnitt 5.4

Bei Abweichung von den o. g. Regeln ist eine allgemeine Bauartgenehmigung/vorhabenbezogene Bauartgenehmigung nach § 16a MBO erforderlich. Eine Abweichung von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen kommt nur nach § 67 MBO in Betracht.

## 5. Quellen

- [1] Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020
- [2] Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Ausgabe 2021/1 (MVV TB)
- [3] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL), Fassung Oktober 2020

# **Nachweis der Rauchdichtigkeit von Bauteilanschlüssen im Holzbau**

Björn Kampmeier  
Hochschule Magdeburg-Stendal  
Magdeburg, Deutschland



Patrick Sudhoff  
Hochschule Magdeburg-Stendal  
Magdeburg, Deutschland



# Nachweis der Rauchdichtigkeit von Bauteilanschlüssen im Holzbau

## 1. Einleitung

Die Nachfrage an ökologisch nachhaltigen Bauweisen mit hohen Anteilen an Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen und insbesondere der Einsatz von Holz als Konstruktionswerkstoff hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugenommen. Den Einsatzmöglichkeiten standen bzw. stehen in Deutschland oft bauordnungsrechtliche Hemmnisse entgegen. So war die Anwendbarkeit im Sinne präskriptiver Anforderungen lange Zeit auf Gebäude geringer Höhe (GK 1-3) bzw. auf die Kombination mit einer nichtbrennbaren brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung (GK 4) beschränkt.

Im Rahmen der Öffnung der Landesbauordnung des Bundeslandes Baden-Württemberg (LBO BW) 2015 zugunsten des mehrgeschossigen Holzbaus wurden Regelungen geschaffen, die den Einsatz von Baustoffen aus Holz als tragende und aussteifende Bauteile in Gebäuden bis zur Hochhausgrenze auch ohne eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung ermöglicht. So ist in der aktuell gültigen Fassung der LBO BW [1] die Verwendung von Holzbauteilen anstelle hochfeuerhemmender bzw. feuerbeständiger Bauteile möglich, sofern diese die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit hinsichtlich der Standsicherheit und des Raumabschlusses erfüllen und ihre Anschlüsse ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Brandausbreitung sind. Unter der Brandausbreitung ist im Allgemeinen die Ausbreitung von Feuer und Rauch zu verstehen, die sich unter anderem über Bauteil- und Elementfugen erstrecken kann.

Mit dem über das Land Baden-Württemberg sowie den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten Forschungsvorhaben «*Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW (HolzbauRLBW)*» wurde unter anderem der Fragestellung zum Einfluss von Bauteil- und Elementfugen auf die Brand- und Rauchausbreitung von Holzkonstruktionen nachgegangen. Gemeinsam wurden durch die Hochschule Rottenburg, die Hochschule Magdeburg-Stendal und die TU München praxisübliche Bauteilanschlüsse hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit im Sinne der Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO-BW) 2019 entwickelt, untersucht und bewertet.

## 2. Bauordnungsrechtliche Grundlagen in Deutschland

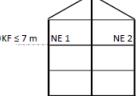
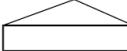
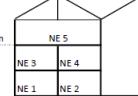
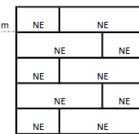
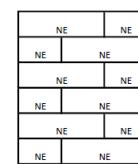
Das deutsche Bauordnungsrecht fordert entsprechend § 14 Musterbauordnung (MBO), bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass «*der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind*» [2].

Aus diesen Vorgaben ergeben sich unter anderem Anforderungen an

- die Brennbarkeit der Baustoffe,
- die Feuerwiderstandsdauer der Konstruktion, einschließlich der Begrenzung der Brand- und Rauchausbreitung auf definierte Bereiche,
- die (Rauch-)Dichtheit und den Feuerwiderstand der Verschlüsse von Öffnungen
- sowie die Anordnung, Lage und Gestaltung von Rettungswegen.

Die sicherheitstechnischen Aspekte des Brandschutzes zählen zu den wesentlichen Grundanforderungen an Bauprodukte bzw. Bauwerke und sind entsprechend als deskriptive Vorgaben Gegenstand der Musterbauordnung sowie der Landesbauordnungen. Die Anforderungen an Baustoffe, Bauteile und Bauwerke werden in Deutschland auf Grundlage des Systems der Gebäudeklassen (GK) geregelt.

Die Klassifizierung der Gebäude erfolgt auf Basis der Höhe des obersten Geschossfußbodens eines möglichen Aufenthaltsraumes über der Geländeoberfläche im Mittel sowie der Anzahl und flächenbezogenen Ausdehnung der Nutzungseinheiten. Abbildung 1 bietet die Übersicht der in der MBO definierten Gebäudeklassen.

GK 1a	Gk 1b	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
					
freistehende Gebäude OKF $\leq 7\text{ m}$ $\leq 2\text{ NE}$	freistehende Gebäude land - und forst- wirtschaftliche Nutzung	nicht freistehend OKF $\leq 7\text{ m}$ $\leq 2\text{ NE}$ $\sum \text{NE} \leq 400\text{ m}^2$ ohne UG	nicht freistehend OKF $\leq 7\text{ m}$ $\leq 2\text{ NE}$ $\sum \text{NE} \leq 400\text{ m}^2$ ohne UG	sonstige Gebäude OKF $\leq 7\text{ m}$	sonstige Gebäude $\sum \text{NE} \leq 400\text{ m}^2$ ohne UG

NE = Nutzungseinheit

OKF = Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist

Abbildung 1: Darstellung der Gebäudeklasse gemäß Musterbauordnung

Gemäß der MBO 2016 [3] durften in GK 4 nur hochfeuerhemmende Bauteile aus im Wesentlichen nichtbrennbaren Baustoffen (F 60-AB bzw. (R)EI 60 mit A2-s1,d0) oder brennbaren Baustoffen mit einer brandschutztechnischen Bekleidung gemäß der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHHolzR) [4] und nichtbrennbaren Dämmstoffen verwendet werden.

Die GK 5 erfordert gemäß MBO feuerbeständige Bauteile, die im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen (F 90-AB bzw. (R)EI 90 mit A2-s1,d0 im Übrigen E-d2), womit Holz per Definition als Tragwerk sowie für raumabschließende Bauteile ausgeschlossen wurde.

Durch die Novellierung der Landesbauordnung in Baden-Württemberg 2015 wurde die Verwendung von Holz für hochfeuerhemmende und feuerbeständige Bauteile auch abweichend von den ursprünglichen Anforderungen – insbesondere der Verwendung von im Wesentlichen nichtbrennbaren Baustoffen bzw. der Notwendigkeit einer brandschutztechnischen Bekleidung – ermöglicht. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Bauteile und ihre Anschlüsse ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Brandausbreitung sind.

Vergleicht man die Situation für die Holzbauweise nach MBO 2016 [3] mit den Möglichkeiten nach LBO B-W [1] in Tabelle 1, so stellt man eine deutliche Diskrepanz der brandschutztechnischen Anforderungen für die verwendbaren Baustoffe fest.

Tabelle 1: Übersicht der derzeitigen Möglichkeiten für die Holzbauweise nach MBO (2016) und LBO BW (2019)

GK	Anforderung an Geschossdecken, tragende Wände, Stützen	Umsetzung nach MBO 2016	Umsetzung nach LBO B-W
1-3	keine bis feuerhemmend (30 Minuten Feuerwiderstand)	Bauteile aus brennbaren Baustoffen z.B. Fachwerkkonstruktion, Holztafelbau, Holzmassivbau	
4	hochfeuerhemmend (60 Minuten Feuerwiderstand zzgl. durchgehende Brandschutzbekleidung)	nichtbrennbar tragende und aussteifende Teile brennbar in Kombination mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung sowie Dämmstoffen mit einem Schmelzpunkt $\geq 1.000\text{ }^\circ\text{C}$ nach M-HFHHolzRL	abweichend zu hochfeuerhemmenden Bauteilen sind Bauteile aus brennbaren Baustoffen ohne brandschutztechnisch wirksame Bekleidung sowie in Holzmassivbauweise zulässig z.B. Holztafelbau, Holzmassivbau
5	feuerbeständig (90 Minuten Feuerwiderstand)	im Wesentlichen nichtbrennbar z.B. mineralische Bauweise	abweichend zu feuerbeständigen Bauteilen sind Bauteile aus brennbaren Baustoffen zulässig z.B. Holztafelbau, Holzmassivbau

In den Gebäudeklassen 4 und 5 ist es nach § 26 LBO-BW [1] in Baden-Württemberg möglich, auch unbekleidete Holzbauteile zu verwenden, die jedoch aus Sicht des Brandschutzes weiterhin dem allgemein anerkannten Sicherheitsniveau der Bauordnung entsprechen müssen. Für den Holzbau und die verbundene Ausführung der Anschlussdetails kann daher die Gleichwertigkeit zu bisher allgemein akzeptierten Ausführungen als Bewertungsmaßstab herangezogen werden.

Zum Vergleich kann somit die Qualität der Anschlüsse unterschiedlicher mineralischer Bauweisen herangezogen werden, die bereits seit Jahrzehnten in den GK 4 und 5 eingesetzt werden. Dieser Standard, der beispielsweise in anerkannten Regeln der Technik bzw. Regelwerken wie der DIN 4102-4 [5] beschrieben wird, ist im Rahmen des Projektes HolzbauRLBW als wesentliche Grundlage zur Bewertung entsprechender Anschlussdetails im Holzbau herangezogen worden. Dabei sollen nach derzeitigem Sicherheitsniveau zugelassene Bauteile verschiedener Bauweisen (z.B. Massivbau, Trockenbau- mit Holztafelbauwand) verglichen werden, aus denen sich Anschlussdetails für den mehrgeschossigen Holzbau ergeben.

Der Raumabschluss ist nach DIN EN 13501 definiert als «Fähigkeit eines Bauteils mit raumtrennender Funktion, der Beanspruchung eines nur an einer Seite angreifenden Feuers so zu widerstehen, dass ein Feuerdurchtritt [...] verhindert wird.» [6]

Als Prüfkriterien gemäß DIN EN 1363 [7] werden dabei die Versagensmerkmale «Spalt-/Rissbildung», «Entzündung eines Wattebausches» bzw. dauernde Entflammung auf der feuerabgewandten Seite verwendet. Hierbei soll festgestellt werden, ob Heißgase durch mögliche Einrisse im Prüfkörper auf der feuerabgewandten Seite in signifikanter Menge auftreten. Der Raumabschluss gilt als nicht mehr gewahrt, wenn entweder

- der Wattebausch entzündet wird, d.h. er entflammt oder glimmt oder
- die 6-mm bzw. 25 mm-Spaltlehren in Spalten entlanggeführt werden bzw. durch Spalten bis in den Prüfofen hineingeführt werden können oder
- eine andauernde Flammenbildung auf der feuerabgewandten Seite auftritt.

Mit den dargestellten Methoden werden indirekt die Beschädigungen des Bauteils infolge der Temperaturbeaufschlagung erfasst. Zudem lässt sich in Feuerwiderstandsprüfungen an raumabschließenden Bauteilen ein Rauchaustritt an der brandabgewandten Seite optisch registrieren. Jedoch fordert nur die Prüfung nach DIN 4102-2 [8] eine Beobachtung und Bewertung des Maßes der Rauchentwicklungen während des Versuchs. Eine quantitative Beurteilung des Rauchdurchtritts in Form eines Leckagestroms oder einer Beurteilung der Toxizität sind kein Bestandteil der durchgeführten Prüfverfahren. Ausnahme bildet hier nur die Beurteilung des Leckagestroms an Feuerschutzabschlüssen bis zu einem Temperaturniveau von 200°C.

### **3. Untersuchung des Brandverhaltens von Bauteil- und Elementfugen**

Ergänzend zu den normativen Kriterien wurde innerhalb des Projektes die Qualität der Bauteil- und Elementfugen auch im Hinblick auf den Durchtritt von Rauchgasen messtechnisch erfasst. Die quantitative Beurteilung des Rauchgasdurchtrittes ist innerhalb der Klassifizierung raumabschließender Bauteile nach DIN EN 13501 nicht vorgesehen und erfolgt im Prüfverfahren nach DIN 4102-2 für die raumabschließende Funktion der Fläche lediglich rein optisch. Für die quantitative Beurteilung des Rauchdurchtritts in Form eines Leckagestroms sowie einer Beurteilung der Toxizität, insbesondere durch die Anschlussfuge wurde ein Messverfahren auf Grundlage bestehender Ansätze mittels eines Rauchauffangkastens (RAK) weiterentwickelt. Dabei wurde ein neuer Ansatz zur direkten Messung eines Volumenstroms mittels einer Strömungssonde sowie einer simultanen Rauchgasanalytik gewählt. Eine ausführliche Beschreibung der messtechnischen Grundlagen kann [9] entnommen werden.

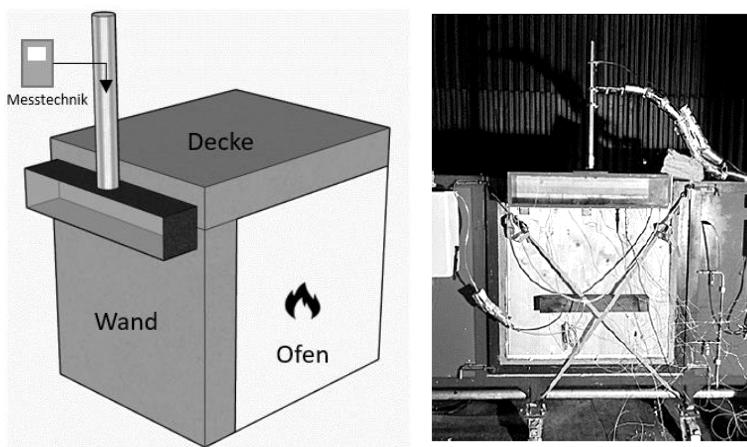


Abbildung 2: 1 m x 1 m Bauteilofen mit angeschlossenem Rauchauffangkasten

Für die Untersuchung der Feuerwiderstandsfähigkeit gemäß §26 (3) LBO BW [1] bzw. die Erbringung des Nachweises der Widerstandsfähigkeit gegen die Brandausbreitung im Hinblick auf Bauteil-, Element- und Installationsfugen wurden im Rahmen des Vorhabens HolzbauRLBW über 15 Brandversuche mit ca. 1 m x 1 m großen Wand- und Deckenbauteilausschnitten durchgeführt. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt.

Der Versuchskatalog enthält eine Reihe von Anschlussdetails praxisrelevanter Bauteilfugen von Elementen in Holztafel- und Holzmassivbauweise auf Basis von Verwendbarkeitsnachweisen bzw. technischen Regeln. Dabei wurden sowohl bekleidete als auch unbekleidete Bauteilaufbauten betrachtet. Ergänzt wurden die Versuchsreihen um die Untersuchungen von Elementfugen und Durchdringungen haustechnischer Installationen. Die Grundlage zur Versuchsdurchführung bildete dabei die Reduzierung der Bauteilaufbauten auf die brandschutztechnisch notwendige Schicht, womit eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf eine Vielzahl von Bauteil- und Anschlussvarianten mit mehr Bauteilschichten auf der sicheren Seite gewährleistet bleibt.

Für die vollständige Dokumentation der Versuche, welche dem Projekt zugrunde liegen, insbesondere der Auswertung von Versuchen aus anderen nationalen und internationalen Forschungsvorhaben, wird auf den veröffentlichten Abschlussbericht [10] verwiesen.

Für die Ausbildung der Fügestellen wurden unterschiedliche Dichtprinzipien wie Klebebänder / -schnüre, Schallschutzlager, Komribänder oder Brandschutzmassen betrachtet. Aufgrund des Versuchsaufbaus ist davon auszugehen, dass die Brandversuche ein kritisches Szenario darstellen, da die relevante luft- bzw. rauchdichte Ebene im Vergleich zur späteren Ausführung näher bis unmittelbar an der brandabgewandten Seite liegt. Dabei wurden neben Ausführungen in Holzbauweise mineralische Bauweisen wie Stahlbeton- oder Trockenbauweisen vergleichend betrachtet.

Die Wand- bzw. Deckenelemente wurden zunächst zu L-förmigen Bauteilen zusammengelegt und in die Öffnung des Kombiofen der Hochschule Magdeburg-Stendal eingebracht. Der an der brandabgewandten Seite der Fügung angebrachte Rauchauffangkasten (RAK) lieferte zusammen mit der Messtechnik eine quantitative Bestimmung des Leckagestroms, die in Kombination mit einer Gasanalytik eine direkte Bestimmung der Volumen- bzw. Massenströme relevanter Rauchgaskomponenten ermöglichte. Die Versuchsdurchführung erfolgt in Anlehnung an die DIN EN 1363-1 [7] sowie DIN EN 1365-1/1365-2 [11, 12] mit einseitiger Beflammlung eines gasbefeuerten Ofens - ohne Prüflast - über einen Zeitraum von 60 bzw. 90 Minuten mittels Einheits-Temperaturzeitkurve. Es wurde ein Ofenüberdruck von 20 Pa angestrebt. Für die Temperaturerfassung am Bauteil wurden NiCr-Ni-Thermoelemente vom Typ K in den Viertelpunkten der flächigen Bauteile sowie in der Fuge angeordnet. Nach Versuchsende wurde der RAK demontiert und der Probekörper aus der Ofenöffnung herausgehoben, abgesetzt und abgelöscht. Im Anschluss erfolgte eine Auf trennung der Bauteile zur Feststellung der Abbrandtiefe.

## 6 Nachweis der Rauchdichtigkeit von Bauteilanschlüssen im Holzbau | B. Kampmeier, P. Sudhoff

Die Auswertung der im Rahmen des HolzbauRLBW-Projektes durchgeführten Versuche ergibt, dass das Brandverhalten von Bauteil- und Elementfugen von einer Vielzahl von Faktoren abhängig ist.

Hierzu zählen unter anderem:

- das Spaltmaß,
- die Zusammensetzung der Materialien, die zwischen den Kontaktflächen angeordnet sind,
- die Zusammensetzung der Materialien, welche die Fuge brandraumseitig abdecken oder verschließen,
- die Zusammensetzung der Materialien, welche die Fuge auf der brandraumabgewandten Seite abdecken oder verschließen,
- die Beschaffenheit der Kontaktflächen
- und der Anschluss flankierender Bauteile.

Zur Untersuchung des Einflusses durch das Spaltmaß wurde in Versuch D1 ein 140 mm dickes Brettsperrholzelement mit den drei Fugenabständen 3, 5 und 10 mm hergestellt. Die Fugen wurden auf der brandabgewandten Seite mit Klebebändern, die üblicherweise für die Herstellung luftdichter Bauteilanschlüsse verwendet werden, abgedichtet. In der Mitte der Fuge (70 mm tief) wurden je Spalt insgesamt drei Thermoelemente eingebracht, die mittleren Temperaturen je Fuge sind in Abbildung 3 dargestellt.

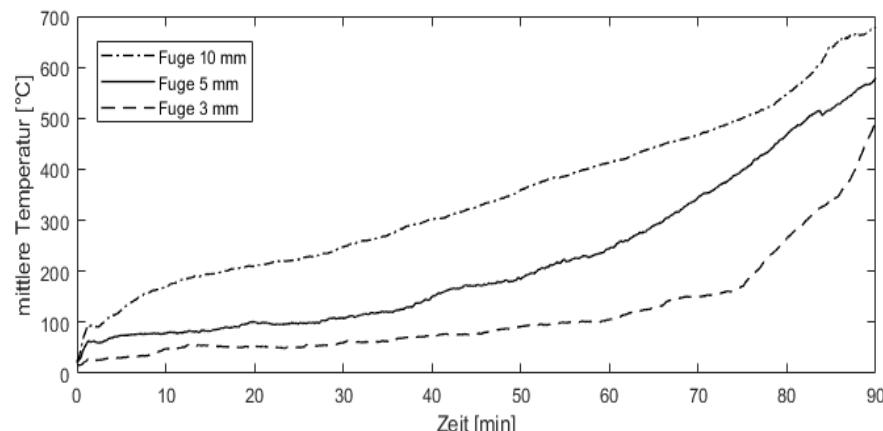


Abbildung 3: Gemessene Temperaturen in Fugenmitte (Versuch D1)

Während es bei der 10 mm-Fuge bereits bei Versuchsbeginn zu einem deutlichen Anstieg oberhalb von 100 °C kommt, zeigt sich diese Entwicklung bei der 5 mm-Fuge nach ca. 30 Minuten und bei der 3 mm-Fuge erst nach 60 Minuten. Die im Bauteil enthaltene Feuchtigkeit bildet dabei zunächst eine physikalische Begrenzung der Maximaltemperaturen an der Kontaktfläche. Bis zu einer Fugenbreite von 3 mm wird diese Begrenzung über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten, bevor das Wasser durch den konvektiven Wärmestrom vollständig verdampft ist.

Je größer der Querschnitt der Fuge, desto höhere Temperaturen sind im Verlauf der Fuge zu erwarten. Durch die Querschnittsvergrößerung kommt es zu einem verstärkten konvektiven Wärmestrom in der Fuge, der je nach Fugenabstand zu einer unterschiedlichen Durchwärmung führt. Eine Möglichkeit zur Verminderung des Wärmeeintrags stellt daher die Begrenzung des Spaltmaßes in Kombination mit weiteren Maßnahmen dar, welche die Fuge auf der brandabgewandten Seite abdecken oder verschließen (siehe Abbildung 4).

Neben der Begrenzung des Fugenabstandes können Maßnahmen in der Kontaktfuge ebenfalls zu einer Verbesserung des Brandverhaltens der Fügung führen. Die damit verbundene Erhöhung des Strömungswiderstandes führt sowohl zu einer Begrenzung des konvektiven Wärmestroms als auch des Rauchdurchtritts. In Versuchen mit komprimierten mineralischen Dämmstoffstreifen konnte der Rauchdurchtritt durch den eingelegten Mineralwollstreifen deutlich und hinreichend reduziert, jedoch nicht vollständig verhindert werden. Die Maximaltemperatur in Fugenmitte betrug maximal 100 °C.

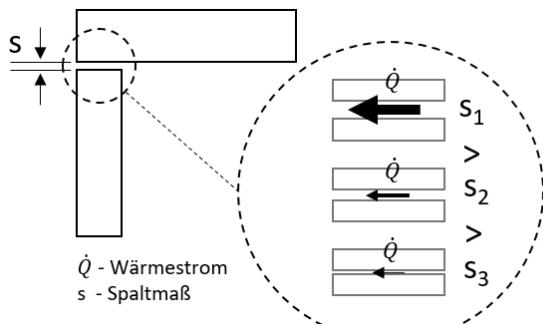


Abbildung 4: Einfluss des Spaltmaßes auf den Durchtritt von Feuer und Rauch

Vergleichbare Ergebnisse wurden in Versuchen mit komprimierten Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen erzielt. Hier kam es zwar aufgrund der Brennbarkeit des Materials zu einer thermischen Zersetzung des ersten Zentimeters des Dämmstoffstreifens, jedoch nicht zu einem erhöhten Rauchdurchtritt. Zudem wurde nach Ende des Versuchs kein kontinuierliches Schwelen beobachtet. Eine Möglichkeit zur Verhinderung bzw. Begrenzung der thermischen Zersetzung stellen Maßnahmen wie Brandschutzdichtmassen oder vollflächige Abdeckungen durch Bekleidungen dar, welche die Fuge brandseitig abdecken oder verschließen.

Zu weiteren Maßnahmen innerhalb der Kontaktfläche können Dichtbänder gezählt werden, welche entweder entsprechend thermisch beständig / intumeszierend sind oder aber mit entsprechendem Abstand innerhalb einer thermisch unkritischen Zone angeordnet werden. Eine entsprechende Begrenzung des Rauchdurchtritts konnte in einem zugehörigen Brandversuch (A2) mit Anordnung eines Komribands außerhalb der thermisch kritischen Zone über die gesamte Versuchszeit nachgewiesen werden.

Im Holzbau werden innerhalb der Kontaktfläche aus Schallschutzgründen oftmals SchalldämmLAGER angeordnet. Um diese DämmLAGER auch für die Begrenzung des Durchtrittes von Feuer und Rauch ansetzen zu können, ist es notwendig, dass die in der Kontaktfuge angeordneten meist brennbaren Baustoffe während des Brandverlaufs nicht über die gesamte Fugenlänge abschmelzen und ein hinreichender Restquerschnitt erhalten bleibt. Zum Schutz der Fuge können beispielsweise nichtbrennbare Bekleidungen infrage kommen, die im Bereich der Fuge mit entsprechenden Abdichtungsmaßnahmen wie Gipsspachtel oder intumeszierender Brandschutzmasse verschlossen werden, siehe Abbildung 5.

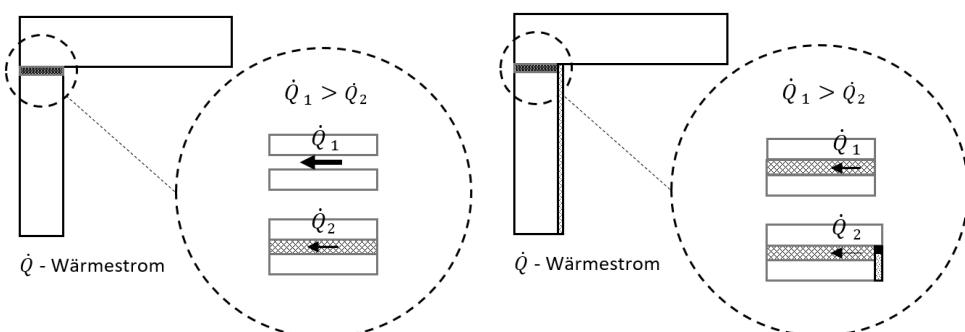


Abbildung 5: Einfluss von Materialien in der Kontaktfläche sowie an der Außenseite der Fuge auf den Durchtritt von Feuer und Rauch

Entsprechende Versuche mit Elastomerlagern (B1, B2) als auch Sand-Waben-Lagern (C1) zeigten bei einem Schutz durch nichtbrennbare Bekleidungen in Kombination mit Dichtstoffen bei einer Fugenbreite von 100 mm und einer Beflammlung über 90 Minuten eine Abbrandtiefe von maximal 50 % der Fugenfläche. Aufgrund einer entsprechenden Einbringung von (auch brennbaren) Materialien wie Dämmstoffen oder SchalldämmBändern in die Kontaktfläche bei Begrenzung des Fugenabstandes in Kombination mit weiteren Dichtungsmaßnahmen wie Brandschutzdichtmassen oder Klebebändern, welche im thermisch unkritischen Bereich angeordnet werden (Versuch A1), kann der Rauchgasdurchtritt somit deutlich begrenzt werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Übertragung von Rauch raumabschließender Bauteile besteht auch über die angrenzenden flankierenden Bauteile. So können beispielsweise Lamellenfugen oder konstruktiv bedingte Risse, die über raumabschließende Bauteile hinweg verlaufen, zu einer Ausbildung eines Strömungspfades rechtwinklig zur Fuge führen (siehe Abbildung 6). Aber auch Decken mit Hohlräumen, die über eine raumabschließende Wand hinweggeführt werden (z.B. eine Holztafeldecke) können prinzipiell zu einer Rauchweiterleitung in die Decke oberhalb externer Nutzungseinheiten führen. Aus diesem Grund sind entsprechende Maßnahmen wie die Versiegelung/Abdeckung von Lamellenfugen bzw. die Anordnung einer Verblockung bei Holztafellementen vorzusehen.

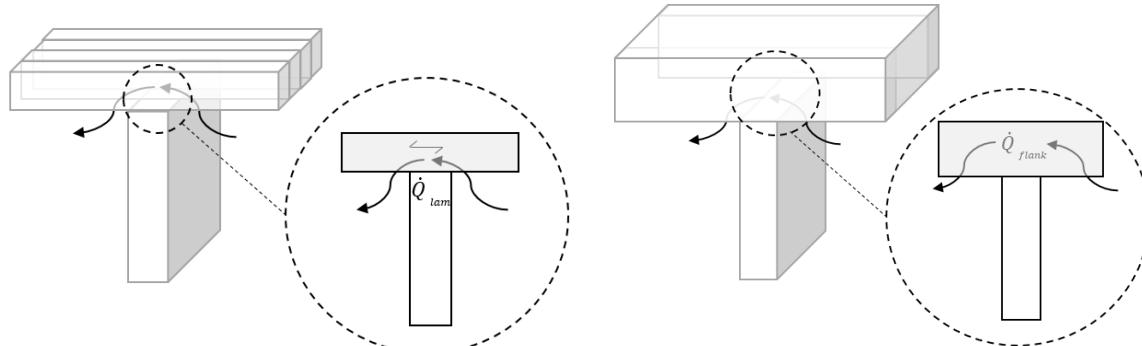


Abbildung 6: Durchtritt von Feuer und Rauch über flankierende Bauteile

Um eine Einordnung der Messwerte zum Stand der Technik entsprechender mineralischer Anschlüsse herzustellen, wurden Anschlussdetails aus der DIN 4102-4 als eingeführte technische Baubestimmung herangezogen. In Versuch F1 wurde ein Mauerwerksanschluss ( $b = 100 \text{ mm}$ ) an eine Stahlbetondecke gemäß DIN 4102-4 [5], Kap. 9 untersucht. Der mineralische Dämmstoffstreifen mit  $d = 90 \text{ mm}$  wurde auf eine Dicke von 30 mm komprimiert, sodass eine Rohdichte im Einbauzustand von  $\geq 90 \text{ kg/m}^3$  erzielt wurde. In Versuch F3 wurde ein gleitender Trockenbauanschluss DIN 4102-4 [5], Kap. 10 betrachtet. Hierzu wurde das UW-Profil deckenseitig mittels drei Gipsplattenstreifen mit je  $d = 12,5 \text{ mm}$  gleitend an der Decke befestigt. Die Referenzversuche werden nachfolgend mit praxisüblichen Holz-Holz-Anschlüssen verglichen (siehe Tabelle 1). Der Vergleich der normierten Volumenströme ist in Abbildung 7 dargestellt.

Das Erreichen der Maximaltemperaturen von  $100^\circ\text{C}$  in der Fugenmitte konnte auch in den mineralischen Referenzversuchen mit gleitendem Trockenbauanschluss und einem Mauerwerksanschluss beobachtet werden. Weiterführend wurde mithilfe der Rauchgasanalytik verglichen, ob die untersuchten Bauteilanschlüsse aus brennbaren Baustoffen mindestens die Dichtigkeit der mineralischen, nichtbrennbaren Referenzbauteile aufwiesen. Mit Ausnahme von Versuch A1 (zeitweiser Rauchdurchtritt durch eine Lamellenfuge) weisen alle Versuche mit Holz-Holz-Anschlüssen einen geringeren Rauchgasvolumenstrom als die beschriebenen mineralischen Vergleichsanschlüsse auf. Die Abgastemperatur stieg innerhalb des Versuchszeitraums bei den Holz-Holz-Anschlüssen (Versuche A1, A2, B1, B2, C1) um maximal 10 K an. Bei den Versuchen F1 (+ 40 K) und F3 (+ 45 K) konnten höhere Abgastemperaturen beobachtet werden. Weiterhin konnte insbesondere bei Versuch F3 im Gegensatz zu den Holz-Holz-Anschlüssen ein signifikant höherer CO / CO<sub>2</sub>-Massenstrom festgestellt werden, womit die höheren Messwerte des Abgasvolumenstroms durch eine zusätzliche Größe bestätigt werden konnten.

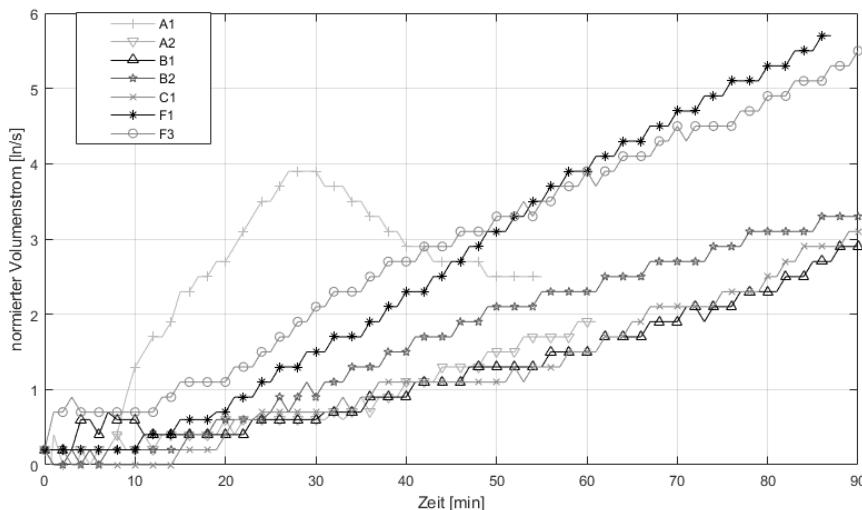


Abbildung 7: Vergleich der normativen Netto-Volumenströme zwischen Bauteilanschlüssen von brennbaren und nichtbrennbaren Bauteilen

Tabelle 2: Übersicht der Hauptversuchsreihe für Bauteilanschlüsse (Legende Bild 7)

Versuch	Beanspruchung	Decke	Wand	Anschluss		
				Brandab-gewandt	Kontakt-fläche	Brand-zu-gewandt
A1	60 min ETK	BSP	BSP	KLB	-	-
A2			HTB	KLB	KB	-
B1	90 min ETK	BSP	BSP	KLB	EL	V
B2			HTB	KLB	EL	BS
C1		HTB	BSP	-	SW	V
F1		STB	MW	DIN 4102-4:2016-05, Kap. 9		
F3		STB	TB	DIN 4102-4:2016-05, Kap. 10		

BSP – Brettsperrholzelement, HTB – Holztafelelement, MW – Mauerwerk, TB – Trockenbau, KLB – Klebeband, KB – Kompriband, EL – Elastomerlager, V – Verspachtelung, BS – Brandschutzdichtmasse, SW – Sand-Waab-Lager

Der Vergleich mit den Referenzversuchen hinsichtlich des Rauchdurchtritts zeigt, dass Holz-Holz-Anschlüsse in der Lage sind, mindestens dieselben Leistungskriterien wie dem Stand der Technik entsprechende, bauaufsichtlich zugelassene, nichtbrennbare Konstruktionsweisen zu erfüllen. Der Nachweis der Erfüllung der Schutzziele zur Verhinderung des Durchtrittes von Feuer und Rauch kann somit unter Festlegung von entsprechenden Randbedingungen für Holzbauanschlüsse erbracht werden. Nachfolgend sollen die wesentlichen Randbedingungen zur Erfüllung der notwendigen Voraussetzungen vorgestellt werden. Ein Schwerpunkt liegt dabei in der Kombination von Maßnahmen zur Erfüllung der baupraktisch ohnehin vorhandenen Anforderungen an die Luftdichtheit mit den Anforderungen zur Begrenzung des Rauchdurchtritts.

## 4. Feststellungen und Empfehlungen zur konstruktiven Ausführung von Bauteil- und Elementfugen

Anhand der vergleichenden Untersuchungen zwischen mineralischen und holzbautypischen Anschlussvarianten ergeben sich folgende zentrale Erkenntnisse aus der quantitativen Beurteilung des Rauchdurchtritts durch die Anschlussfuge [10]:

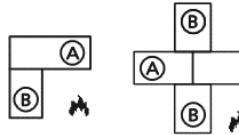
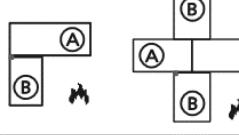
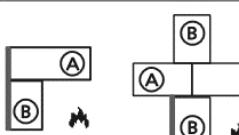
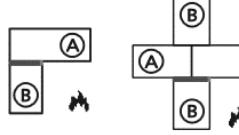
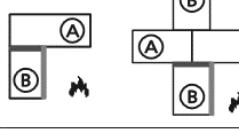
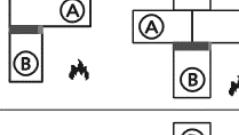
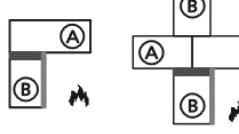
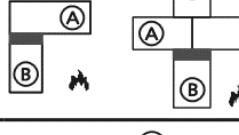
- Es gibt keine absolute Rauchdichtheit.
- Die Ausführung einer luftdichten Ebene zwischen Nutzungseinheiten ist eine notwendige Maßnahme zur Begrenzung des Rauchdurchtritts.
- Die luftdichte Ebene muss für die Dauer der vorgesehenen Brandeinwirkung dauerhaft erhalten bleiben. Brandschutztechnisch wirksame Maßnahmen auf der brandzugewandten Seite, die im Regelfall beidseitig ausgeführt werden, verringern den Rauchdurchtritt zusätzlich und erhöhen die Ausfallsicherheit des Gesamtsystems. Diese Dopplung erzeugt zudem eine erhöhte Robustheit, da bei kleinen einseitigen Defekten weiterhin keine Strömungen entstehen können. Die Schall- und Geruchsschutzeigenschaften der Bauteilanschlüsse werden ebenfalls verbessert.
- Abweichend zu DIN 4102-2 ist die Einhaltung des EI-Kriteriums nach DIN EN 13501-2 zwar Grundvoraussetzung für eine Beurteilung der Bauteilfuge, aber allein keine hinreichende Bedingung zur Beurteilung der Rauchdichtheit. Durch die Einhaltung der in [13] angegebenen konstruktiven Randbedingungen ist jedoch die Äquivalenz der Rauchdichtheit entsprechend der allgemein anerkannten Regeln der Technik aller Bauweisen gegeben.
- Übliche Anschlüsse von Bauteilen in Holztafelbauart und Massivholzbauart sind im Bezug zum Rauchdurchtritt gleichwertig zu seit langem akzeptierten Anschlüssen von mineralischen Bauteilen.
- Zu raumabschließenden Bauteilen flankierende, durchgehende Bauteil-, Lamellen und Elementfugen erfordern zusätzliche Maßnahmen sowie die Unterbrechung des Übertragungsweges im Anschlussbereich. Unbekleidete Bauteile können weitergehende Maßnahmen in der Lamellen- / Element- / Bauteilfuge erfordern.

Unter Anwendung der oben genannten Grundsätze kommen für die Ausführung der Fugen unterschiedliche Maßnahmen infrage. Die Ausführungsvarianten können in Abhängigkeit des geplanten Spaltmaßes  $s$  in der Fuge ausgewählt werden. Hierbei kann zwischen Maßnahmen in der Kontaktfläche sowie Maßnahmen auf der brandzu- und -abgewandten Seite unterschieden werden. Eine Auswahl von Maßnahmen ist in Tabelle 3 dargestellt. Für die vollständige Beschreibung der Anwendungsleitlinien wird auf die Informationsdienst Holz Broschüre «Leitdetails für Bauteilanschlüsse in den Gebäudeklassen 4 und 5» verwiesen [13].

Eine ausreichend lange Widerstandsfähigkeit gegen die Brandausbreitung ist bei Bauteilanschlüssen grundsätzlich gegeben, wenn diese Anschlüsse einen ausreichend hohen Widerstand gegenüber thermischer Beanspruchung und einen ausreichend hohen Widerstand gegenüber (Luft-)Strömung bzw. Rauch (d.h. Rauchdichtheit) aufweisen.

Innerhalb des Vorhabens wurde ermittelt, welche Randbedingungen eingehalten werden müssen, damit die beiden oben aufgeführten Eigenschaften ausreichend lange erhalten bleiben. Der Widerstand gegenüber thermischer Beanspruchung beruht vorrangig auf der Wahl und Anordnung der Baustoffe und auf den geometrischen Abmessungen derselben. Der Widerstand gegenüber (Luft-)Strömung bzw. Rauch hängt primär von der Qualität der Ausführung und der Einhaltung von zulässigen Toleranzen (Maßhaltigkeit) ab. Bei einer korrekten Ausführung ist somit davon auszugehen, dass die Widerstände der Anschlüsse gegenüber thermischer Beanspruchung und gegenüber Strömung ausreichend hoch sind. Die Maßnahmen zur Sicherstellung der ausreichenden Rauchdichtheit, also die Maßnahmen zur Realisierung eines ausreichenden Strömungswiderstandes, erfolgen entweder konstruktiv, über die gesamte Bauteilfuge, oder mittels zusätzlicher dichtender Maßnahmen (z.B. Klebebänder) auf der brandabgewandten und somit «kalten» Seite der Fügung.

Tabelle 3: Klassifizierung der Spaltmaße und Übersicht möglicher Maßnahmen aus [13]

S	Außenwand	Trennwand	Prinzip	(1)	(2)	(3)
			Maßnahme auf der brandzugewandten Seite	Maßnahme in der Kontaktfläche zwischen den Holzbauteilen	Maßnahme auf der brandabgewandten Seite	
1	$\leq 0,5 \text{ mm}$		keine Maßnahme notwendig	keine Maßnahme notwendig	keine Maßnahme notwendig	
2	$\leq 2 \text{ mm}$		keine Maßnahme notwendig	keine Maßnahme notwendig	Verspachtelung oder Verfugung Brandschutzdichtmasse / -stoffe / -bänder Dauerelastische Verfugung Dichtbänder	
3	$\leq 2 \text{ mm}$ vi		keine Maßnahme notwendig	keine Maßnahme notwendig	vollflächige Abdeckung mit Bekleidung / Fußbodenaufbau luftdichte Abklebung	
4	$\leq 5 \text{ mm}$		Brandschutzdichtmasse / Brandschutzstoffe / Brandschutzbänder	Dämmstoff [B2]	keine Maßnahme notwendig	
5	$\leq 5 \text{ mm}$ v		vollflächige Abdeckung mit Bekleidung / Fußbodenaufbau	Dämmstoff [B2]	keine Maßnahme notwendig	
6	$\leq 15 \text{ mm}$		Brandschutzdichtmasse / Brandschutzstoffe / Brandschutzbänder	Dichtungsstreifen / SchalldämmLAGER bzw. Brandschutzdichtmasse	keine Maßnahme notwendig	
7	$\leq 15 \text{ mm}$		vollflächige Abdeckung mit Bekleidung / Fußbodenaufbau	Dichtungsstreifen / SchalldämmLAGER bzw. Brandschutzdichtmasse	keine Maßnahme notwendig	
8	$\leq 30 \text{ mm}$		keine Maßnahme notwendig	Mineralwolle [A]	keine Maßnahme notwendig	

s Spaltmaß in mm

(A) raumabschließendes Bauteil / Element

(B) raumabschließendes Bauteil / Element

Eine besondere Herausforderung stellen Anschlüsse von flankierenden Bauteilen dar, da hier die Gefahr einer Brandweiterleitung über eine raumabschließende Konstruktion hinweg besteht (siehe Abb. 8). In Bezug auf die bisherigen Grundlagen der M-HFHHolzR [4] würde die klassifizierte Brandschutzbekleidung eine Rauchweiterleitung wirksam verhindern. Auf Basis der aktuellen bauaufsichtlichen Grundlagen (u.a. der LBO BW) können jedoch reduzierte Bekleidungen ausgeführt werden, die nicht den Anforderungen der M-HFHHolzR entsprechen bis hin zu deren vollständigem Verzicht. Um eine Gleichwertigkeit zu erzielen, ist daher eine entsprechende Maßnahme in der Fügung des flankierenden Bauteiles zur Begrenzung des Rauchdurchtritts anzugeben. Hierfür eignen sich beispielsweise ein Mineralwolle-Schott nach DIN 4102-4 oder eine Verblockung aus Holz (siehe Abbildung 8).

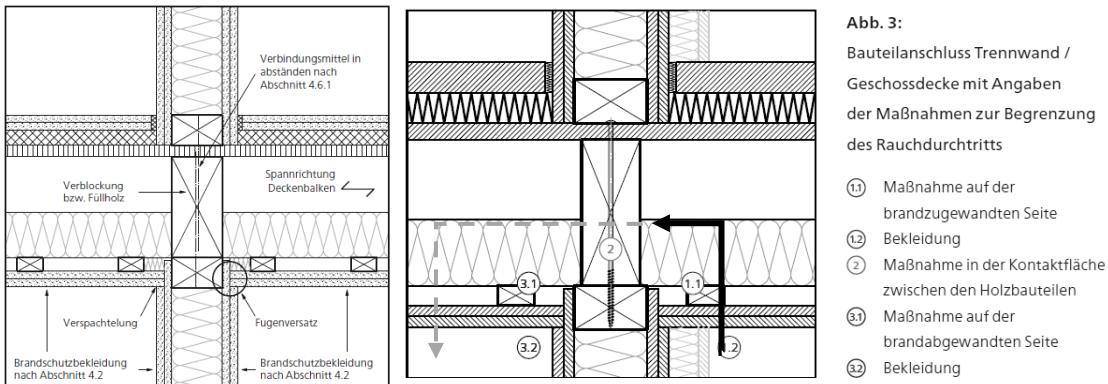


Abbildung 8: Anschluss Trennwand/Geschossdecke mit Anforderungen der MHolzbauRL [14] sowie Maßnahmen zur Begrenzung des Rauchdurchtritts [13]

Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte bestätigt werden, dass ein Mineralwolle-Schott nach DIN 4102-4 [5] zwar die Anforderungen hinsichtlich des Raumabschlusses und des Temperaturdurchgangs (EI-Kriterien nach DIN EN 13501-2 [6]) erfüllt. Da das Mineralwolle-Schott jedoch ohne entsprechende Kompression eingebracht werden darf, muss auf Grundlage der Versuchsergebnisse davon ausgegangen werden, dass größere Mengen (kalter) Rauchgase über den Bauteilanschluss hinweg transportiert werden können. Im Sinne einer zusätzlichen Robustheit hinsichtlich des Personen- und Sachwertschutzes wird daher über die Mindestschutzziele hinaus die Anordnung einer Verblockung mit entsprechender Qualität für Holztafelbauweisen bei flankierenden Bauteilen empfohlen.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Beschluss des baden-württembergischen Landtags vom 5. November 2014 zur Novellierung der Landesbauordnung (LBO BW) und deren Inkrafttreten zum 1. März 2015 wurden in Baden-Württemberg baurechtskonform Bauvorhaben in Holzbauweise bis zur Hochhausgrenze möglich. Vor diesem Hintergrund bedurfte es zur Planung und Umsetzung entsprechender Bauvorhaben jedoch Leitdetails hinsichtlich bewerteter Bauteile bzw. insbesondere geeigneter Bauteilanschlüsse mit dem Fokus auf deren Beurteilung hinsichtlich des Raumabschlusses. Daher wurden im Vorhaben HolzbauRLBW in vorheriger Abstimmung mit der Obersten Bauaufsicht des Landes Baden-Württemberg vorrangig praxisübliche Bauteilanschlüsse hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit im Sinne der LBO BW in der zuletzt am 18. Juli 2019 geänderten Fassung untersucht und weiterentwickelt.

Die Entwicklung von Leitdetails ist insbesondere auf Grund der fortschreitenden Novellierung der Landesbauordnungen als auch der Musterbauordnung (MBO) sowie der MHolzbauRL im Hinblick auf eine Öffnung zugunsten des mehrgeschossigen Holzbau von elementarer Bedeutung. Mehrere Bundesländer haben bereits ihre Landesbauordnung hinsichtlich der Zulässigkeit von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen, an die hochfeuerhemmende bzw. feuerbeständige Anforderungen bestehen, angepasst. In der aktuellen MBO [2] erfolgte dies ebenfalls mit Verweis auf technische Baubestimmungen. Durch die MHolzbauRL (2020) [14] liegt eine solche technische Baubestimmung bereits vor, deren bauaufsichtliche Einführung in den Ländern ansteht.

Die Annahme, allein massive Holzbaukonstruktionen und deren Anschlüsse seien in der Lage, die Schutzziele für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 zu erfüllen, konnte um die Erkenntnis erweitert werden, dass Anschlüsse von üblichen Konstruktionen in Holztafelbauweise unter Beachtung der im Holzbau bereits weitestgehend üblichen Maßnahmen nicht kritischer hinsichtlich der Rauchdichtheit sind. Grundsätzlich wurde anhand der Betrachtung von Bauteilanschlüssen, bei denen gemeinhin die Rauchdichtheit angenommen bzw. vorausgesetzt wird, im Vergleich zu praxisüblichen An schlüssen in Holzbauweise herausgearbeitet, dass von letzteren kein erhöhtes Risiko hinsichtlich von Rauchentwicklung und Rauchdurchtritt ausgeht.

Auf Basis der vorgestellten Ergebnisse konnten gesicherte quantitative Messungen zum Rauchdurchtritt bei Bauteil- und Elementfugen von Holz-Holz-Anschlüssen durchgeführt werden. Die Messtechnik bietet darüber hinaus das Potenzial, zukünftig eine verstärkte Rolle im Rahmen der Bewertung von Feuerwiderstandsprüfungen einzunehmen. Die sich aus dem Projekt ergebenen Leitdetails wurden jüngst in der Schriftenreihe des Informationsdienst Holz veröffentlicht und stehen somit den Planern, Architekten, Bauaufsichten und den weiteren am Bau beteiligten Akteuren zur Verfügung.

## 6. Literatur

- [1] Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO BW) in der Fassung vom 05.03.2010, zuletzt geändert durch Gesetz vom 18.07.2019 (GBI, S. 313)
- [2] Musterbauordnung (MBO) in der Fassung November 2002, zuletzt geändert durch den Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020
- [3] Musterbauordnung (MBO) in der Fassung November 2002, geändert durch den Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016
- [4] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHHolzR), Fassung Juli 2004
- [5] DIN 4102-4:2016-05: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile.
- [6] DIN EN 13501-2:2016-12: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen; Deutsche Fassung.
- [7] DIN EN 1363-1:2012-10: Feuerwiderstandsprüfungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung.
- [8] DIN 4102-2:1977-09, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen.
- [9] Sudhoff et.al.: Beurteilung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteil- und Elementfugen im Rahmen des HolzbauRLBW-Projektes, Tagungsband Symposium Heißbemessung 2019, Braunschweig.
- [10] Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW – HolzbauRLBW, Abschlussbericht abrufbar unter <https://www.holzbauoffensivebw.de/de/frontend/product/detail?productId=17>
- [11] DIN EN 1365-1:2013-08: Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile - Teil 1: Wände; Deutsche Fassung EN 1365-1:2012 + AC:2013
- [12] DIN EN 1365-2:2015-02: Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile - Teil 2: Decken und Dächer; Deutsche Fassung EN 1365-2:2014
- [13] Dederich, L. (Hrsg.): Leitdetails für Bauteilanschlüsse in den Gebäudeklassen 4 und 5, Informationsdienst Holz, holzbau handbuch, Reihe 3, Teil 5, Folge 2 <https://informationsdienst-holz.de/publikationen/leitdetails-fuer-bauteilanschluesse-gbaeudeklasse-4-und-5>
- [14] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) Fassung Oktober 2020

# **Bauen ohne Grundstück – Aufstockungen leicht umgesetzt**

# **Potential Aufstockungen – Dächer als neue Grundstücke in hochurbanen Lagen**

Matthias Günther  
Pestel Institut  
Hannover, Deutschland



# Potential Aufstockungen – Dächer als neue Grundstücke in hochurbanen Lagen

## 1. Warum interessieren wir uns überhaupt für das Thema Nachverdichtung?

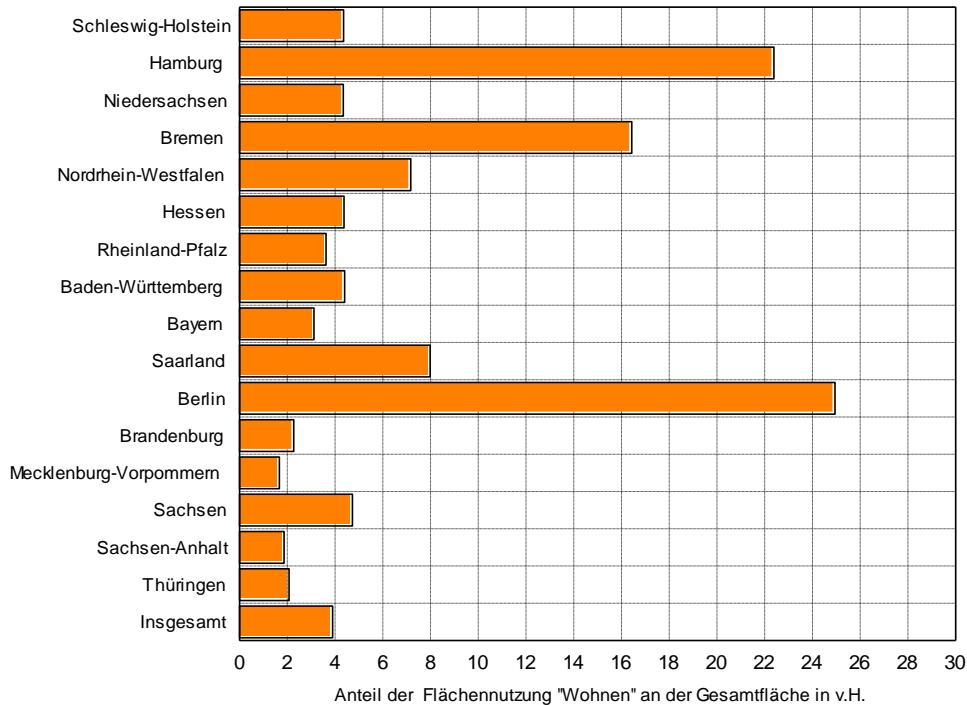


Abbildung 1: Anteil der Flächennutzung «Wohnen» an der Gesamtfläche nach Bundesländern 2020

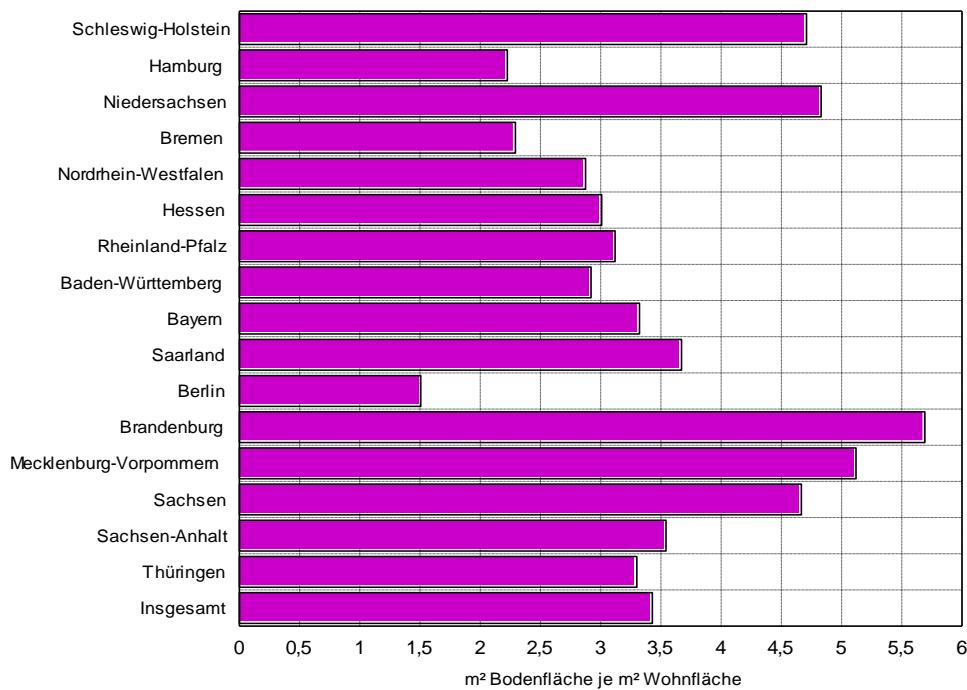


Abbildung 2: Flächennutzung «Wohnen» je m²-Wohnfläche nach Bundesländern 2020

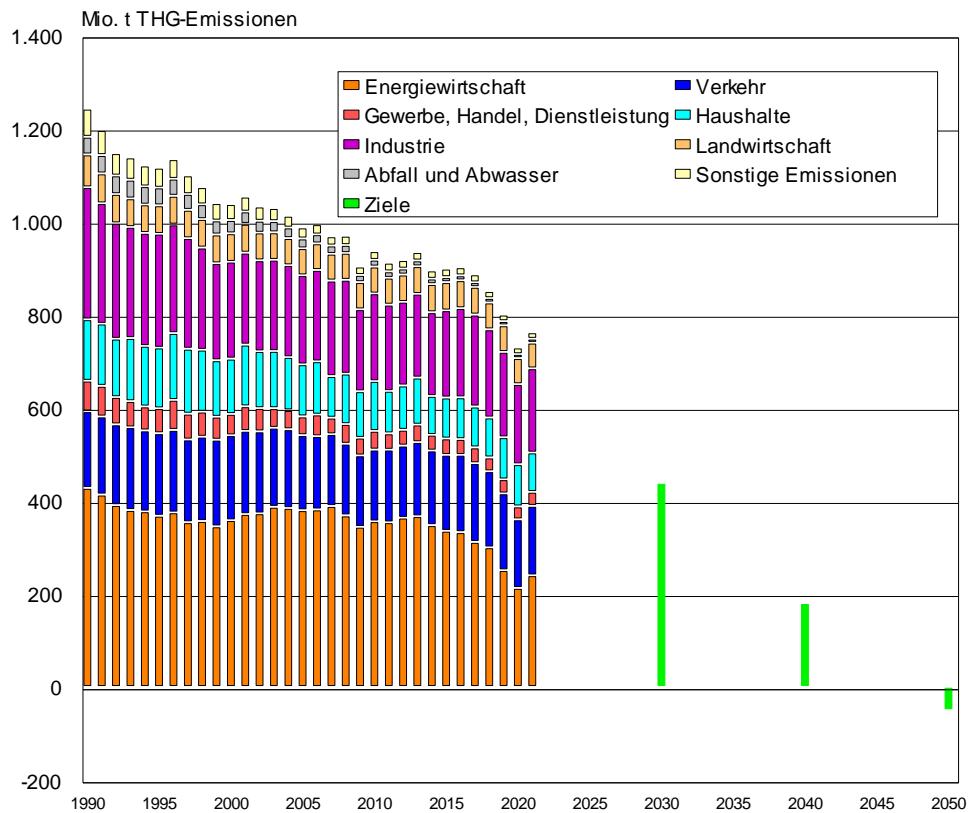


Abbildung 3: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland in der Abgrenzung der Sektoren des Aktionsprogrammes Klimaschutz 2020

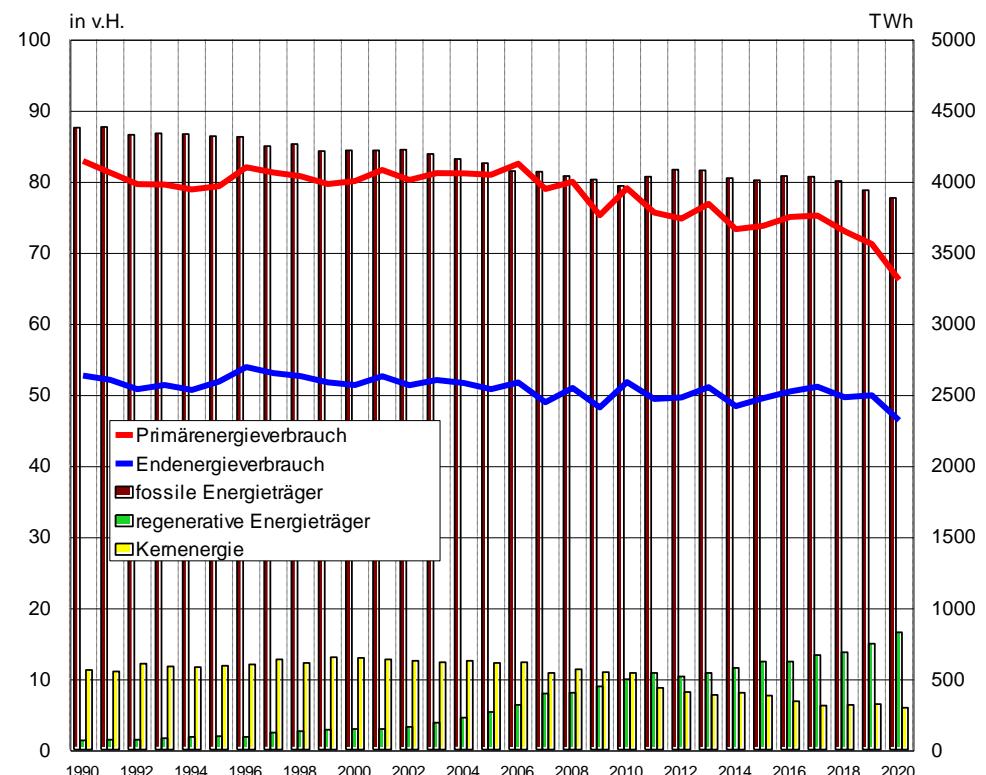


Abbildung 4: Anteil verschiedener Energieträger am Primärenergieverbrauch in Deutschland von 1990 bis 2020

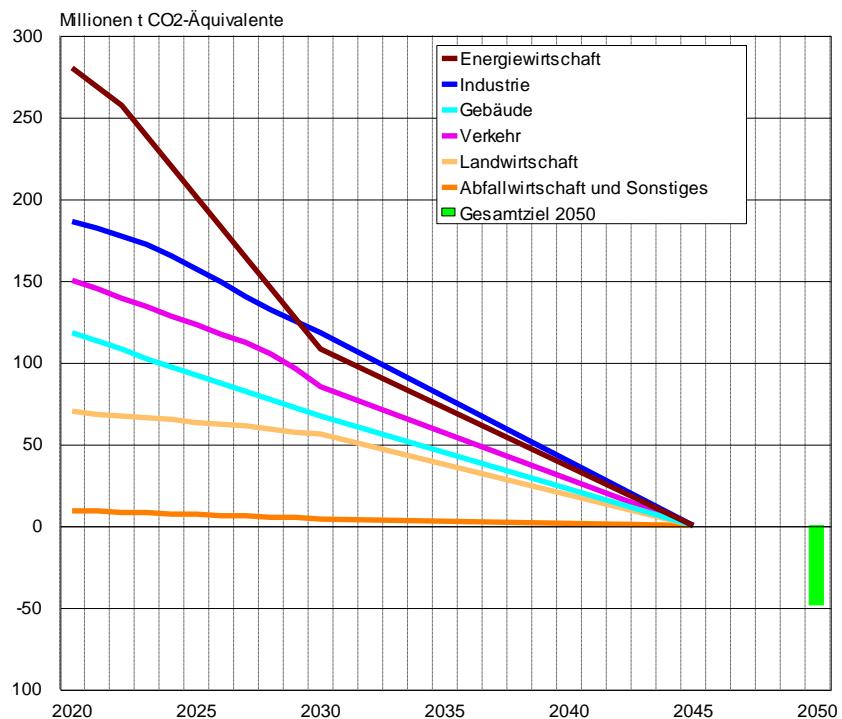


Abbildung 5: Vorgaben zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach der Änderung des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021

## 2. Die Wohnungsmarktsituation in Deutschland

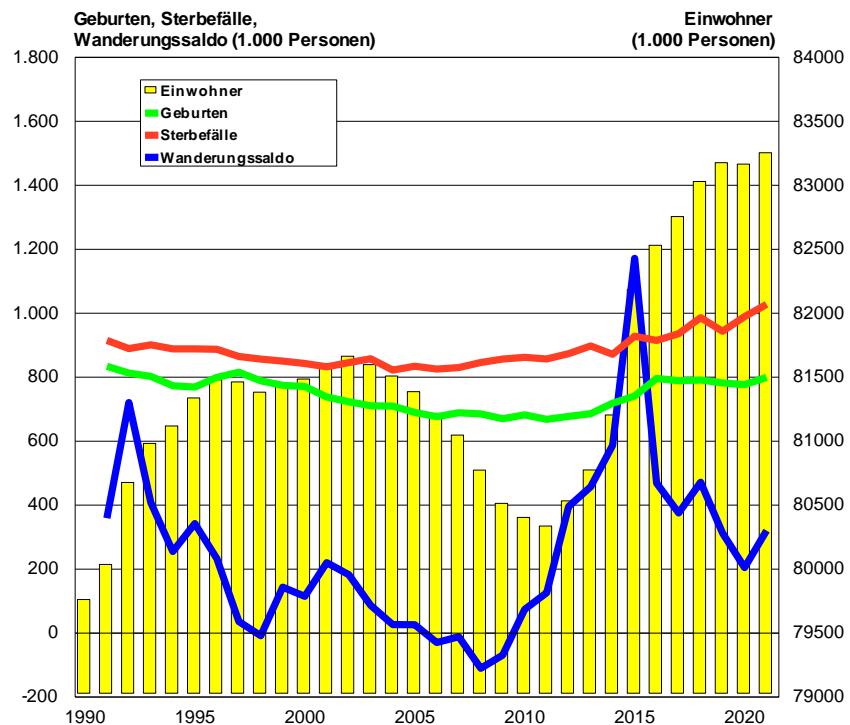


Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland von 1990 bis 2021

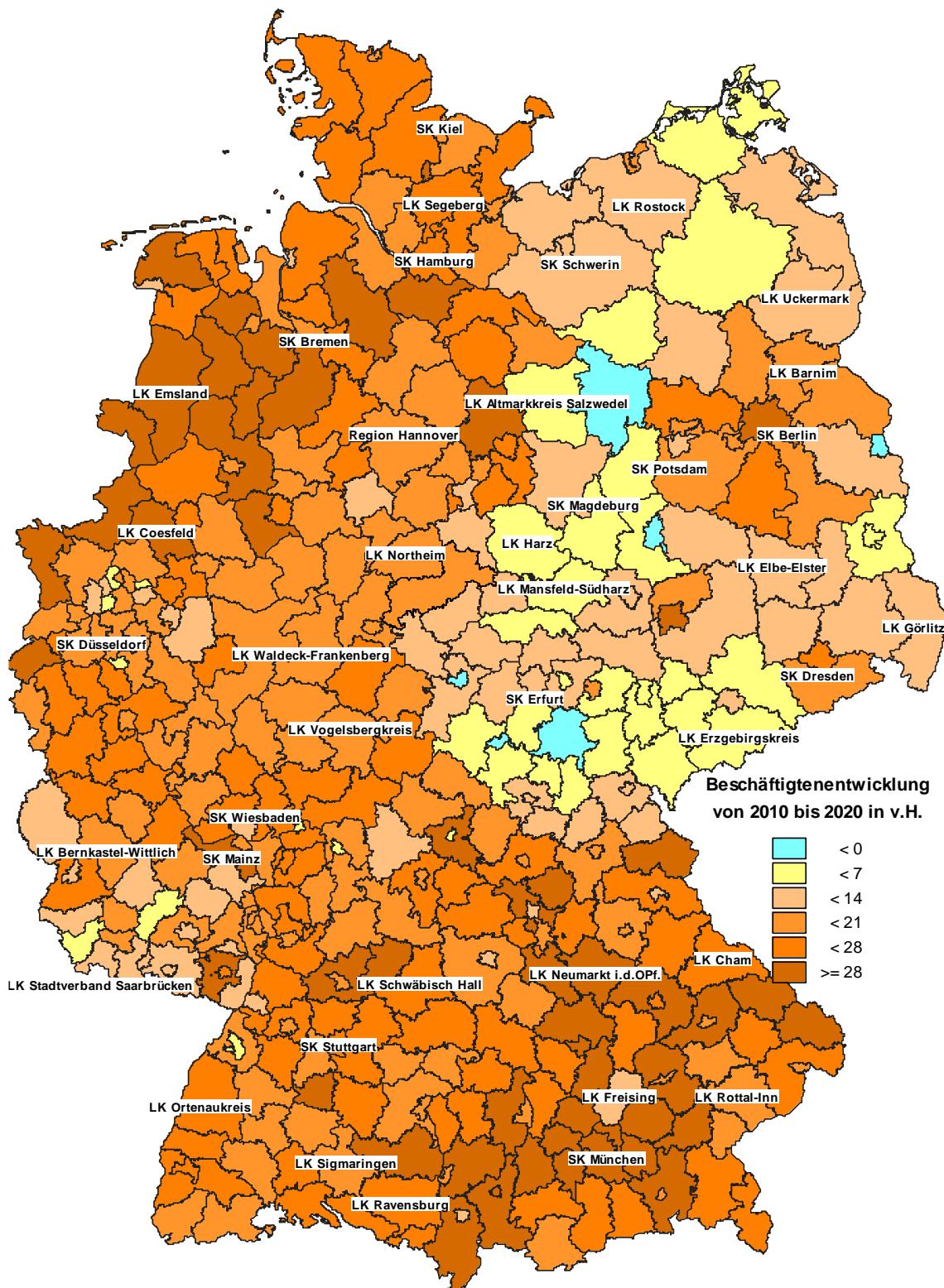


Abbildung 7: Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in den Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands von 2010 bis 2020 in v. H.

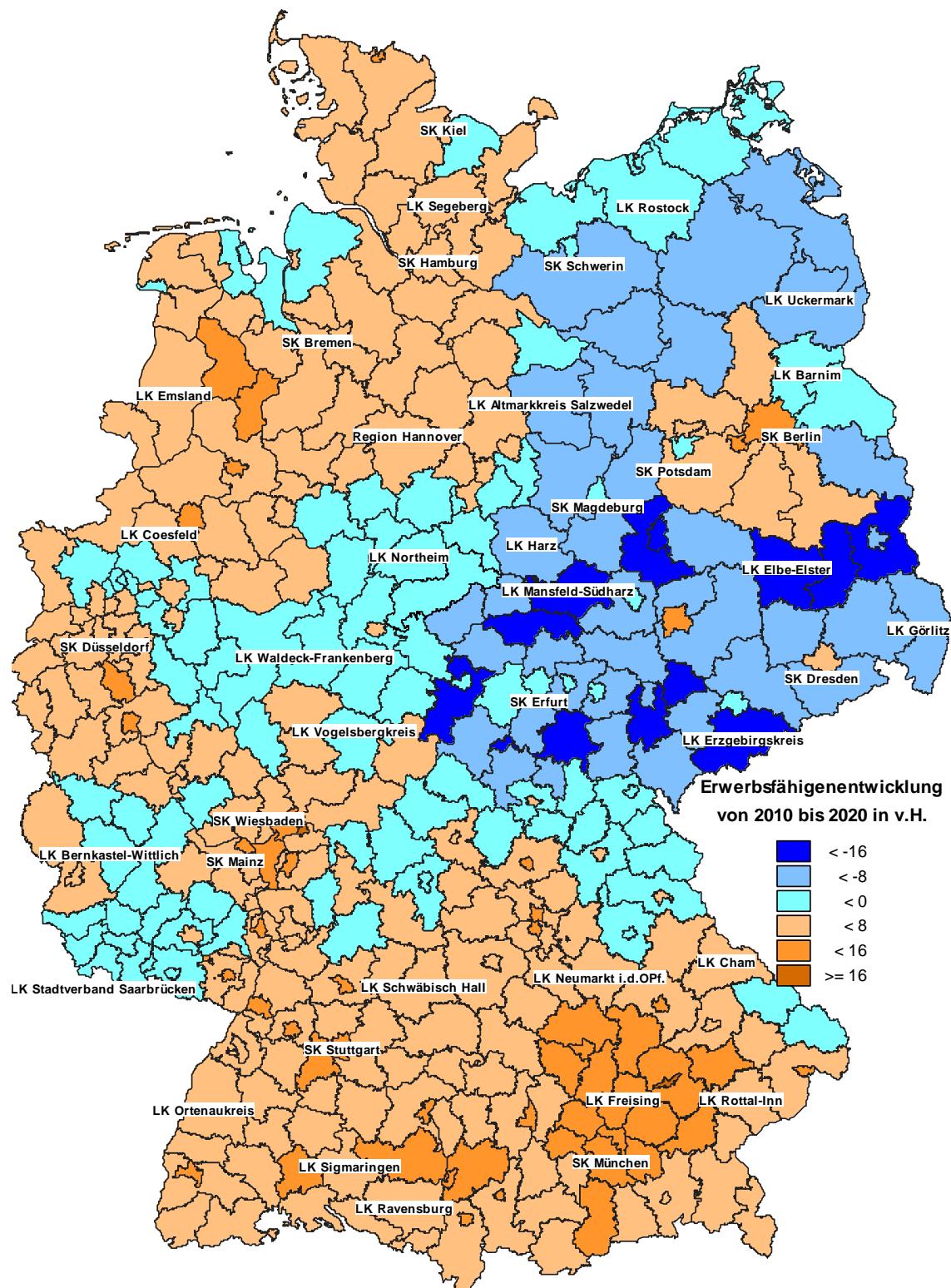


Abbildung 8: Entwicklung der Erwerbsfähigen in den Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands von 2000 bis 2020 in v. H.

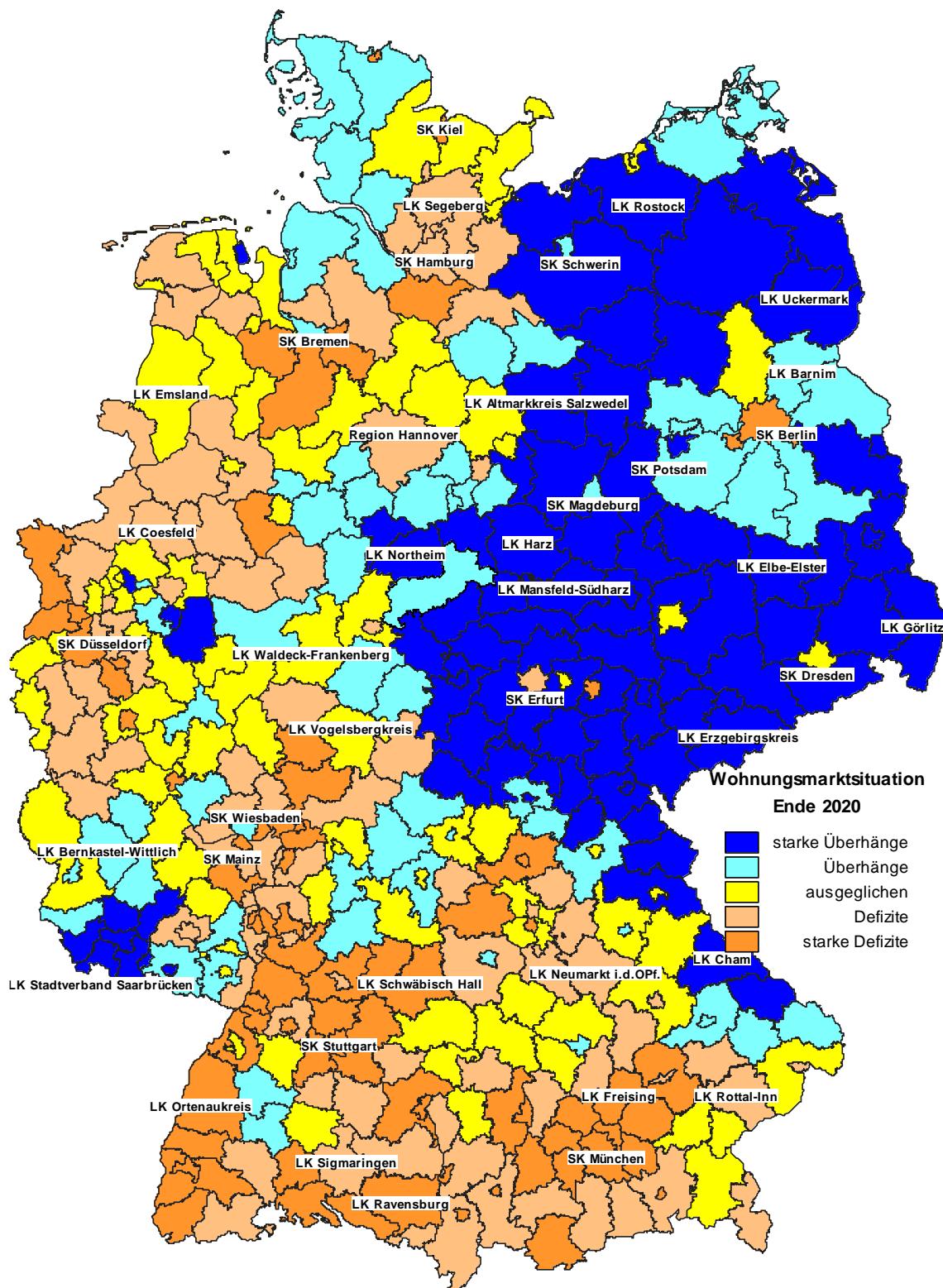


Abbildung 9: Wohnungsmarktsituation in den Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands Ende 2020

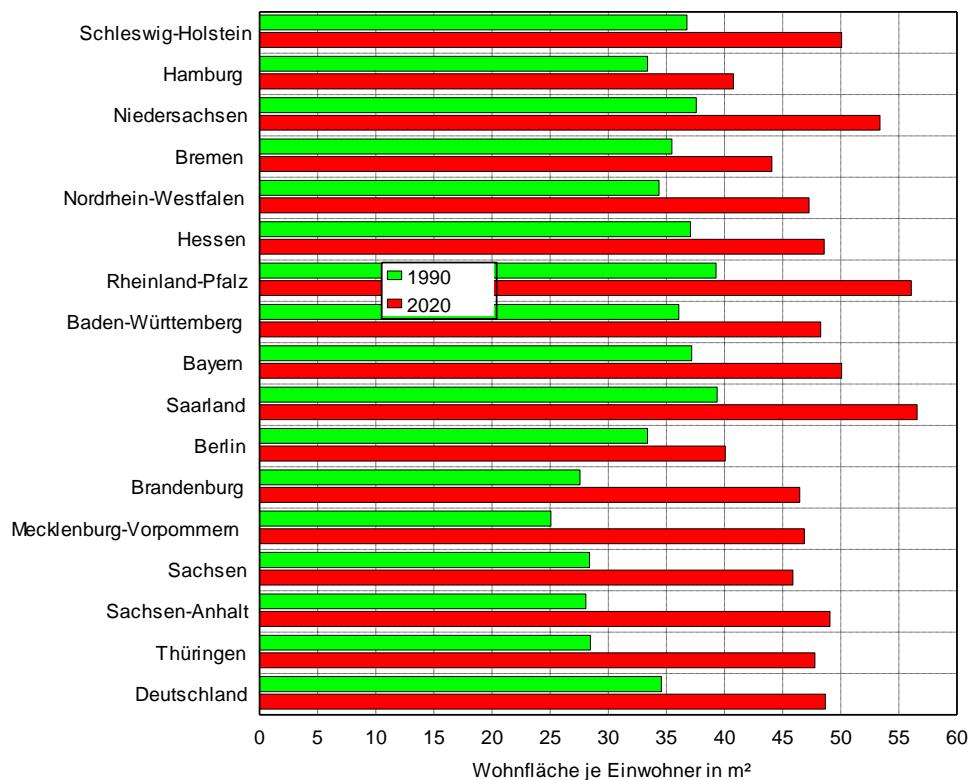


Abbildung 10: Wohnfläche je Einwohner nach Bundesländern in den Jahren 1990 und 2020

### 3. Ein Zwischenfazit

- Trotz Corona ist die Beschäftigungssituation zumindest für Arbeitssuchende hervorragend,
- inzwischen zeigen sich deutliche Auswirkungen des Krieges Russlands gegen die Ukraine,
- die Zuwanderung nach Deutschland läuft wieder auf sehr hohem Niveau,
- der Wohnungsbau hatte 2020 einen zwischenzeitlichen Höhepunkt, konnte dieses Niveau 2021 aber nicht halten,
- die Versorgung einkommensschwacher Haushalte mit Wohnungen wird zunehmend schwieriger,
- die Fluktuation im Bestand sinkt; Geringverdiener können nur umziehen, wenn sie die Städte verlassen,
- besonders stark betroffen sind alle Randgruppen der Wohnungsnachfrage, die schon bei ausgeglichenen Märkten nicht in der Lage sind, sich selbst am Markt mit Wohnraum zu versorgen.

## 4. Was könnte die Zukunft bringen?

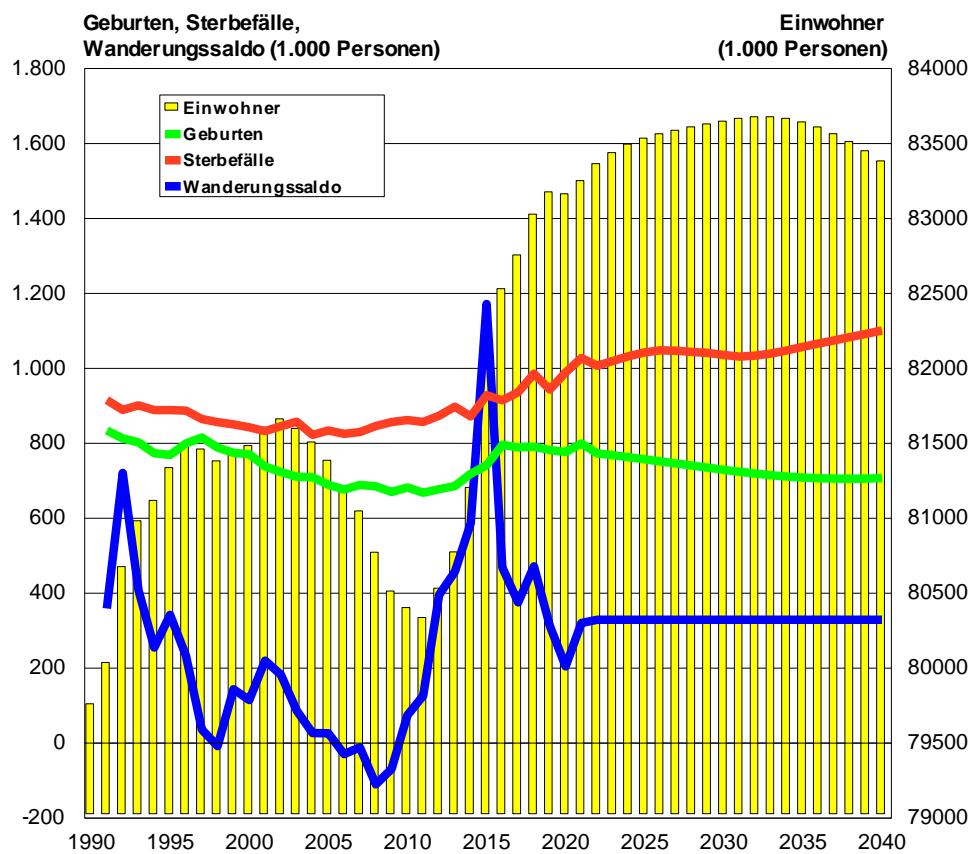


Abbildung 11: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland von 1990 bis 2021 und im Szenario bis 2040

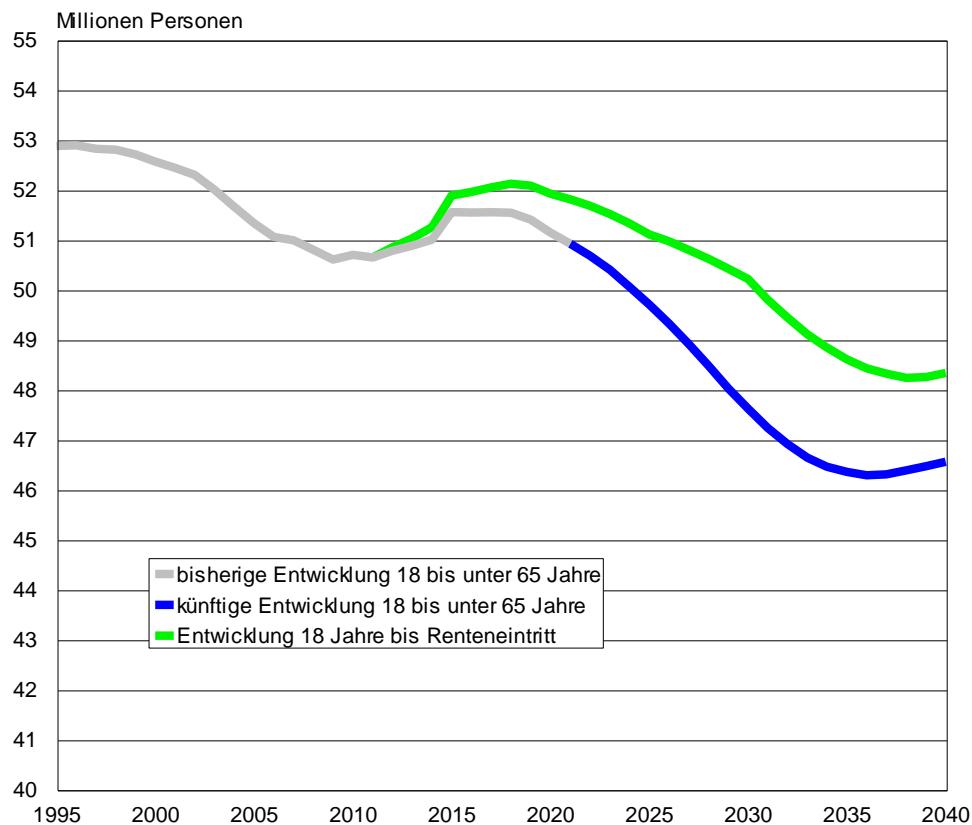


Abbildung 12: Entwicklung der erwerbsfähigen Bevölkerung bis 2021 und im Szenario bis 2040

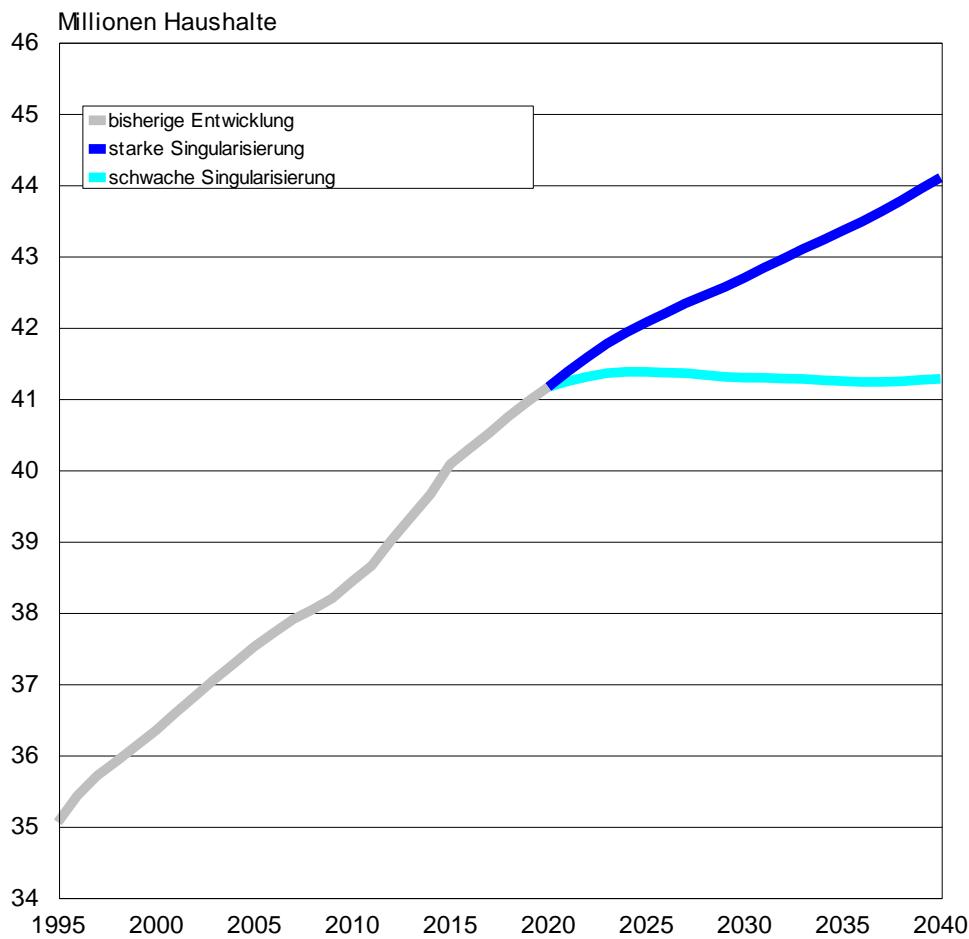


Abbildung 13: Entwicklung der Zahl privater Haushalte in Deutschland bis 2020 und in zwei Szenarien bis 2040

## 5. Bewertung der aktuellen Situation und Ausblick auf die kommenden Jahre

Die Ziele der Bundesregierung im Wohnungsbau sind ausdrücklich zu unterstützen. Ein Wohnungsbau von 400.000 WE je Jahr ließe einen vollständigen Defizitabbau bis 2025 zu. Mehr Wettbewerb und mehr Auswahl für Mieter und Käufer wird über mehr neue Wohnungen möglich. Dadurch werden noch vorhandene Mieterhöhungsspielräume beschnitten.

Die Zielerreichung wird aber nur über eine deutliche Ausweitung der Maßnahmen im Gebäudebestand möglich sein.

In der Umnutzung bisher gewerblich genutzter Flächen, vor allem Büroflächen, liegen große Chancen zur Schaffung von Wohnungen mit gegenüber dem Neubau deutlich geringerem Aufwand an Kapital und Personal.

Trotzdem werden temporär auch Arbeitskräfte aus dem Modernisierungsbereich für die Schaffung neuer Wohnungen durch Umbau eingesetzt werden müssen.

Wenn der Baubedarf nach dem Defizitabbau deutlich absinkt, kann sich die Bauwirtschaft umso stärker insbesondere der energetischen Modernisierung des Wohnungsbestandes widmen.

Das Ziel des Neubaus von 100.000 Sozialwohnungen erfordert die Umlenkung von Kapazitäten und damit eine auskömmliche Förderung des sozialen Wohnungsbaus.

Weiterhin muss das Segment des bezahlbaren Wohnens mit einer Zielmiete von 8,5 € je m<sup>2</sup>-Wohnfläche im Neubau gestärkt werden. Hier bedarf es einer gezielten Förderung, die als Gegenleistung eine über mindestens 15 Jahre abgesenkte Miete einfordern muss.

Das in einem Sozialstaat mit über 15 Millionen armen Menschen nur 1,1 Millionen Sozialwohnungen (2,6% des Wohnungsbestandes) vorhanden sind und nur 0,62 Millionen Haushalte (1,5% der privaten Haushalte) Wohngeld bezogen haben, zeigt die Notwendigkeit eines Ausbaus des sozialen Wohnens.

Die Weiterentwicklung des inklusiven Wohnens wurde in den vergangenen Jahren vernachlässigt. Hier müssen dringend neue Akzente gesetzt werden. Das Vorhalten von Contingenzen aus dem Sozialwohnungsneubau für benachteiligte Gruppen ist geboten.

## 6. Identifizierung von Regionen mit Aufstockungspotenzial

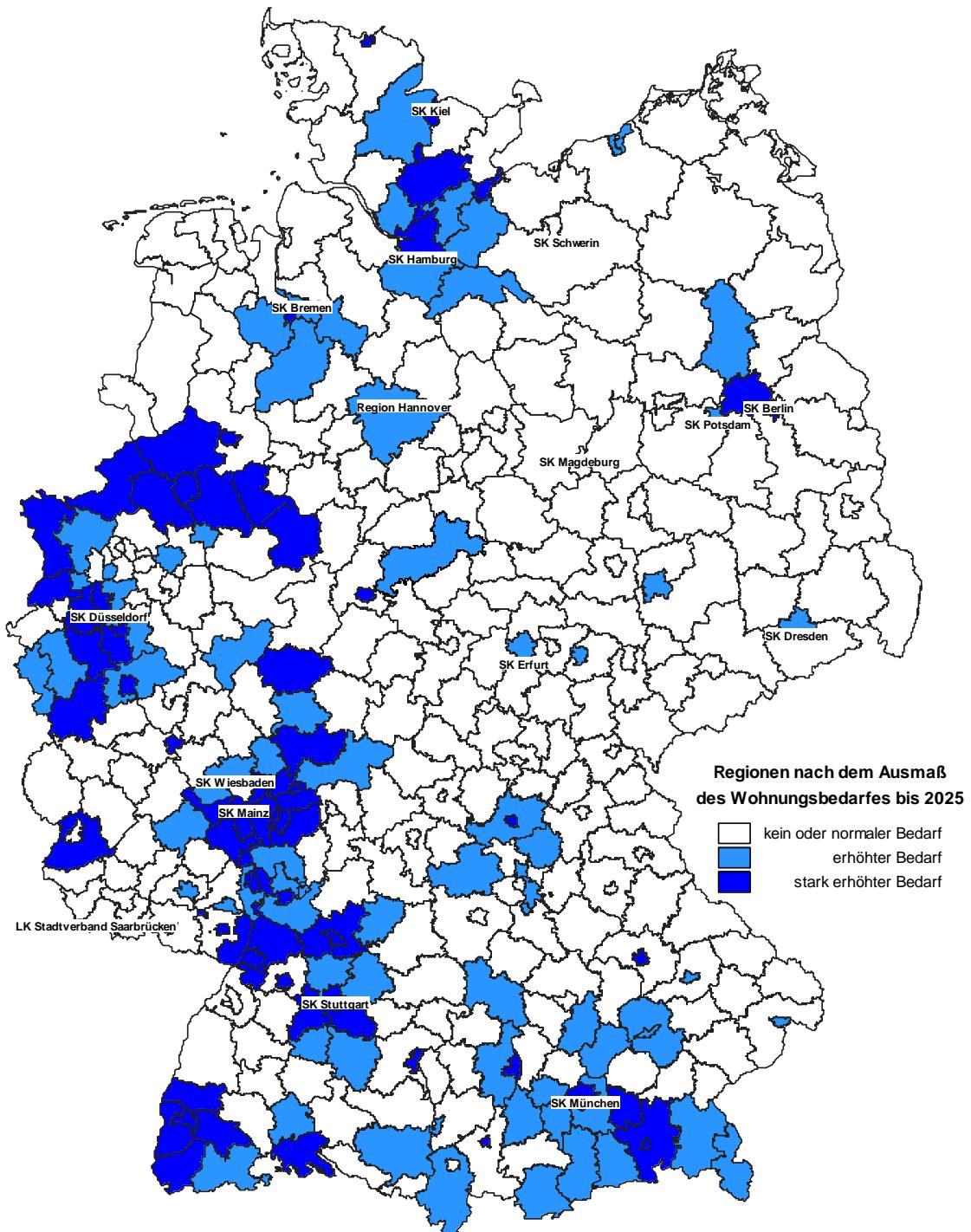


Abbildung 14: Verteilung der Regionen mit sinnvollem Aufstockungspotenzial in Deutschland

Der Wohnungsbedarf der kommenden zehn Jahre entfällt zu gut zwei Drittel auf die identifizierten Regionen mit Aufstockungspotenzial.

In den übrigen Gebieten dominiert der Ein- und Zweifamilienhausbau auch künftig die Bedarfsdeckung

Die Potenziale im Überblick:

- 1,1 Mio. bis 1,5 Mio. Wohneinheiten auf Wohngebäuden der 1950er- bis 1990er-Jahre (aktualisierter Stand der Deutschlandstudie 2016).
- 20.000 Wohneinheiten oder soziale Infrastruktur auf Parkhäusern der Innenstädte.
- 560.000 Wohneinheiten durch Aufstockung von Büro- und Verwaltungsgebäuden.
- 2 Mio. Wohnungen á 70 m<sup>2</sup> durch die Umwandlung von 40 % der Büroflächen (Schätzung der ARGE Kiel e.V.).
- 400.000 Wohneinheiten auf den Flächen von eingeschossigem Einzelhandel, Discounter und Märkten, bei Erhalt der Verkaufsflächen.

In der Gesamtheit bieten die betrachteten Gebäudetypologien ein Potenzial von 4,0 Mio. bis 4,5 Mio. Wohnungen.

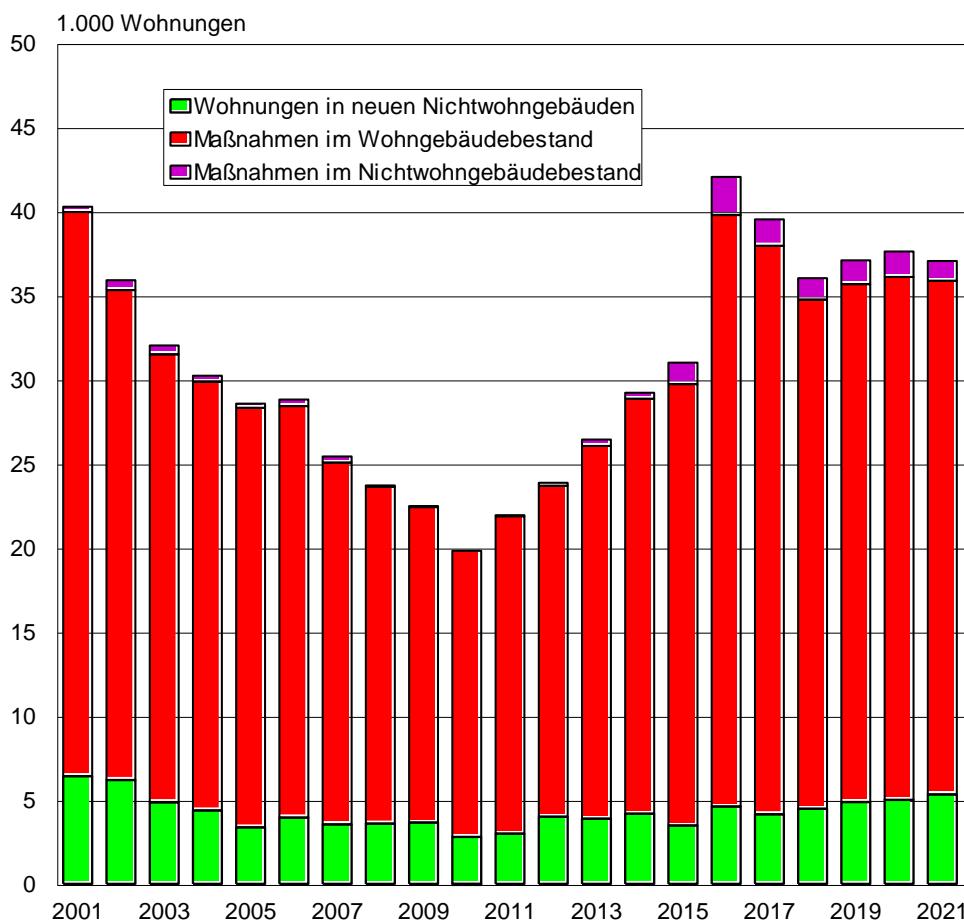


Abbildung 15: Die Realität der Schaffung von Wohnungen außerhalb des Neubaus von Wohngebäuden

## 7. Fazit

- Zwei zentrale staatliche Ziele, die Ausweitung des Wohnungsbaus ohne zusätzliche Baulandflächen, werden von Aufstockungen und Umnutzungen in nahezu idealer Weise gestützt.
- Da aktuell nur wenig baureife Flächen verfügbar sind, könnten Aufstockungen unmittelbar einen erheblichen Beitrag zum Abbau des Wohnungsmangels beitreten.
- Der bisherige «Normalfall» ist aber der Neubau von Wohngebäuden.
- Eine, auch mit Blick auf die Ziele des Bauministeriums (in welches Ministerium die auch immer eingegliedert sind), sinnvolle schnelle Marktdurchdringung könnte durch eine temporäre Förderung unterstützt werden.
- Wenn hinreichend Aufstockungen und Umnutzungen realisiert sind, wird auch die, ökonomisch ohnehin hochinteressante, Aufstockung und Umnutzung ein Normalfall werden.
- Soweit bauordnungsrechtliche Hemmnisse bestehen, sind deren Zielstellungen mit den Zielen einer verbesserten Wohnungsversorgung bei möglichst niedrigem Flächenverbrauch abzuwegen.
- In der Realität konnten sich die Vorschläge bisher leider nur unzureichend durchsetzen.

# **Kontemplation zwischen Plattenbau und Holzbauweise**

Vera Hartmann  
Sauerbruch Hutton Architekten  
Berlin, Deutschland



(Abbildung: © Urban Zintel)

# Kontemplation zwischen Plattenbau und Holzbauweise

## 1 Berlin Metropolitan School

### 1.1. Das Projekt

Die Berlin Metropolitan School wurde im Jahr 2004 gegründet und ist die älteste internationale Schule in Berlin Mitte. Um ihr besonderes pädagogisches Konzept umzusetzen und die neu eingerichteten Oberstufenklassen unterzubringen, benötigte die Schule zusätzliche Nutzflächen. Die Schule ist in einem bestehenden Plattenbau aus DDR-Zeiten untergebracht, der 1987 in der Schulbaureihe 80 errichtet wurde. Im Inneren des Blocks gruppieren sich vier Gebäudeteile mit unterschiedlichen Höhen um einen großzügigen Schulhof. Das Projekt umfasst die Aufstockung von drei der bestehenden Gebäude auf dem Dach sowie einen seitlichen Anbau, der bis zum Erdgeschoss reicht. Die neuen Räume bieten zusätzliche Klassenräume, Musikräume, eine Bibliothek mit Zugang zu einem Dachgarten, Büros sowie eine große Aula, in der vielfältige Veranstaltungen der Schulgemeinschaft stattfinden.

Die Bauarbeiten mussten während der Schulzeit durchgeführt werden und wurden entsprechend dem allmählich steigenden Bedarf an zusätzlichen Räumen in Etappen realisiert. Daher wurde die Erweiterung als vorgefertigtes Holzsystem konzipiert, das eine schnelle Errichtung mit minimaler Störung gewährleistet. Die Holzkonstruktion erforderte aufgrund ihres geringen Eigengewichts weder zusätzliche Fundamente noch Eingriffe in die Tragstruktur der bestehenden Bausubstanz.

Durch die Variation der Raumgrößen und -qualitäten entstehen Räume, die sowohl für die Gemeinschaft als auch für den Rückzug, für individuelles Lernen und teamorientiertes Arbeiten geeignet sind. Der leichte und nachhaltige Baustoff Holz wird nur teilweise verkleidet und im Inneren sichtbar belassen. Er schafft so eine gesunde, angenehme Arbeitsatmosphäre für Schüler und Lehrer gleichermaßen. Von außen betrachtet passt die Kupferverkleidung zum warmen Ton der Ziegelriemchen der bestehenden Plattenbaumodule und hebt gleichzeitig den neuen Eingriff vom bestehenden Gebäude ab. Als kreislaufkompatible Konstruktion ist die Kupferfassade sowohl dauerhaft als auch wiederverwendbar und verliert im Laufe der Zeit nicht an Wert.



Abbildung 1: Berlin Metropolitan School © Jan Bitter

## 1.2. Die Erweiterung

Das Hauptaugenmerk lag zunächst auf der bestehenden Struktur und der Frage, wie mit ihr hinsichtlich zusätzlicher Lasten und Ästhetik umzugehen ist, zusätzliche Gründungskosten sollten vermieden werden. Die Tragstruktur des Aufstockung wurde daher an die bestehende Struktur angepasst, um so wirtschaftlich wie möglich zu sein. Holz war wegen des geringen Eigengewichts das am besten geeignete Material.

Gestalterisch war es wichtig, das extreme Raster der dadurch etwas eintönigen Fassade aufzubrechen, ohne das tragende Raster des Bestandsgebäudes zu negieren. Auch die Erscheinung des Bestandsgebäudes sollte so weit wie möglich erhalten bleiben, es sollte seine Eigenständigkeit bewahren und durch die Erweiterung aufgewertet werden. Im Gegensatz zum Bestand wurden für den Anbau drei verschiedene Fensterformate verwendet, die unregelmäßig in eine Kupferfassade eingestreut sind und sich aus der ökonomischsten Breite des Kupfers ableiten. Die Außenwand der Erweiterungsflächen fällt hofseitig nach außen ab und schließt das bestehende Gebäude ab. Auf der Straßenseite sind die Dächer nach innen geneigt und interpretieren das bestehende Dach neu.



Abbildung 2: Berlin Metropolitan School © Jan Bitter

Das Herzstück des Erweiterungsbau ist die dringend benötigte Aula der Schule, die im Bestandsgebäude aufgrund des engen Baurasters nicht realisiert werden konnte. Sie ist in einem großen Dach untergebracht, das von außen durch seine verschiedenen Winkel seine wahre Größe kaum erkennen lässt.

Schulräume werden meist nur tagsüber genutzt, und gerade private Schulen neigen dazu, sich von der Öffentlichkeit abzuschotten. Nachhaltig ist ein Gebäude auch dann, wenn es für möglichst viele verschiedene Zwecke genutzt werden kann. Die Aula der Schule wurde als Versammlungsort für 1.150 Personen nach Schulschluss genehmigt. Sie kann somit an Externe übergeben und für unterschiedlichste Veranstaltungen bespielt werden. Die Nachhaltigkeit besteht hier neben der Multifunktionalität auch in der Weiternutzung des Hauses nach Schulschluss oder in den Ferienzeiten. Das Potential, den Raumbedarf in unseren dichten Städten zu decken und Neubauten zu vermeiden, soll hier genutzt werden.

Wenn man darüber nachdenkt, wo und wie Lernen heute stattfindet, ist es leicht zu erkennen, dass es dank der Digitalisierung überall stattfinden kann. Das bestehende Gebäude verfügt über sehr breite Flure, die schon immer für Unterrichtszwecke genutzt wurden. Im Erweiterungsbau sollen die Flure aktiv genutzt und mit massiven Eichenmöbeln ergänzt werden. Diese Flächen sollen zum Lernen oder einfach nur zum informellen Austausch dienen. Alle Flure haben daher die gleichen Akustikdecken wie die Klassenzimmer um ein angenehmes Raumklima zu generieren.

Auch die Treppe im Anbau der Linienstraße trägt dem Ansatz der Mehrfachnutzung Rechnung. Es gibt Fenster, an denen man zu zweit sitzen kann und einen guten Blick auf den Schulhof hat, und obwohl dieses Treppenhaus eine Verkehrsfläche ist, ist durch dieses Fenster ein Aufenthaltsbereich und ein Ort zum Verweilen entstanden.

Im Erdgeschoss des Erweiterungsbau an der Linienstraße soll ein öffentliches Café eingerichtet werden. Die Linienstraße weist in diesem Abschnitt nur wenige öffentliche Nutzungen auf, da die Erdgeschosse vieler Gebäude als Hochparterre gebaut wurden. Anstelle die Schule abzuschotten, soll sie sich mit dem Leben in der Stadt verbinden.

### **1.3. Nachhaltigkeit**

Ein Ziel war es, so wenig neues Material wie möglich zu verwenden. Dies musste im Vorfeld mit den Genehmigungsbehörden abgestimmt werden, da brennbare Oberflächen in der Gebäudeklasse 5 eigentlich nicht genehmigungsfähig sind. Der erste Schritt bestand daher darin, auf Verkleidungen wie Gipskartonplatten zu verzichten und die Brennbarkeit der Oberflächen mit den Behörden abzustimmen. Insgesamt ergaben sich daraus 33 Anträge auf Abweichung im Brandschutzkonzept hinsichtlich der Sichtbarkeit von Holz.

Die Konstruktion des Holzrohbaus sollte möglichst sichtbar bleiben. Um die Anforderungen an den Schallschutz und die Haustechnik zu erfüllen, mussten in jedem Klassenzimmer zwei Wände mit einer zusätzlichen Verkleidung versehen werden. Die anderen Wände sind Rohbauwände. Um die rohen Holzoberflächen vor Beschädigungen zu schützen, wurde hier nur ein pigmentiertes Wachs aufgetragen. Diese kann im Schadensfall ausgebessert werden. Das neue Deckensystem besteht aus Hohlkastendecken mit Spannweiten von 10,80 m. Dies ist der Abstand von Aussteifungswand zu Aussteifungswand im Bestandsgebäude. Dieses Deckensystem hat im Gegensatz zu HBV-Decken einen hohen Holzanteil und kann gut wiederverwendet werden, da es sich um sehr lange Elemente handelt. Das eingefüllte Splitmaterial um die Akustik zwischen den Geschossen herzustellen, ist lose und kann wieder entnommen werden. Das Fassadenmaterial ist ein handelsübliches Kupferblech, das in Rollen auf dem Markt erhältlich ist. Bei einer Breite von 35 cm ergibt sich ein Fassadenraster von 30 cm. Das Kupferblech ist hinterlüftet und kann leicht recycelt werden.

Die Nachhaltigkeit besteht für uns allerdings auch immer darin, Poesie und Schönheit in Gebäuden so zu implementieren, dass sie möglichst lange geliebt und genutzt werden.

# Aufstockungen im urbanen Raum - Wien

Peter Krabbe  
Fa. OBENAUF GmbH  
Wien, Österreich



# Aufstockungen im urbanen Raum - Wien

## 1. Klimasensibler Dachgeschoßausbau für eine schöne Stadt

Wien ist eine wunderschöne, besonders lebenswerte Stadt, die von ihren wohlproportionalen, detailreich und stilsicher gestalteten Gründerzeithäusern geprägt ist. Sie bilden mit der Blockrandbebauung den städtebaulichen Charakter und die Substanz der Stadt.

Die Statistik Austria zählte im Jahr 2019 32.400 Gebäude mit Baujahr vor 1919 – die überwiegende Mehrheit aus der Gründerzeitepoche. Das sind rund 20 Prozent aller Wiener Bauten. Vor 100 bis 150 Jahren wurden diese Häuser so gut gebaut, dass wir sie heute noch ausbauen und an die Anforderungen unserer Zeit anpassen können. Ein riesiges Potenzial für die ökologisch sinnvolle Nachverdichtung der bestehenden Stadt.

Wien wächst und braucht ständig neuen Wohnraum. Wir brauchen kreative und bautechnisch ausgereifte Lösungen, um auf diesem großartigen Flächenpotenzial der Gründerzeithäuser hochwertigen, nachhaltigen, neuen Wohnraum zu schaffen und dabei dem Charakter der Häuser und dem von ihnen geprägten Stadtbild gerecht zu werden.

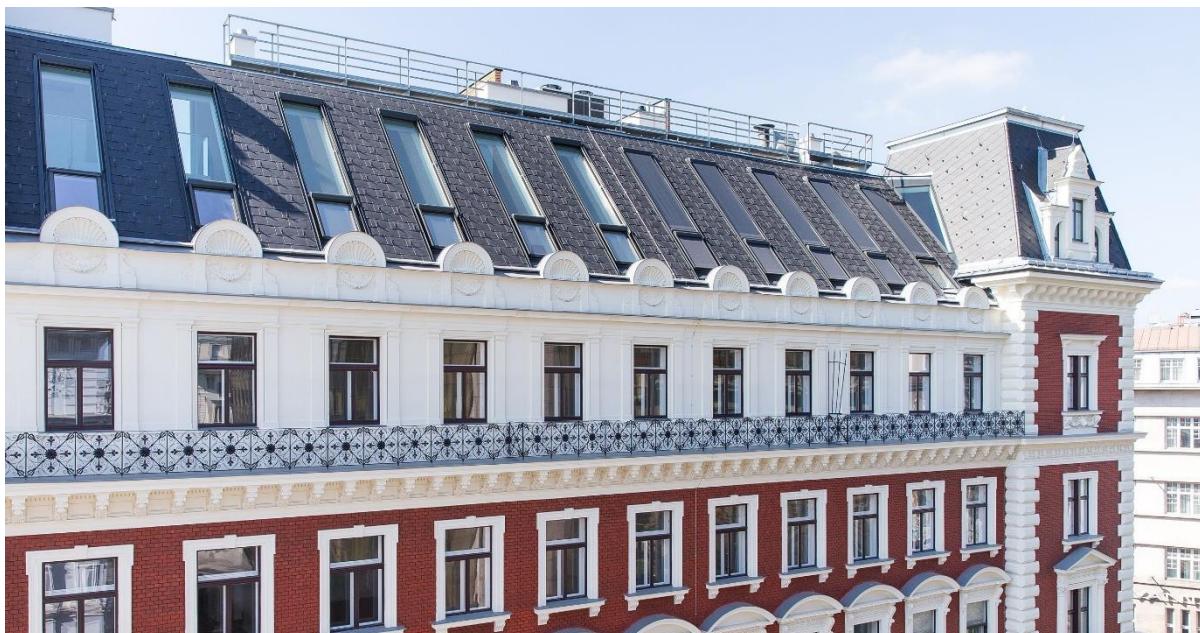


Abbildung 1: Dobelhoffgasse, Foto: © FAKRO

Die Stadt Wien hat erkannt, dass das Wohnraumpotenzial mit geeigneten Regulativen vermehrt genutzt werden würde, und hat 2018 mit einer Bauordnungsnovelle den Dachgeschoßausbau maßgeblich erleichtert. Sie hat damit politischen und ökologischen Willen gezeigt und bewusst auf die vertikale Nachverdichtung der Stadt gesetzt.

Dieser Schritt nach vorne hat Wirkung gezeigt. Immer mehr EigentümerInnen entscheiden sich für einen Dachgeschoßausbau, nicht zuletzt, weil damit das gesamte Haussubstanz aufgewertet wird. Dabei gilt: Je größer die erzielbare Wohnnutzfläche, desto attraktiver ist der Dachgeschoßbau. Je nach baurechtlichen Bestimmungen und planerischem Knowhow können bestehende Gründerzeithäuser meist um zwei neue Geschoße erweitert werden. Im Schnitt bedeutet das eine Nutzflächenerweiterung von rund 30 %.



Abbildung 2: Zirkusgasse, Foto: Hanna Haböck

Mit der Zunahme an Dachgeschoßausbauten wird das klimasensible und nachhaltige Bauen, das sich im Neubau schon immer mehr durchsetzt, auch im Dachgeschoß-Ausbau immer wichtiger. Welche Ansätze gibt es?

## 2. Energielösungen

Derzeit werden die meisten Gründerzeithäuser in Wien mit Erdgas beheizt und mit Warmwasser versorgt. Das ist bekanntermaßen klimaschädlich und es ist zudem sehr wahrscheinlich, dass die EU-Klimaschutzverordnung den Einsatz von Erdgas in den nächsten Jahren unterbinden wird. Hier sind also Lösungen dringend gefragt.

Da bei Sanierungsarbeiten zumeist die Steigleitungen im Haus erneuert werden, ist ein wesentlicher erster Schritt die Umstellung von der Gasetagenheizung auf eine zentrale Heizanlage im Keller. Der Energieträger für die Anlage kann übergangsmäßig noch Erdgas sein. Mittelfristig kann dann aber etwa auf Grundwasserwärme, Fernwärme oder Wärme pumpen umgestellt werden. Die Möglichkeiten sind vielfältig, für jedes Gebäude lässt sich der optimale Energieträger finden.



Abbildung 3: Stadiongasse, Foto OBENAUF

Im Zuge eines Dachgeschoß-Ausbau wird obligat eine Liftanlage notwendig, um die Geschoße barrierefrei für alle Nutzerinnen und Nutzer zu erschließen. Die Liftanlage kann dabei autark über eine Photovoltaikanlage am Dach betrieben werden, sofern genügend zusammenhängende Dachflächen vorhanden sind. Das ist derzeit aufgrund der geltenden Bauordnung nur selten der Fall. Es wäre daher sinnvoll und ein weiterer Schritt nach vorne, wenn die Stadt Wien sich entschließen könnte, vermehrt Staffelgeschoße zu forcieren, die dann geeignete Dachflächen für Photovoltaikanlagen bieten könnten.

## 2.1 Alternative Kühlungslösungen

Im Dachgeschoß muss man sich über die sommerliche Überhitzung immer Gedanken machen, weshalb in den meisten Wohnungen energieintensive Klimaanlagen installiert werden. Aber, es gibt Alternativen, resp. sinnvolle ergänzende Maßnahmen:

- Man kann die Standortbedingungen prüfen und nutzen: Wie sind die Windverhältnisse? Zu welchem Grad steht das Gebäude frei und wie viel Wärme wird vom umliegenden Gebäudebestand gespeichert? Man kann hier mit einer durchdachten Planung der Fenster reagieren, so dass man nachts mit der kühlen Nachtluft querlüften kann.
- Spezielle Glasbeschichtungen wirken einer Überhitzung erstaunlich effektiv entgegen. Auch mit einer gut durchdachten Wärmedämmung lässt sich viel erreichen.
- Ein progressiver Zugang ist die thermische Bauteilaktivierung. Hier zirkuliert je nach Heiz- oder Kühlzweck warmes oder kaltes Wasser durch ein in die Gebäudemasse integriertes Rohrsystem.
- Ein weiterer Ansatz ist das Betreiben von Klimaanlagen mittels Photovoltaikanlage – zwei Technologien, die wie füreinander geschaffen sind. Die einen produzieren bei Sonne, die andere laufen bei Sonne.
- Und nicht zuletzt kann man auf Grünflächen setzen. Auf den Flachdächern, Balkonen und Terrassen und selbst auf den Fassaden lassen sich Grünflächen kultivieren. Jede Grünfläche beschattet und kühlt. Und sieht schön aus.

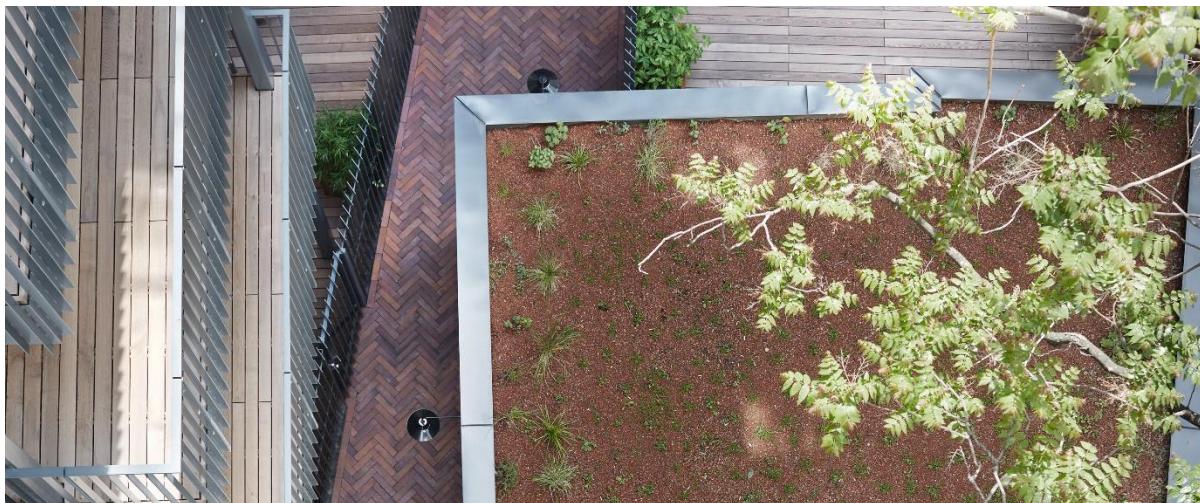


Abbildung 4: Ferdinandgasse, Foto: Hanna Haböck

## 2.2 Nachverdichtung reduziert die Flächenversiegelung

Österreich liegt beim Thema Flächenversiegelung europaweit im Spitzengbereich, was zahlreiche negative ökologische und ökonomische Folgen nach sich zieht. Ein Problem, das gerade mit dem Wunsch nach einem Einfamilienhaus und der Errichtung von Gewerbe-parks in Zusammenhang steht. Durch den Dachgeschoßausbau wird qualitativ hochwertiger Wohnraum geschaffen, der mit dem Einfamilienhaus konkurrieren kann und die bereits bestehende urbane Infrastruktur nutzt, ohne weitere Flächen versiegeln zu müssen. Das reduziert CO<sub>2</sub> Emissionen und schont die wertvollen Grünflächen, die wir dringend brauchen, um das Klima nicht weiter anzuheizen und die Biodiversität und den Naturraum für Wildtiere zu erhalten.

### 3. Baustoff Holz

Holz ist ökologisch und konstruktiv gesehen ein idealer Baustoff für den Dachgeschoßausbau. Im Vergleich zu anderen Baustoffen hat Holz einen verschwindend kleinen ökologischen Rucksack. Und das Beste ist, er wächst in unseren Wäldern von selbst nach. Holz kann daher, im Gegensatz zu anderen Baumaterialien, lokal beschafft werden. Es braucht wenige Ressourcen in der Verarbeitung und ist nach Ende der Nutzungsdauer einfach zu trennen und wiederzuverwerten.



Abbildung 5: Ferdinandgasse, Foto: Hanna Haböck

Holz hat eine sehr hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit im Verhältnis zu seiner geringen Dichte – eine Fähigkeit, in der ihm kein anderes Baumaterial so schnell nachkommt. Es kann flexibel eingesetzt werden und erlaubt einen hohen Grad an Vorfertigung. Ein wichtiger Aspekt, weil der Wechsel der Dachhaut schnellstmöglich passieren sollte, um Wittringsschäden am Bestandsobjekt zu vermeiden. Die fertigen Elemente können, im Gegensatz zu Stahl- oder Stahlbetonfertigteilen, mit einfachen Mitteln auf der Baustelle an unvorhersehbare Geometrien des Bestands angepasst werden.

Im Dachausbau zählt jeder Zentimeter. Holz ermöglicht eine Konstruktion mit schlanken und leichten Bauteilen. Der gesparte Platz entscheidet nicht nur über die Qualität der Innenräume, sondern auch darüber, ob sich ein weiteres Geschoß ausweitet. Auch das geringe Gewicht des Aufbaus aus Holz ist entscheidend – je leichter die Konstruktion desto weniger Kompensationsmaßnahmen wie Fundamentertüchtigungen oder Mauerwerksverpressungen müssen im Bestandsgebäude gesetzt werden.

### 4. Herausforderungen für das Bauen in der Stadt

Die Dichte der Stadt ist für das Bauen eine Herausforderung. Es gibt wenig Platz und unglaubliche vieles, worauf man Rücksicht nehmen muss, von den baubehördlichen Bestimmungen, über den Verkehrsfluss, die Anrainer, und natürlich auch auf das jahrhundertealte Gebäude und seine Besonderheiten selbst.

Jede Baustelle ist ein Störfaktor in der Stadt. Es gibt kaum Flächen, um die großen Bauteile um- oder abzuladen, das städtische Umfeld bietet keine Toleranz für den Platzbedarf einer Baustelle. Die minimale Fläche für Kran und die Lagerung von Baumaterial brauchen eine professionelle Abwicklung und viel Fingerspitzengefühl in der Abwicklung. Jede Lieferung von Baumaterial muss exakt geplant werden.



Abbildung 6: Taborstraße, Foto: Hanna Haböck

Die Holzbauteile werden in Produktionshallen außerhalb der Stadt hergestellt, in der richtigen Reihenfolge auf den LKW geladen und termingenau zur Baustelle geliefert. Auf der Baustelle werden diese nur mehr wie ein riesiges 3D-Puzzle aneinandergesetzt und miteinander verbunden. Kurze Bauzeit, geringe Staubentwicklung und nur die unbedingt notwendige Lärmentwicklung sind die Vorteile des erfahrenen und technisch hoch entwickelten Bauens in der Stadt.

## 5. OBENAUF/ ist auf Dachgeschoßausbauten spezialisiert

OBENAUF/ setzt seit der Gründung vor 12 Jahren auf vertikale Nachverdichtung. Das Spezialgebiet des Unternehmens sind Dachgeschoßausbauten in Holzbauweise auf Wiener Gründerzeithäusern.

Mit größtmöglicher technischer Expertise und respektvollem Umgang mit den schönen alten Häusern hat OBENAUF/ seit 2009 über 100 Dachgeschoßausbauten in Wien geplant und gebaut.

Das Leistungsspektrum von OBENAUF/ umfasst den kompletten Planungsprozess eines Dachgeschoß- und Sanierungsprojektes (Projektstudienplanung, Einreichplanung- und Ausführungsplanung) und die komplette Bauausführung mit eigener Baumannschaft bis zur schlüsselfertigen Übergabe der neuen Wohnungen.



Abbildung 7: Laudongasse, Foto: Jörg Seiler

OBENAUF/ baut mit einem Holz-Stahl-Hybridsystem mit viel Holz und wenig Stahl. Die Verbindung beider Werkstoffe kombiniert deren Vorteile zu einem optimalen Tragsystem. Die schlanken und leichten Konstruktionen ermöglichen möglichst große Wohnnutzflächen mit hellen und großzügigen Wohnräumen. Mit einem Dachgeschoßausbau von OBENAUF/ wird das Bestandsobjekt nach höchstem Stand der Technik, mit größtem Respekt vor der Schönheit des alten Gebäudes und unter Miteinbeziehung der Aspekte des nachhaltigen Bauens aufgewertet.

OBENAUF/ denkt Nachhaltigkeit in der städtischen Baukultur mit und arbeitet beständig an der Entwicklung klimasensibler, ökologischer und ökonomisch sinnvoller Lösungen.

Wenn Sie nach Wien kommen, halten Sie die Augen nach den grünen OBENAUF/ Baustellen offen.



Abbildung 8: Team, Foto: Hanna Haböck

# **Bauen über dem Parkplatz**

Eine neue Perspektive

Izabela Fornalczyk  
B&O Bau  
Bad Aibling, Deutschland



# Bauen über dem Parkplatz

## 1. B&O Bau Kurzportrait

B&O Bau plant, baut und modernisiert Wohnhäuser – hauptsächlich mit Holz – und das seit über 60 Jahren und an über 30 Standorten in Deutschland.

Wir sind schon lange auf dem Holzweg und verändern somit die Wohnungswirtschaft im Kern. Wir sind ein Generalunternehmen und bieten Lösungen für den Wohnungsbau, vorrangig in Holz- und Holz-Hybridbauweise, an.

## 2. Was ist von Bedeutung für jetzt und für die Zukunft

Die demographischen Entwicklungen, Terror, Corona, politische Unruhen, Krieg in der Ukraine und eine schon seit langem drohende Katastrophe: Klimawandel – das sind die Themen, welche für unsere Zeiten sehr prägend sind. Daraus ergeben sich neue Bedürfnisse, welche mit neuen Methoden zu befriedigen sind:

**Neudenken, Hinterfragen der Gewohnheiten und schnell Handeln!**

Dem folgend wollen wir den Blick auf folgende Fragen lenken:

- Mehr Wohnungen- warum eigentlich?
- Wie kann effizienter gebaut werden?
- Weniger CO<sub>2</sub> -Ausstoß – wie ist im Wohnungsbau es zu schaffen?

### 2.1. Wohnungsbedarf

Es wird aktuell in Deutschland von einem jährlichen Wohnungsbedarf von 400.000 neuen Wohnungen gesprochen. Dieser Bedarf ergibt sich nur zu einem geringen Teil aus dem Zuwachs der Bevölkerung, viel mehr aus dem exponentiell steigenden Verbrauch der Wohnfläche pro Einwohner – in den letzten 50 Jahren haben sich unsere Wohnflächen-Ansprüche verdoppelt!

Bedarf in m<sup>2</sup> pro Einwohner in Deutschland, ca.

1950: 15      **1970: 25**      1990: 35      **2025: 50**

Der Weg zur Lösung führt durch die Minimierung des Flächenbedarfes nach dem Motto: mehr Nutzen- weniger Baumasse! Derzeit leben in München ca. 1,5 Mio. Menschen, in Berlin 3,6 Mio. – wären unsere Ansprüche so wie 1970 – bräuchten wir in den beiden Städten Jahrzehnte lang keine neuen Wohnungen.

Kluge Grundrisse, schlanke Wand-Konstruktionen und einfachere Ausstattung führen zu Flächeneffizienz von bis zu 80% - der aktuelle Durchschnitt im Wohnungsbau liegt unter 70%. D.h. im Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen a 100 m<sup>2</sup> wäre eine weitere Wohnung von 140 m<sup>2</sup> zu generieren.

### 2.2. Effizienz der Ressourcen

Sehr hohe Aufmerksamkeit in Deutschland ist aktuell auf die Klimadebatte und die Endlichkeit der Energieressourcen gerichtet. Zurecht.

Nun gibt es noch andere Ressourcen die endlich sind.

Eins der höchsten und nicht erneuerbaren Güter ist der Boden.

Die Fläche von Deutschland beträgt 357.588 km<sup>2</sup>. Davon sind bereits über 52.000 km<sup>2</sup> dem Siedlungs- und Verkehrsbau geopfert worden (1990 waren es 40.000 km<sup>2</sup>).

In Deutschland werden **täglich** bis zu 70 Hektar = 100 Fußballfelder, versiegelt.

Anstatt immer wieder neu bauen bietet sich die Idee der Multifunktionalität und des Sharings an, am besten in den bereits bestehenden Objekten an. Die markanten negativen Beispiele mit einer Nutzungszeit pro Jahr von ca. 4 % sind: Mensas und Kantinen in den Schulen, Vereins- und Kulturheime. Diese Nutzungen lassen sich **in einem Objekt** hervorragend unterbringen.

Also am besten nicht neu bauen und wenn, dann innerhalb der bereits vorhandenen Infrastruktur – durch Aufstockung, Nachverdichtung, multifunktionale Nutzung.

## 2.3. Baustoffe und das Klima

Der CO<sub>2</sub> Ausstoß verändert die Erde und das Klima. Die kritische Schwelle von +1,5 Grad C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit wird wahrscheinlich überschritten. Die Erderwärmung führt u.a. zum wesentlichen Anstieg des Meeresspiegels und dann zum Untergang unserer Zivilisation.

Solche Szenarien gab es schon in der Erdgeschichte... Die Dinosaurier sind in diversen Museen der Welt dankbare Anschauungsobjekte.

Nun was hat das Bauen damit zu tu?

Ca. 40% der weltweiten CO<sub>2</sub> -Emissionen gehen auf den Gebäudesektor zurück. Das Bauen mit den CO<sub>2</sub>-bindenden Baustoffen ist ein greifbarer Ausweg aus der Klimakrise.

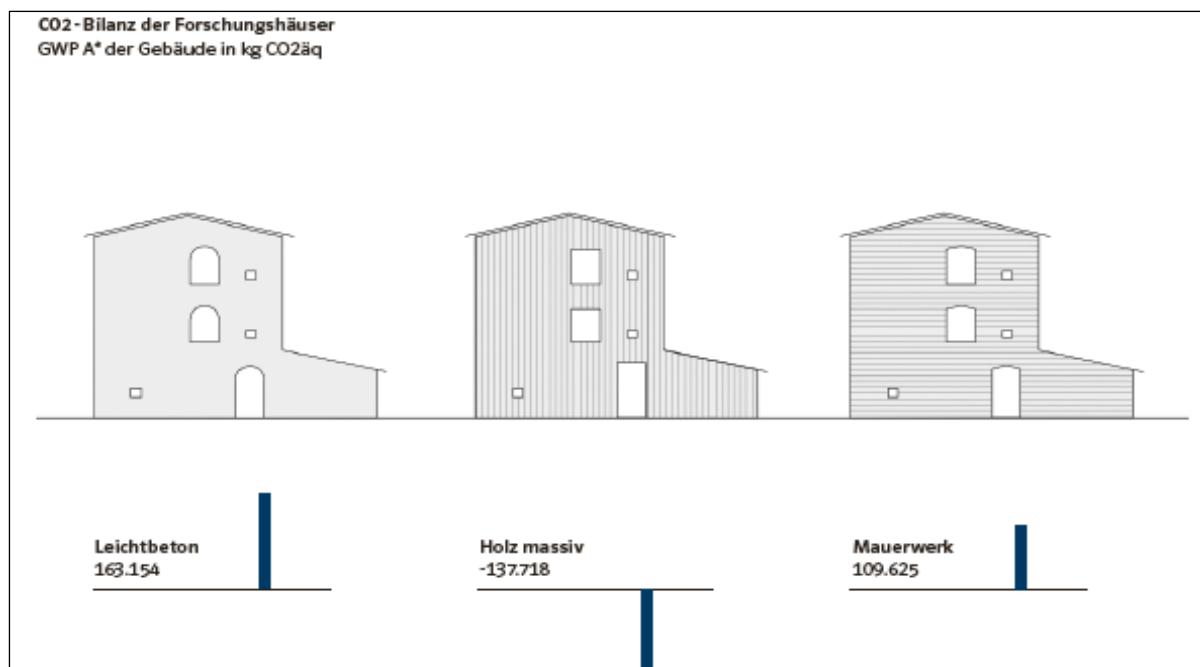


Abbildung 1: TUM, Forschungsprojekt «Einfach Bauen», CO<sub>2</sub>-Bilanz der Forschungshäuser in Bad Aibling

1 m<sup>3</sup> Holz bindet 1 t CO<sub>2</sub>,

1 m<sup>3</sup> Zement setzt 0,6 t CO<sub>2</sub> frei.

Holz bindet CO<sub>2</sub> – im Wald, noch mehr in den Bauwerken. Die intensivere Entnahme der Hölzer aus den Wäldern und Forsten ist notwendig, um diese widerstandsfähiger zu machen. Der Klimaschutz und Umweltschutz sind keine Gegensätze.

In Deutschland wachsen pro Jahr 122 Mio. m<sup>3</sup> Holz nach. In Bayern wachsen pro Jahr 6. Mio.m<sup>3</sup> Holz nach, also ca. 700 m<sup>3</sup> pro Stunde.

Wofür recht uns das Holz, was zur Verfügung steht?

## 3. Mehrgeschossiger Holz-Wohnungsbau über dem Parkplatz

Über 70% eines Wohngebäudes kann aus Holz hergestellt werden. Es wurde ausprobiert. Dazu noch schonend für die Ressource Boden – als Überbauung der städtischen Stellplätze in München, mit Aufenthalts- und Kinderspielflächen auf dem Dach.

So entstanden die Wohnobjekte «Wohnen am Dantebad I» (Dante I) und «Wohnen am Dantebad II» (Dante II) in München.

Am Beispiel eines Hauses Dante II:

→ 144 Wohnungen

→ Verbautes Holz: ca. 20-25 m<sup>3</sup> Holz oder ca. 15 Bäume / Wohnung

→ Somit im ganzen Objekt befinden sich ca. 3.000 m<sup>3</sup> verbautes Holz.

Aus dem jährlichen Holzzuwachs in Bayern in Höhe von 6 Mio. m<sup>3</sup>/a lassen sich 2.000 solche Wohnobjekte oder 280.000 Wohnungen pro Jahr realisieren. Skaliert man es hoch auf die gesamte jährliche Holzmenge aus Deutschland – sind es über 4.000.000 Wohnungen pro Jahr.

### **3.1. Das Pilotprojekt «Wohnen am Dantebad I»**

(Architektur: Florian Nagler Architekten, München; Generalunternehmen: B&O Bau Bayern in Partnerschaft mit Huber&sohn; Bauherr: GEWOFAG, München)



Abbildung 2: Wohnen am Dantebad I, Südfassade; Quelle: B&O Bau

#### Dante I Gebäudekenndaten:

- 100 Wohnungen auf einer Betonplattform
- Wohnungsmix: überwiegend 1-Zimmer-Apartments
- Wohn-/Nutzfläche: ca. 3.000 m<sup>2</sup>
- Dachterrasse: ca. 550 m<sup>2</sup>
- Projektidee: Dez. 2015
- Projektlaufzeit: **12 Monate** – Planung und Ausführung im Jahr 2016
- Projektvolumen: 8,5 Mio. € brutto



Abbildung 3: Der Parkplatz am Nordeingang des Dantebades, Quelle: Florian Nagler

- Stahlbetontisch mit darunter liegenden 105 PKW-Stellplätzen
- Außenwände Holzrahmenbauweise (Anlieferung inkl. Fenster, Absturzsicherung und Fassade)
- Schottenbauweise mit Innenwänden und Decken aus Holzmassivbauweise
- Aufzug in doppelwandigem vorgefertigtem Holzschatz
- Laubengang aus Stahlbetonfertigteilen
- Fertigbadzellen

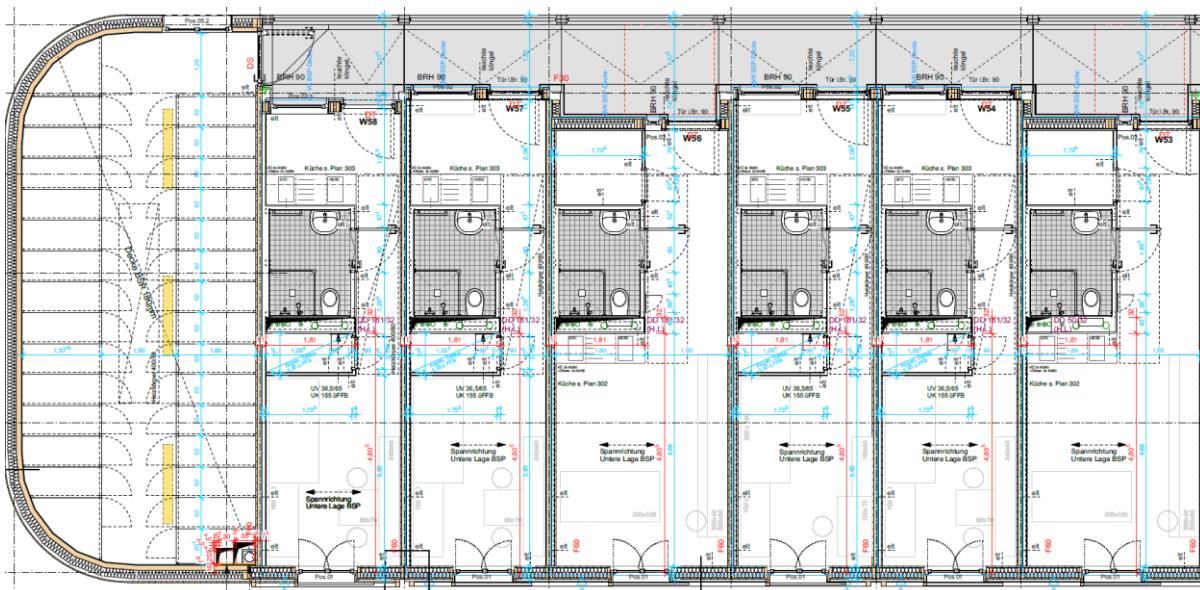


Abbildung 4: Wohnen am Dantebad I, Regelgrundriss

### 3.2. Das Projekt «Wohnen am Dantebad II»

(Architektur: Florian Nagler Architekten, München; Generalunternehmen: ARGE B&O und Huber&sohn; Bauherr: GEWOFAG, München)

Das Bauen auf Stelzen macht Schule. 4 Jahre nach dem Dante I startete der größere Nachfolger – Dante II.



Abbildung 5: Wohnen am Dantebad II, Vogelperspektive; Quelle: B&O Bau

Dante II Gebäudekenndaten:

- 144 Wohnungen auf einer Betonplattform
- Wohnungsmix: gem. EOF, 1- bis 5-Zimmer-Wohnungen
- Wohn-/Nutzfläche: 8.300 m<sup>2</sup>
- Grünanlagen inkl. Spielplätze auf dem Dach
- Projektlaufzeit: Aug. 2020 – Okt. 2021
- Projektvolumen: 31 Mio. € brutto



Abbildung 6: Wohnen am Dantebad II, Einbau der Fertigbäder; Quelle: B&O Bau

- Gründung als aufgeständertes Bauwerk mit darunter liegenden 143 Stellplätzen
- Tragwerk: Schottenbauweise mit Innenwänden und Decken aus Holzmassivbauweise
- Außenwände in Holzrahmenbauweise (Anlieferung inkl. Fenster, Absturzsicherung und Fassade)
- Fertigbadzellen
- Laubengang aus Stahlbetonfertigteilen
- Aufzug in doppelwandigem vorgefertigtem Holzschaft
- Fertigbadzellen
- kein Keller, im EG-Bereich: Technik- und Kellerersatzräume
- Abwicklung mit Lean-Management

## **Aktuelles aus und für die Region**

# Wo setzt der Bund auf Holz im Wohnungsbau?

Thies Langholz  
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben  
Bonn, Deutschland



# Wo setzt der Bund auf Holz im Wohnungsbau?

Die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben leistet einen Beitrag für die 2018 initiierte Wohnraumoffensive des Bundes. Ihr kommt als das zentrale Immobilienunternehmen des Bundes dabei eine besondere Rolle zu. Die Bundesanstalt hält rund 38.000 Wohnungen im Bestand und verwaltet sie selbst.

Wo die BImA weitere geeignete Grundstücke hat, vornehmlich in Großstädten und Ballungsgebieten mit angespannten Wohnungsmarkt, baut sie zusätzliche Mietwohnungen für Bundesbedienstete. Dort, wo die Mieten teilweise für viele unbezahlbar geworden sind, hilft vor allem der Bau neuer Wohnungen, um die Marktsituation zu entlasten und damit insgesamt preisdämpfend zu wirken.

Der Werkstoff Holz kommt sowohl bei Neubauten als auch bei der Erweiterung von Gebäuden durch Anbau und Aufstockung zum Einsatz.

## 1. Wohnungsbau in der BImA

Die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben wurde im Jahr 2005 gegründet und ist die zentrale Immobiliendienstleisterin des Bundes. Mit einem Bestand von 18.000 Liegenschaften und gut 460.000 Hektar Grundstücksfläche sorgt sie dafür, dass alle Bundeseinrichtungen bedarfsgerecht mit Büroräumen, Forschungseinrichtungen, Übungsgeländen und Unterkünften versorgt sind. Die BImA pflegt und verwaltet nicht nur den Bestand der Bundesimmobilien. Vielmehr erweitert sie diesen durch Zukauf oder Neubau, verkauft für Bundeszwecke entbehrlieche Liegenschaften und führt aufgegebene Liegenschaften der Bundeswehr oder der ausländischen Streitkräfte (Stichwort Konversionsliegenschaften) zivilen Folgenutzungen zu. Bei der Vermarktung orientiert sie sich in erster Linie an den Belangen der jeweiligen Kommune.

Bis zu einem Paradigmenwechsel, der infolge stark steigender Immobilien- und Mietpreise vorgenommen wurde, sind sowohl Wohnungen als auch für den Wohnungsbau geeignete Liegenschaften zur Errichtung von Wohnungen verkauft worden. Spätestens ab dem Jahr 2018 wurde die heutige Vorgehensweise etabliert: Der vorhandene Wohnungsbestand wird dauerhaft gehalten, sukzessive im Zustand verbessert und, insbesondere das war neu, durch Neu- und Erweiterungsbauten ergänzt.

Vor allem dient dies der Stärkung der sogenannten Wohnungsfürsorge. Wie einige große private Unternehmen ist auch der Bund darauf angewiesen, seinen Beschäftigten – von denen er erwartet, bundesweit flexibel einsetzbar zu sein – Wohnraum zur Verfügung zu stellen. Zu denken ist beispielsweise an eine Bundespolizistin, die am Hauptbahnhof München arbeitet, sich aber in erreichbarer Nähe keine eigene Wohnung leisten kann. Um diese Menschen muss sich die BImA durch die Bereitstellung bezahlbarer Wohnungen kümmern. Ein solches Angebot erhöht zugleich die Attraktivität des Bundes als Arbeitgeber.

### 1.1. Verkauf von Liegenschaften für die Errichtung von Wohnungen

Gleichwohl spielt auch der Verkauf von Liegenschaften für den Wohnungsbau nach wie vor eine Rolle.

Der Bereich des sozialen Wohnungsbaus ist in unserem föderalen System eine Aufgabe der Länder und Kommunen. Dem Bund und damit auch der BImA fehlt somit die Zuständigkeit und damit die grundgesetzliche Berechtigung, hier unmittelbar durch den Eigenbau von Sozialwohnungen oder durch vertragliche Vereinbarungen tätig zu werden. Trotzdem leistet die BImA einen Beitrag, Menschen ein würdiges und bezahlbares Wohnen zu ermöglichen. Für den Bund entbehrlieche Liegenschaften veräußert sie bevorzugt für öffentliche Nachnutzungen. Der im Verkaufsfall gewährte Erstzugriff für Kommunen und die Verbilligungsrichtlinie befördern dabei die zügige Mobilisierung von Bauland zu Wohnbauzwecken. Diese Flächen bietet die BImA den Kommunen exklusiv zum Erwerb an. Plant

die Kommune dort Sozialwohnungen, verbilligt sich der Kaufpreis um 25.000 EUR pro Wohnung. Mit diesem Programm wurde in den vergangenen Jahren bereits der Bau von mehreren zehntausend neuen Wohnungen durch die Kommunen bzw. deren Wohnungsbaugesellschaften unterstützt. Oftmals sind ganz neue Stadtteile entstanden einschließlich neuer Schulen und Kindergärten.

## 1.2. Wohnungsneubauprogramm der BImA

Mit dem gestiegenen Wohnungsbedarf ist bundesweit auch der Bedarf an bezahlbaren Wohnungen für Bundesbedienstete gestiegen. Daher hat die BImA für den Bau von zusätzlichen Wohnungen ein Wohnungsneubauprogramm aufgelegt. Vorrangiges Ziel in dem Programm ist die zügige Errichtung möglichst vieler bezahlbarer Wohnungen. Für die Schaffung zeitgemäßen Wohnraums sind dabei zu berücksichtigende Themen wie Nachhaltigkeit und Energieeffizienz regelmäßig von hoher Bedeutung.

Insgesamt bieten die für den Eigenwohnungsbau geeigneten Liegenschaften der BImA Platz für die Entstehung von 6.000 bis 8.000 Wohnungen. Davon sollen 3.000 Wohnungen bis Ende des Jahres 2024 fertig sein. Rund 1.000 Wohnungen sind derzeit im Bau, darunter an Standorten wie Hamburg, Berlin, Potsdam, Mannheim, Müllheim und Breisach.

Anders, als beim Bau von Dienstgebäuden bedient sich die BImA im Bereich des Wohnungsbaus nicht der Bauverwaltungen der Länder. Wo es möglich ist, werden Bauunternehmen als Generalübernehmer für die Planung und Durchführung der Bauleistungen gewonnen.

## 2. Serielles und modulares Bauen

Um schnell mit dem Neubau von Wohnungen einen wesentlichen Beitrag zur Entspannung auf dem Wohnungsmarkt erreichen zu können, sucht die BImA nach Möglichkeiten die bekannten, häufig langwierigen Abläufe von der Idee bis zur Fertigstellung der Wohnungen möglichst kurz zu halten.

Das serielle und modulare Bauen verspricht hier im Vergleich zum konventionellen Bauen einen kürzeren Bauzeitraum. Daher favorisieren die BImA diese Bauweise überall, wo die Rahmenbedingungen dies zulassen. Zunächst galt es für die BImA daher geeignete Partner zu gewinnen.

Ein wichtiger Schritt war der Beitritt der BImA zur Rahmenvereinbarung «serielles und modulares Bauen» des GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen aus dem Jahr 2018. Dort sieht sie mehrere Vorteile: Durch die Vorauswahl der Rahmenvertragsunternehmen werden

- ein angemessener Qualitätsstandard,
- ein klarer Kostenrahmen und
- eine ausreichende Umsetzungskapazität

zugesichert. Weitere Vorteile sind die Vereinfachung der Verfahren bei der Vergabe an eines der neun Rahmenvertragspartner, unter denen sich auch Holzbauunternehmen finden. Zudem reduziert das Tempo, mit dem die vorgefertigten Wohnungsmodule auf dem Baugrundstück zusammengefügt werden u.a. den Baulärm und andere baubedingte Störungen in der unmittelbaren Nachbarschaft.

Jedoch sind nicht alle der bundeseigenen Grundstücke so beschaffen, dass seriell oder modular gefertigte Häuser darauf passen. Lage und Zuschnitt der Grundstücke aber auch städtebauliche Wünsche und Vorgaben der Kommunen machen es erforderlich, dass an vielen Standorten Geschosswohnungsbauten in herkömmlicher Bauweise errichtet werden.

### 3. Holz im Wohnungsbau bei der BImA

Wenngleich die BImA im Wohnungsbau weitgehend von der grundsätzlichen Vorgabe des Einsatzes bestimmter Werkstoffe abgesehen hat, ist Holz bereits in vielen Projekten zum Einsatz gekommen. Vornehmlich im Bereich des Dachgeschoßausbaus und bei Aufstockungen. Gründe für den Einsatz, wie statische Notwendigkeiten und die Nutzung der besonderen Eigenschaften sind sicherlich den hier Teilnehmenden am Holzbauforum bekannt und müssen an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden.

Eine bedeutende Rolle kommt der Auswahl der Werkstoffe in Erwartung der noch weiter zunehmenden Bedeutung von Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu. Auch dieses (Stichworte: Nachwachsender Rohstoff, CO<sub>2</sub>-Neutralität, Lebenszykluskosten, Recyclingfähigkeit, Weiterverwendbarkeit) ist an anderen Stellen schon ausführlicher dargestellt. Hier sei eingefügt, dass die BImA mit Holz sehr vertraut und mit ihrem Bundesforst selbst einer der größten deutschen Rohholzanbieterinnen ist und auf ca. 366.000 Hektar Waldfläche jährlich 1 bis 1,5 Millionen Kubikmeter Holz erntet.

Mit Blick auf die mit dem Wohnungsneubau der BImA verbundenen Ziele im Speziellen (zügige Schaffung von Wohnraum) und auf die Anforderungen an ihren Wohnungsbau im Allgemeinen (Klima, Energie, Nachhaltigkeit) ist davon auszugehen, dass die Bedeutung des Werkstoffs Holz weiter steigen wird.

Durch die mittlerweile vorhandenen Einsatzmöglichkeiten von Holz im Geschosswohnungsbau sammelt die BImA auch bei aktuellen Neubauprojekten Erfahrungen. So ist ein Holzbauunternehmen mit dem Bau von rund 100 Wohnungen in Holzbauweise im hessischen Langen beauftragt. Mit dem Bau wird voraussichtlich noch im Herbst dieses Jahres begonnen.

# HOLZHAUS LINSE

Dipl. Ing. Architekt Farid Scharabi  
Scharabi Architekten PartG mbB  
Berlin, Deutschland



Maximilian Schröder  
MAX Holzbau  
Marienwerder OT Ruhlsdorf, Deutschland



# HOLZHAUS LINSE

## 1. Das Projekt

Im neuen Quartier Schöneberger Linse entsteht in zentraler Lage ein innovatives ökologisches KfW 40+ Holzhaus mit 17 Wohneinheiten, davon einer Clusterwohnung, einem Jugendtreff und mehreren Gemeinschaftsräumen. Es wird in massiver Holzbauweise aus Brettsperrholz hergestellt. Die Geschossdecken bilden Holz-Hohlkörperelemente. Alle Holzbauteile an Decken und Wänden verbleiben holzsichtig mit ihrer unbehandelten natürlichen Oberfläche. Die Fassaden sind zur Straße mit Faserzementplatten und zum Hof mit unbehandeltem Lärchenholz bekleidet. Zu beiden Seiten werden Balkone ausgebildet, die zur Straße teilweise glasumkleidet sind. Durch hochschalldämmende Fenster zur lärmbelasteten Straße werden niedrige Schallpegel innerhalb der Wohnungen gewährleistet – auch bei Teilöffnung der opaken Lüftungsklappen. Sowohl die Grundrisse als auch die Fensteranordnung in der Fassade sind variabel und ermöglichen den zukünftigen Bewohnern eine Gestaltung nach ihren Bedürfnissen.

Das Projekt ist 2018 als Sieger aus einem vierstufigen Konzeptverfahren der Berliner Immobilienmanagement GmbH (BIM) hervorgegangen. Die Projektentwicklung und Gründung der Baugruppe erfolgte durch Scharabi Architekten gemeinsam mit dem Projektsteuerer Mauer Bauprojektmanagement bereits im Jahr 2016.

Die Wohn- und Büroanlagen an der sogenannten Schöneberger Linse liegen verkehrstechnisch bestens erschlossen, in fußläufiger Nähe zum Fernbahnhof Südkreuz. Damit liegt das Bauvorhaben sehr innerstädtisch, jedoch in einer hoch lärmbelasteten Situation. Dennoch hat sich der Bauherr entschlossen, hier wohnen zu wollen:

Entlastet wird die Wohnlage durch die direkt angrenzenden sehr beliebten Schöneberger Kieze und – auf dem Areal der Wohn- und Büroanlagen selbst – den großflächigen, sonnigen und landschaftlich anspruchsvoll angelegten Gemeinschafts-Innenhof, welcher insgesamt Bewohnern von über vierhundert Wohnungen gleichermaßen zur Verfügung steht. Es entstehen 2.500 qm Bruttogeschossfläche, die im 3. Quartal 2022 bezugsfertig sein werden. Die Fassaden bilden als hochschalldämmende Holzmassivkonstruktion zugleich einen Teil des Tragwerks. Die Geschossdecken werden als Holz-Hohlkörperdecken mit maximalen, insbesondere die Dämmung des Trittschalls betreffenden Komforteigenschaften. Gedämmt wird mit Holzfasern, die Wärmeerzeugung erfolgt im Wesentlichen auf Grundlage der Nutzung von Geothermie.

Die Planung unterliegt den Festsetzungen eines Bebauungsplans und zudem einer Gestaltungssatzung.

## 2. Unsere Leitlinien

### 2.1. Leitlinien SCHARABI Architekten

SCHARABI Architekten sind dem nachhaltigen Bauen, dem zirkulären Bauen, dem Bauen mit dem Werkstoff Holz verpflichtet. Im Vordergrund unserer Planungen stehen die Ästhetik und Erfahrbarkeit dieses Baustoffs. Wir setzen uns zum Ziel, den Baustoff Holz so anzuwenden, dass sämtliche Sinne angeregt und angesprochen werden.

Menschen, die unseren Gebäuden begegnen, möchten wir Möglichkeiten bieten, mit ihnen in Beziehung zu treten: Durch das Erleben von Haptik, Geruch, Optik, Klang und Wärmewirkung der Oberflächen der Baustoffe, und den räumlichen Kontrasten von Geborgenheit und Weitläufigkeit, Hell und Dunkel, Homogenität und Nichtidentität. Reibung, Bruch, Widerspruch und Überraschungen bilden dabei Bausteine für die Erscheinung von Schönheit.

Wir schaffen in und mit unseren Bauten Raum für Gemeinschaft, das Wir. In Räumen, die Wertigkeit, Dauerhaftigkeit und damit Wertschätzung gegenüber den Menschen vermittelt. Dabei agieren wir klimaschonend und nachwachsend. Wir fragen: Was passiert mit den Baustoffen, Materialien, den Bauteilkonstruktionen, bevor und nachdem wir sie einsetzen? Der Baustoff Holz bietet als lebendiger, gewachsener Baustoff in Verfolgung dieser Ziele einen idealen Resonanzkörper.

## 2.2. Leitlinien MAX Holzbau

Wir stehen für ein einzigartiges Bauerlebnis und natürliche Lebensräume, indem wir Gebäude planen und bauen, die sich durch den achtsamen Umgang mit Rohstoffen, den Einsatz von natürlichen Materialien und der Verwendung innovativer Gebäudetechnik auszeichnen. Wir streben nach dem höchstmöglichen Vorfertigungsgrad und hoher Qualität bei individuellen Bauaufgaben, die uns immer wieder herausfordern.

## 3. Vom Bauen mit Holz

### 3.1. Holz ist ein Team-Baustoff

Die Fülle der Vorteile der Holzbauweise lassen sich maximal nur dann ausreizen, wenn schon im sehr frühen Planungsprozess sämtliche Planungsbeteiligten eng zusammenwirken. Hierzu zählen neben den einschlägigen Fachplanern der Tragwerksplanung, der Technischen Ausstattung, der Bauphysik und Energieberatung, dem Brandschutz und der Akustik auch die Baustoffhersteller und -lieferanten sowie die Bauausführenden, hier im Besonderen die Holzbaubetriebe.

Im Holzbau werden die unterschiedlichsten Fachbereiche und Kompetenzen zusammengebracht. Alle Gewerke müssen frühzeitig in der Planung berücksichtigt und auf die Vorfertigung abgestimmt werden. Die Fügungen der unterschiedlichen Bauteile während der Montagephase sind vorauszusehen, jede Schraube ist zu planen, jede Anschluss situation sorgfältig zu durchdenken.

Holz ist damit ein «Team-Baustoff», der es ermöglicht die Kompetenzen aller an der Planung Beteiligten bestmöglich im Planungsprozess und schließlich im Bauwerk zu integrieren. Beim Bauvorhaben HOLZHAUS LINSE erfolgte diese Zusammenarbeit bereits in der Vorentwurfsplanung. Ab der Ausführungsplanung wurden auch Holzbaubetriebe im Planungsprozess involviert. Weil am Ende alles zusammenpasste und auf der Baustelle perfekt ineinandergreift, schnell, sauber und mit hoher Präzision, sind wir erfolgreich – das erfüllt uns als Team mit Stolz!

### 3.2. Warum Holzbau?

Wir müssen die Auswirkungen unseres Handelns in Bezug auf unsere Klimaschutzziele aktiv betrachten und bilanzieren, um diese dann gezielt reduzieren zu können. Der Holzbau bietet hier besondere Vorteile:

Bei der Produktion der Baustoffe, denn er verursacht geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen als bei herkömmlicher mineralischer Bauweise. Bei der Herstellung der Gebäude, denn jeder Holzbau ist ein CO<sub>2</sub>-Materialspeicher, er dient als CO<sub>2</sub>-Senke. Beim Verbrauch von Betriebsenergie, denn durch hochwärmédämmende und dabei vergleichsweise schlanken Bauteile ermöglicht er die wirtschaftliche Errichtung energiesparender Gebäude. Bei der Instandhaltung, denn unbehandeltes Holz benötigt bei richtiger Planung und Ausführung keinerlei Instandhaltungsaufwand. Bei den Entsorgungsaufwendungen am Ende der Nutzungsdauer, denn der Baustoff Holz ist im Idealfall vollständig, im Regelfall jedoch mindestens überwiegend wiederverwertbar.

### 3.3. Wie zum Holzbau?

Als Planer und Bauherrn benötigen wir ab sofort eine maximale Transparenz der Folgen unseres Handelns! Hierfür benötigen wir künftig frei zugängliche wissenschaftlich ermittelte Baustoffdaten, die eine *einheitlich* geregelte Bewertbarkeit der verschiedenen Bauweisen erlauben und fordern den politischen Willen und politische Leitlinien zur Schaffung gesetzlicher Maßgaben für die Entwicklung *einheitlicher* Verfahren und Modelle, sog. «Taxonomien». Ziel ist es, eine verbindliche, d.h. auch juristisch belastbare Bewertbarkeit von unterschiedlichen Bauweisen zu erhalten.

## 4. Konzept, Struktur und Gestalt des Gebäudes

### 4.1. Entwurfskonzept und Gebäudestruktur

#### 4.1.1. Naturraum und Stadtraum

Das Grundstück liegt im Spannungsfeld einer sehr stark befahrenen Hauptverkehrsader Berlins und einem für innerstädtische Verhältnisse ungewöhnlich großräumigen Innenhof. Es reagiert in seiner technischen und ästhetischen Ausstattung adäquat: Zur Straße hin städtisch, mit einer erdfarbenen, sehr matten, rational gegliederten Fassade und zur Hofseite hin mit einer Wärme und Geborgenheit ausstrahlenden unbehandelten Lärchenholzbekleidung. Die straßenseitigen Öffnungen sind als Doppelkastenfenster hochschalldämmend ausgeführt, zudem erlauben speziell angefertigte Fassadenelemente eine natürliche Belüftung bei eng begrenztem Schalleintrag. Die hofseitigen Öffnungen sind großflächig, die Hälfte der Fensterflächen sind als Schiebetüren ausgeführt. Auch die Balkonanlagen, welche städtebaulich auf beiden Fassadenseiten vorzusehen sind, nehmen auf die jeweilige Lage Bezug: straßenseitig weniger tief und teilweise glasumhaust, hofseitig sind für jede Wohnung geräumige Balkone vorgesehen.

#### 4.1.2. Eingangsebene

Im Erdgeschoss befinden sich die Sondernutzungen des Gebäudes. Hierzu zählen eine Gewerbeeinheit zur Nutzung durch einen sozialen Träger für Jugendarbeit mit ca. 100 qm Fläche, sowie eine rollstuhlgerechte Mietwohnung desselben Trägers, ein Gemeinschaftsraum und der Müllraum. Das Foyer erschließt das Treppenhaus und den Zugang zum Aufzug. Eine leicht ansteigende Rampe ist für Fahrräder über einen gesonderten Eingang erreichbar und führt in den privaten Hofanteil.



Abbildung 1: Entwurf LINSE, Erdgeschoss – Verfasser: SCHARABI Architekten PartG mbB, Berlin (D)

#### 4.1.3. Grundrissorganisation der Regelgeschosse

Das Gebäude ist, je nach Geschoss, als Zwei- und Dreispänner organisiert. Im 1.OG wurde die gesamte Ebene als Cluster-Wohnung ausgelegt. Zielgruppe dieses Clusters waren Frauen mit einem Alter von über fünfzig Jahren, die hier als Wohngemeinschaft von vier Parteien jeweils über eine Wohnung mit eigenem Bad und Küche sowie einen internen Gemeinschaftsraum mit großzügiger Balkonanlage verfügen. Über die weiteren Obergeschosse verteilen sich 12 weitere Wohnungen mit Größen von 45 bis 155 qm.

Die Nutzungsbereiche Sanitär und Küchenanschlüsse sind parallel zu den Fassaden im Mittelbereich der Wohnungen angeordnet. Sämtliche Grundrisse konnten, unter alleiniger Maßgabe der hier verorteten Infrastrukturschächte, frei formuliert werden.

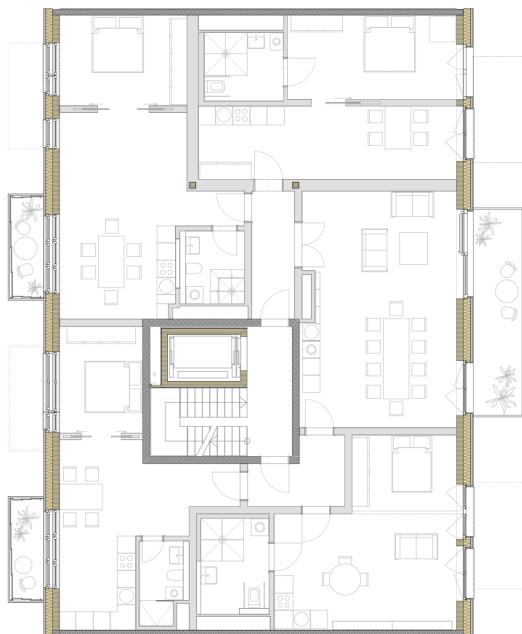


Abbildung 2: Entwurf LINSE, 1.OG, Cluster-Einheit – Verfasser: SCHARABI Architekten, Berlin (D)

#### 4.1.4. Tragstruktur

Das Tragraster des Gebäudes liegt ebenfalls parallel zu den beiden Fassaden. Die Fassaden selbst sind als Massivholzkonstruktionen tragend ausgebildet. Darüber hinaus gibt es nur zwei weitere Tragachsen: sie stellen sich als zwei unterseitige deckenbündige Doppel-T-Träger dar, die auf den Außenwänden des Treppenhauses und den Giebelwänden aufliegen. Lediglich auf der nördlichen Seite des Gebäudes werden diese beiden Träger durch jeweils eine Stütze unterfangen. Somit ist die gesamte Geschossfläche – abgesehen von diesen beiden Stützen – frei von konstruktiven Bauteilen. Auch diese Stützen sind in Holz ausgebildet.

Das Deckentragwerk bilden Holz-Hohlkammerelemente des Herstellers Lignum. Mit einer Bauhöhe von 24 cm überspannen Sie bis zu 570 cm. Die hier eingesetzten Decken erzielen mit dem vom Hersteller vorgegebenen Aufbau hervorragende Schalldämmwerte, welche den von gleichstarken Stahlbetondecken im sensiblen Tiefenbereich («Fersenlaufen») sogar überlegen sind.

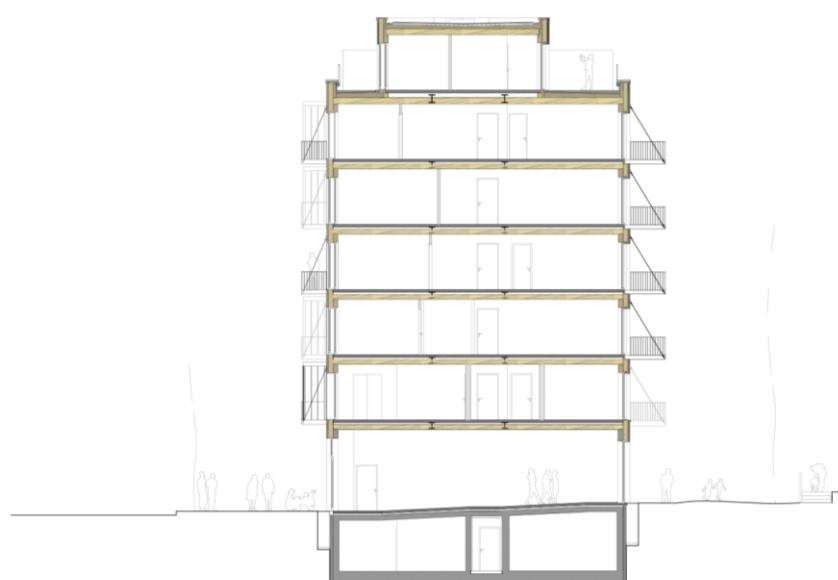


Abbildung 3: Entwurf LINSE, Querschnitt – Verfasser: SCHARABI Architekten PartG mbB, Berlin (D)

#### **4.1.5. Oberflächen**

Alle konstruktiven Holzbauteile verbleiben innenseitig holzsichtig und unbehandelt. Die Giebelwände (Halbfertigteile) und das Treppenhaus sind aus Kostengründen in mineralischer Bauweise erstellt. Auch diese Flächen verbleiben sehr überwiegend im Rohzustand, werden jedoch «kosmetisch» nachbehandelt. So ergibt sich sowohl in den öffentlichen Bereichen als auch in den Wohnungen ein reizvolles und sich gegenseitig befriedigendes Wechselspiel aus Betonoberflächen und Holzoberflächen.

### **5. Der Vorentwurf (LPH 2)**

Mit Abschluss der Vorentwurfsplanung wurden die Tragkonstruktion und die Gliederung der Nutzungsbereiche festgelegt. Nach Prüfung verschiedener Konstruktionsweisen entschied sich der Bauherr für ein Tragwerk mit massiven Holzfassaden einem Aussteifenden Treppenhauskern in Stahlbeton und weit spannenden Holz hohlkörperdecken.

### **6. Die Entwurfsplanung (LPH 3)**

Im Zuge der Entwurfsplanung erfolgte die verbindliche Einbindung der Maßgaben der Fachplanung Tragwerk und Technische Ausstattung, sowie Energieberatung, Bauphysik und Akustikplanung. Um eine Wirtschaftlichkeit der geplanten Ausführungen ausreichend präzise überprüfen zu können, war es notwendig, bereits in der Entwurfsplanung einen guten Teil der Regeldetails unter Teilhabe sämtlicher beteiligten Planer mindestens skizzhaft zu entwickeln. Hier fand also ein Vorgriff auf die Leistungsphase 5 statt.

Der Bauherr entschied sich für eine tragende Holz-Massiv-Fassade unter Einsatz von kreuzverleimten Brettschicht-Elementen (sog. «CLT-Elemente») und außenliegender Dämmung aus Holzfasern, hoch schalldämmenden Geschossdecken in Holzbauweise und einen Innenausbau in herkömmlicher Trockenbauweise. Zur Queraussteifung dient der in Stahlbeton errichtete Treppenhauskern, welcher wiederum über einen Aufzugschacht in Holzbauweise verfügt. Die beiden Giebelwände wurden aus Kostengründen in Betonfertigteilen errichtet.

Für die Wärmeerzeugung wird folgendes Gesamtsystem eingesetzt:

Durch eine hocheffektive kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erhalten wir eine geringe Heizlast.

Die Heizlast wird gedeckt durch eine Kombination aus Sole-Wärmepumpe und Micro Blockkraftheizwerk (BHKW).

Im Gartenbereich wird – als innovative Alternative zur herkömmlichen Sole-Bohrung – ein Eisspeicher als regenerative Quelle für die Wärmepumpe angelegt.

Im Keller des Gebäudes wird ein Batteriespeicher vorgesehen.

Das BHKW wird eingebunden, um über den gesamten Jahreszyklus keinen Strom beziehen zu müssen, sondern kontinuierlich einen leichten Stromüberschuss zu haben.

Die Wärmeversorgung wird damit vollständig mit Hilfe regenerativen Energieträger sichergestellt. Mit dieser Konfiguration werden die Anforderungen gemäß KfW 40+ Standards weit übererfüllt.

Zur Sicherung des sommerlichen Wärmeschutzes wurde eine passive Kühlung über die Fußbodenheizung und Kühlregister in der Lüftungsanlage sowie ein effektiver außenliegender Sonnenschutz vorgesehen.

### **7. Die Ausführungsplanung (LPH 5)**

Im Zuge der Ausführungsplanung wurden weit über 100 Details entwickelt. Hierbei waren eine Vielzahl von Zielkonflikten aufzulösen. Insbesondere Schallschutz und Lastabtragung stehen sich im Holzbau häufig diametral gegenüber. Auch der Wärmeschutz fordert oft Lösungen, die bauphysikalisch für den hoch feuchteempfindlichen Holzbau komplexe Anforderungen bedeuten.

Auf die konkrete Detailausbildung gehen wir im folgenden Abschnitt näher ein.

## 8. Die Detailausbildung

Die durch SCHARABI Architekten und ihr Planungsteam entwickelten Wand- und Decken-aufbauten sowie deren Fügungen stellen in sich bereits einen konsolidierten Planungsstand mit hoher Detailtiefe dar. Um diesen Planungsstand aber in eine für den Ausführenden letztendlich konkret realisierbaren Inhalt zu übersetzen, bedarf es der jeweils konkreten Kenntnis bautechnischer Möglichkeiten eben jenes Ausführenden. Umgekehrt ist der Ausführende auf eine die Anforderung *aller* beteiligten Planer befriedigenden Gesamtplanung angewiesen, die ihm der Architekt liefern muss. In einem iterativen Prozess wird dann aus der globalen Ausführungs- und Detailplanung des Architekten gemeinsam mit dem Ingenieurteam des ausführenden Holzbaubetriebes eine Werkplanung entwickelt.

Das Ergebnis dieser Werkplanung schließlich kann in den computergestützten Produktionsprozess des Holzbaubetriebes unmittelbar eingespeist werden.

Im Folgenden stellen wir Ihnen eine Auswahl der im Planungsteam aus SCHARABI Architekten und den Ingenieuren bei MAX Holzbau generierten Werkplanung vor.

### 8.1. Geschossdecken

Die Geschossdecken wurden mit Hohlkasten-Deckenelementen von Lignatur hergestellt. Die Bauteile wurden in Sichtqualität gefertigt und technische Installationen konnten integriert und mitgedacht werden. Insbesondere die Lüftungsleitungen in der Ebene der Schüttung auf der Decke und die Führung in das darunterliegende Geschoss mussten genau bestimmt werden, um Bohrungen und Durchbrüche werkseitig vorzubereiten. Um die Schallübertragung zwischen den übereinanderliegenden Wohneinheiten zu vermeiden, wurden Elastomere an allen Auflagerpunkten der Decken geplant. Ebenso wurden die Elastomere als Schallentkopplung unter den Außenwänden genutzt.

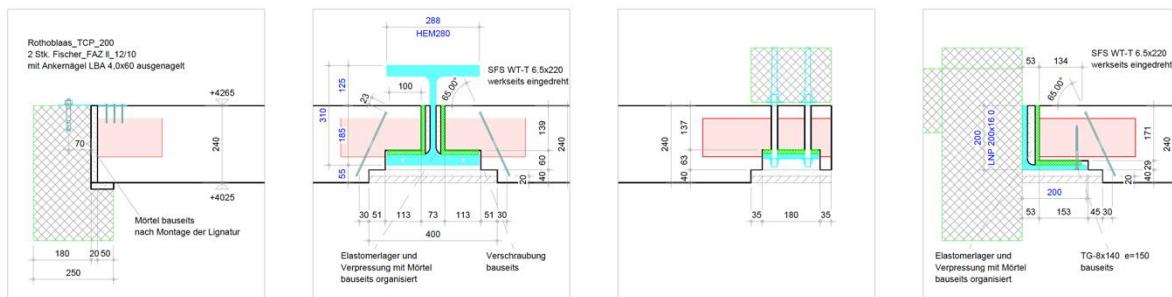


Abbildung 4: Werkplanung Geschossdecken, Details, Verfasser: LIGNATUR AG, Waldstatt (CH)

### 8.2. Fassaden

Die tragenden Außenwandbauteile bestehen aus 240 mm starken Brettsperrholz-Elementen, die innen ohne Bekleidung ausgeführt wurden und mit Installationen innerhalb der Wand geplant wurden. Davor wurde eine Holzrahmenbau-Konstruktionen zur Ausbildung der Dämmebene vorgesehen. Mit einem U-Wert  $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  und Passivhausfenstern mit  $U_w \leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$  konnte die Maßgabe KfW 40+ erfüllt werden. Die Fenster wurden zudem mit Weissglas versehen, um hohe passive Gewinne zu generieren ( $g$ -Wert  $\geq 0,6$ ). Auf der Straßenseite entstand eine Eternitfassade, auf der Hofseite wurde unbehandeltes Lärchenholz verbaut.

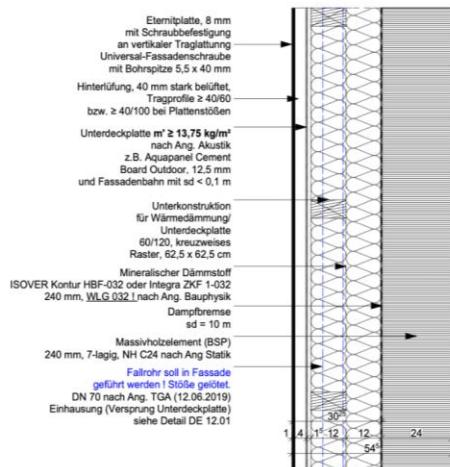
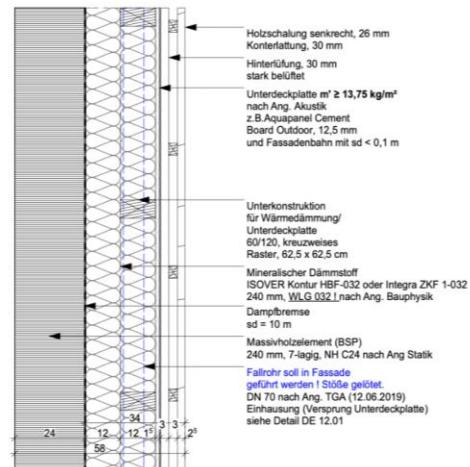
**Außenwand Straßenseite 1. OG - 6. OG****Außenwand Hofseite 1. OG - 6. OG**

Abbildung 5: Bauteilaufbauten Fassaden – Verfasser: SCHARABI Architekten PartG mbB, Berlin (D)



Abbildung 6: Baustelle Gotenstraße 44, Berlin Schöneberg – Foto: Andreas Meichsner, Berlin

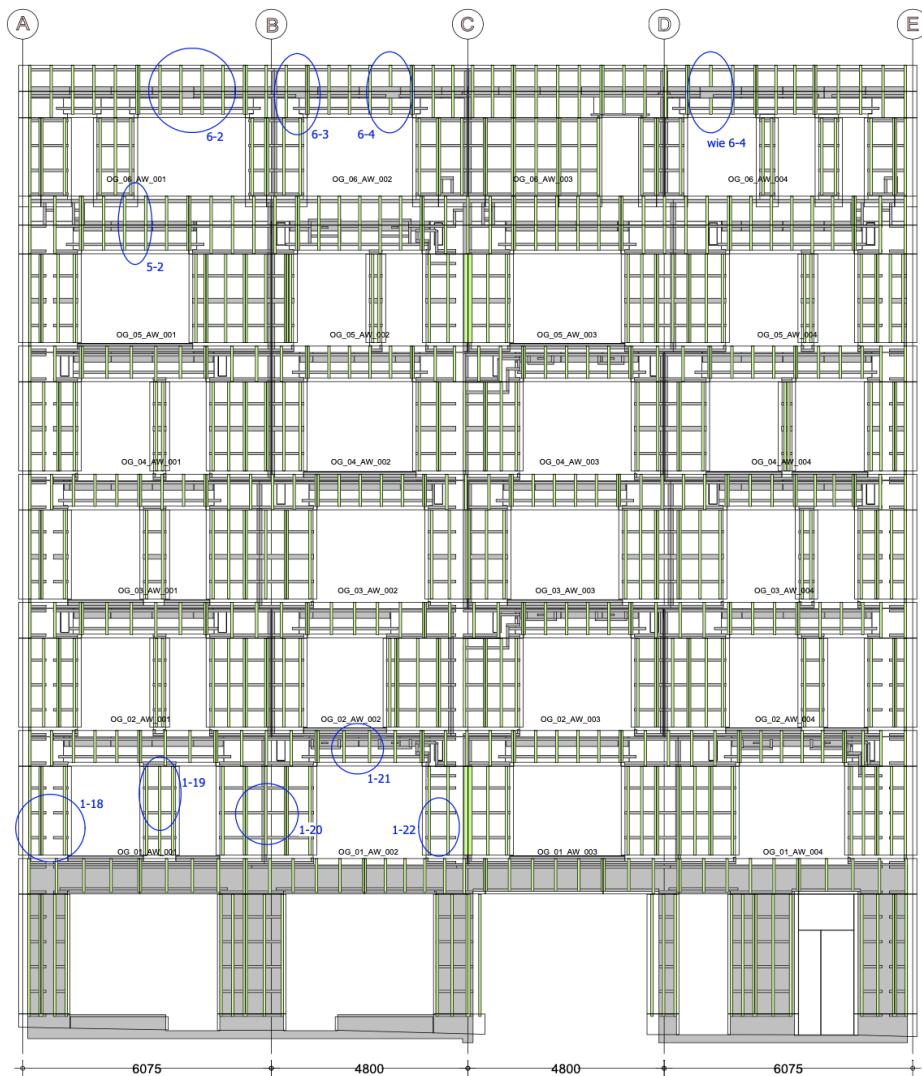


Abbildung 7: Werkplanung Fassaden, Unterkonstruktion – Verfasser: Prause Holzbauplanung, Lindlar (D)

### 8.3. Balkonanlagen

Herausfordernd waren in besonderer Weise die vielen Bauteile, welche sorgfältig in die Fassade integriert werden sollten. Dazu gehörten u.a. die Balkonabhängungen, welche mittels vorgefräster Markierungen auf den Holzbauteilen später genau positioniert werden konnten.

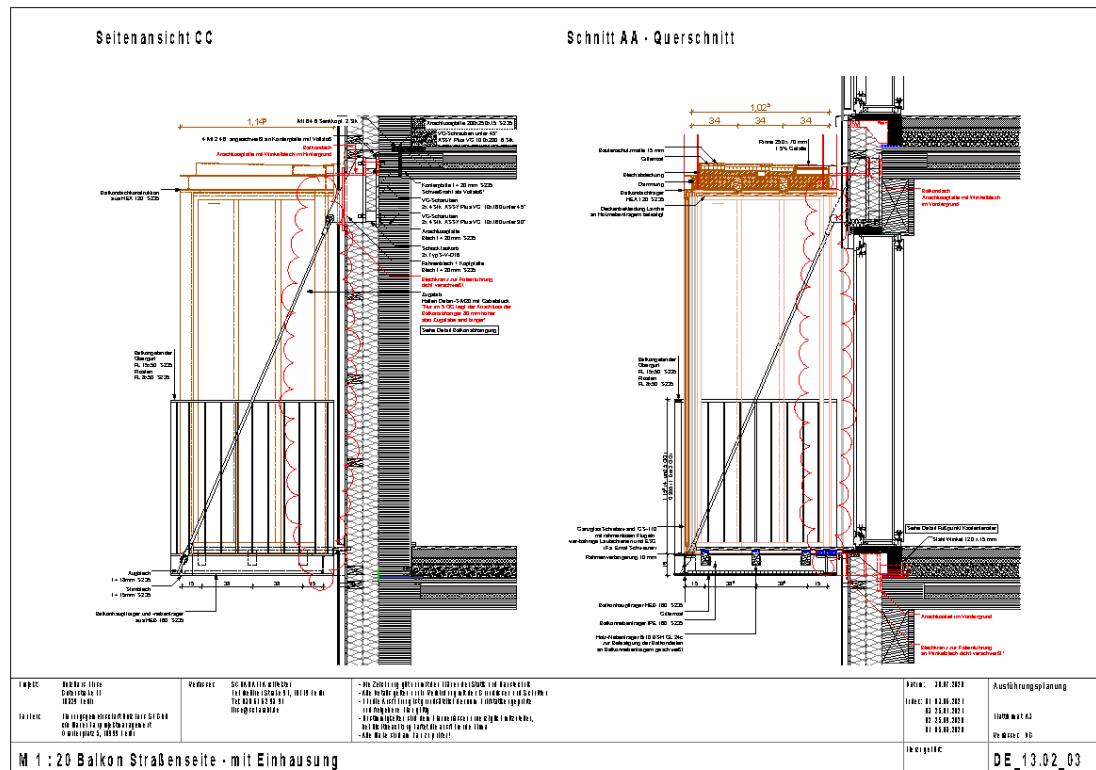


Abbildung 8: Detailplanung Balkone, Übersicht – Verfasser: SCHARABI Architekten PartG mbB, Berlin (D)

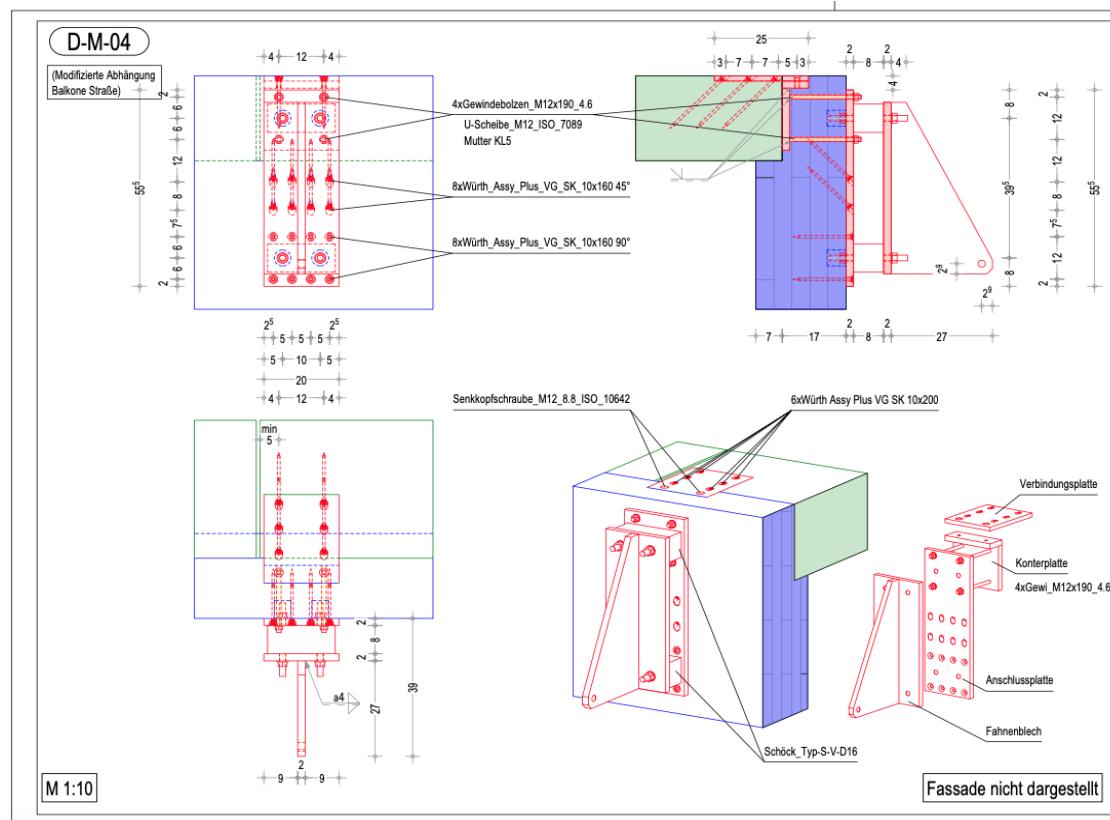


Abbildung 9: Werkplanung Fassaden, Balkonabhängungen – Verfasser: Prause Holzbauplanung, Lindlar (D)

## 9. Detailplanung – Architektur und Werkstattplanung

### 9.1. Schnittstelle Architekten und Zimmereibetrieb

In der Werkplanung des Holzbaus wurden zahlreiche Informationen nochmals zusammengebracht und übereinandergelegt. Wöchentliche Abstimmung des Planungsteams, bestehend aus den Architekten, dem Tragwerksplaner, dem Bauphysiker, unserem Planungingenieur sowie uns als produzierendem Gewerbe, die in der Regel bis zu drei Stunden Zeit in Anspruch nahmen, zahlten sich am Ende aus.

MAX Holzbau verfolgte dabei den Anspruch möglichst jedes Bauteil in das CAD-Modell zu übertragen, und die bis dahin bereits von SCHARABI Architekten detailliert ausgearbeitete Planung für die Elementfertigung vorzubereiten.

### 9.2. Die Werkplanung im Detail

Die Werkplanung war aufgrund der vielen Wandschichten und der variierenden Fassaden gestaltung komplex. Die Herausforderung bestand darin, ein hoch informiertes CAD-Modell in einen 2-dimensionalen Plan zu übertragen auf dessen Basis gefertigt werden konnte. Für jedes Element gab es mehrere Zeichnungen und pro Seite wurde jeweils eine Schicht dargestellt. Ergänzt wurden diese Zeichnungen um Auszüge aus dem 3D, welche besondere Situationen erklären sollten. Weitere Herausforderung des Projekts ist der Aufzugsschacht aus Brettspertholz, welcher in den fertigen Treppenhauskern aus Beton gefädelt werden sollte. Durch den begrenzten Raum wurde die Montage exakt geplant und der Ablauf Bauteil für Bauteil simuliert.

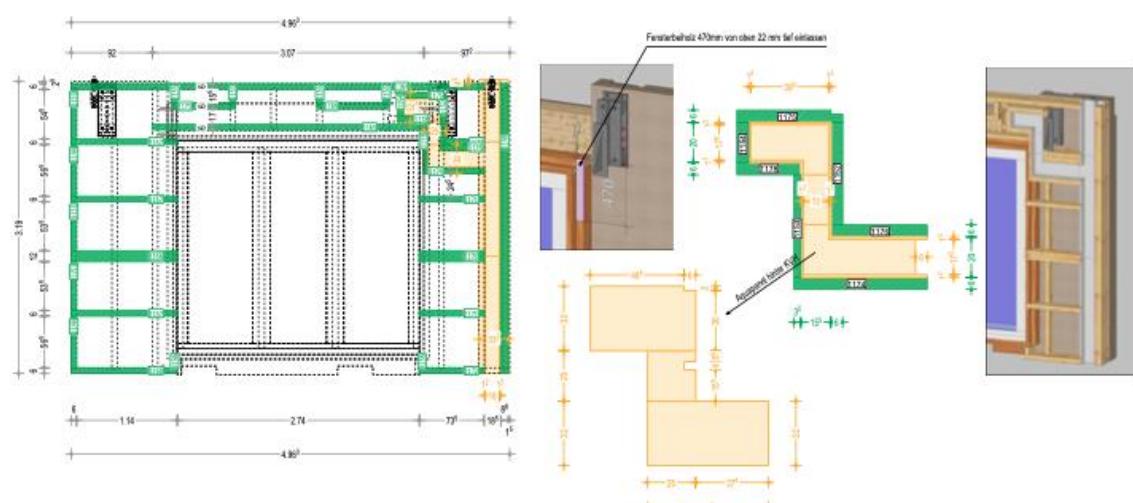


Abbildung 10: Werkplanung Wandelement, Entwässerung – Verfasser: Prause Holzbauplanung, Lindlar (D)

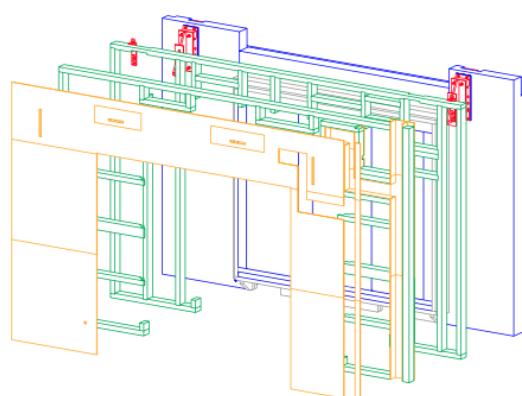


Abbildung 11: Werkplanung Wandelement, Schichtung – Verfasser: Prause Holzbauplanung, Lindlar (D)

### 9.3. Einblick in die Bauteilproduktion



Abbildungen 12, 13: Elementfertigung Brettsperrholz, Dämmebene und Riegelwerk – Fotos: MAX Holzbau

### 9.4. Die Baustelle

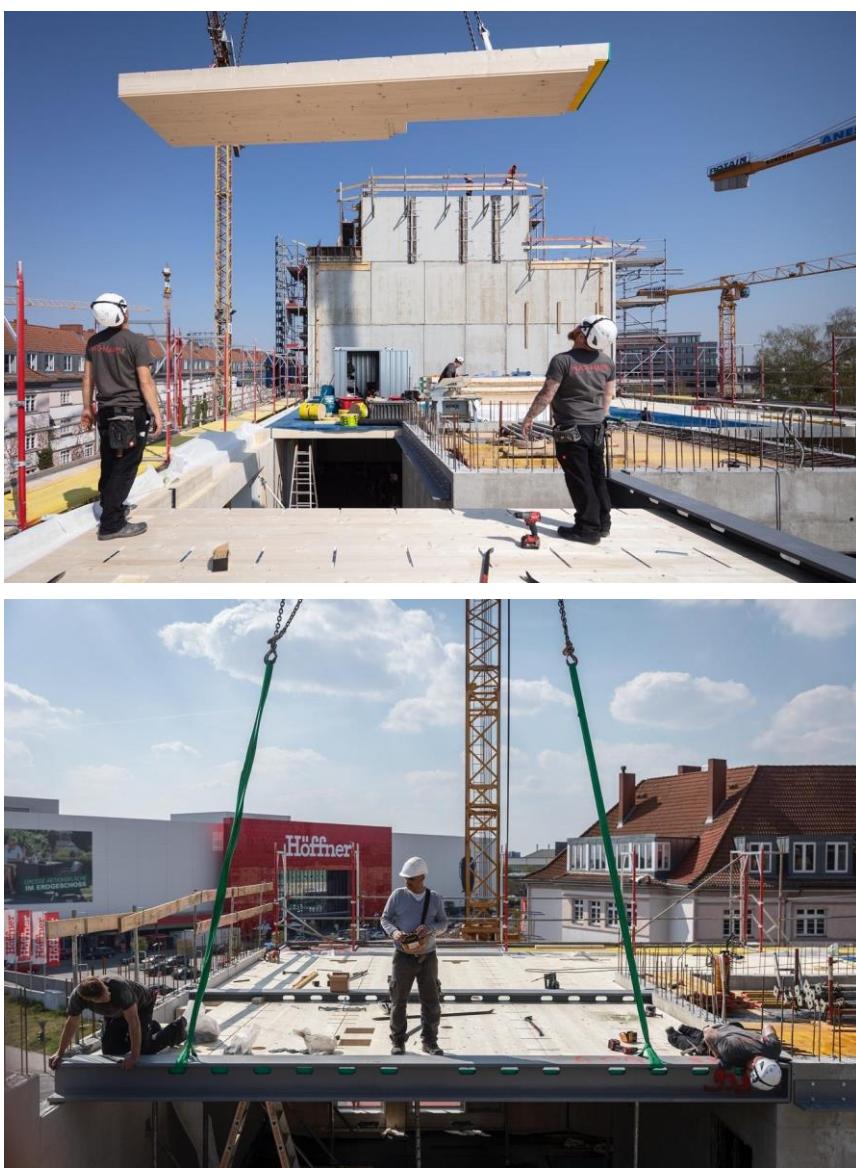


Abbildung 14, 15: Baustelle Gotenstraße 44, Berlin Schöneberg – Fotos: Andreas Meichsner, Berlin



Abbildung 16: Baustelle Gotenstraße 44, Berlin Schöneberg – Foto: Andreas Meichsner, Berlin



Abbildung 17, 18: Baustelle Gotenstraße 44, Berlin Schöneberg – Fotos: Andreas Meichsner, Berlin

## 10. Gemeinsamer Ausblick

IN DER REDUKTION DES DENKENS  
AUF MATHEMATISCHE APPARATUR  
IST DIE SANKTION DER WELT  
ALS IHRES EIGENEN MASSES  
BESCHLOSSEN

Horkheimer/Adorno, «Dialektik der Aufklärung», 1944

DAS NATURSCHÖNE  
IST DIE SPUR DES NICHTIDENTISCHEN  
AN DEN DINGEN  
IM BANNE IHRER UNIVERSALEN EINHEIT  
IHM GLICHE DAS VERSÖHNTE

Adorno, «Ästhetische Theorie», 1970

Denn ohne eine Beziehung zur Natur, zu Trieben und Bedürfnissen, ohne ein Bewusstsein für die Bedingtheit durch die äußere und innere Natur und ohne Mitgefühl für andere Lebewesen wird Rationalität destruktiv und ziellos. Sie bekommt selbst etwas Triebhaftes und Blindes.

Letztlich führt sie zur technisch perfekten Organisation destruktiver Unterfangen: Auch der Klimawandel lässt sich als Ergebnis dieser fehlgeleiteten Rationalität begreifen, die zwar ursprünglich dem menschlichen Überleben der Menschen dienen sollte, aber in ihrem Willen zur Naturbeherrschung letztlich auch dem Überleben gegenüber gleichgültig wird.

Theresa Schouwink, «Frankfurt For Future», philosophie Magazin, Sonderausgabe 19, Herbst 2021 / Winter 2022

Die Nachhaltigkeit des Baustoffs Holz wird durch seine ästhetischen, *sinnlichen* Eigenschaften und nachweisbare psychologische, d.h. *soziale* Wirkung verstärkt:

Holz riecht gut, ist kein Wärmeleiter, hat – unbehandelt – eine angenehme, samtene Haptik und eine zugleich homogene als auch nichtidentische, dadurch – wie wir glauben – harmonisierende Oberflächenanmutung und wirkt *nachweisbar* aggressionshemmend. Holz, insbesondere als *sicht-, riech- und faßbarer* Baustoff, bietet somit eine *Versöhnung* ästhetisch-sinnlicherer, technisch-naturwissenschaftlicher und psychosozial-seelischer Aspekte im Sinne *echter* Nachhaltigkeit, welche, um Effektivität zu besitzen, neben quantitativ messbarer Stofflichkeit zwingend auch auf sinnlichen, subjektiv erfahrbaren *Qualitäten* und sozialen, psychologischen Angeboten bzw. *Anreizen* beruht.

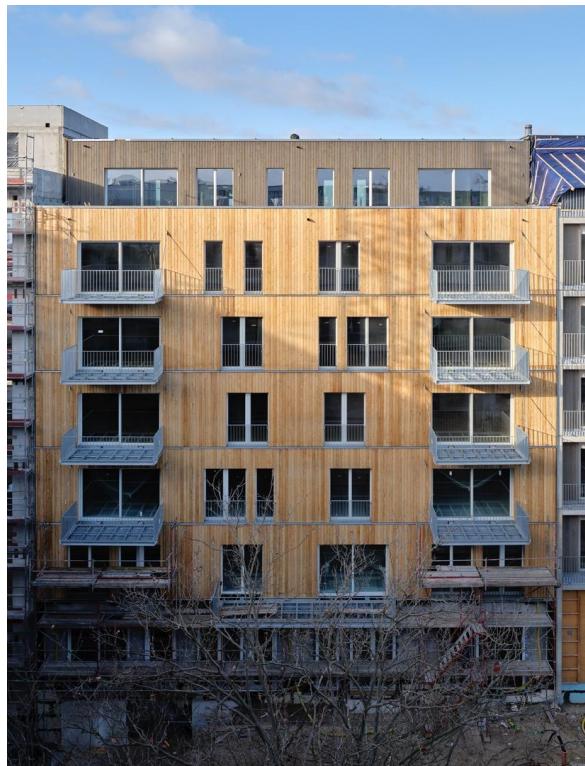
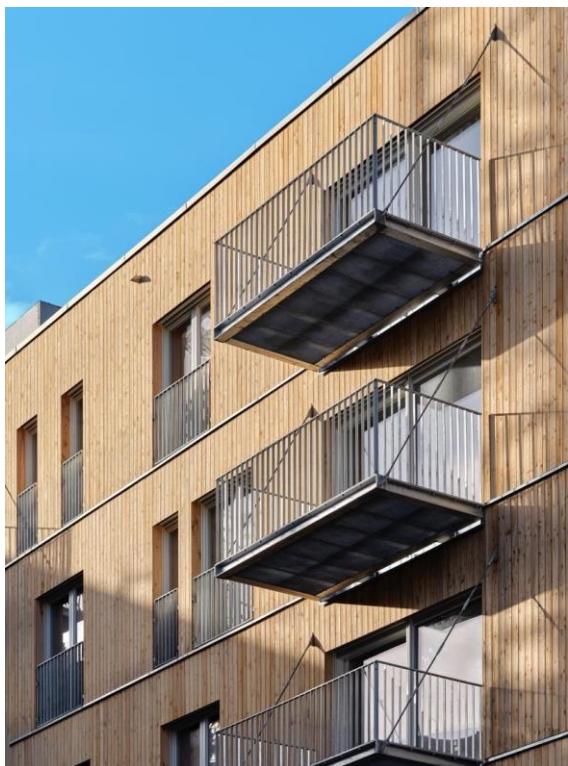


Abbildung 19, 20: Wohnhaus Gotenstraße 44, Berlin Schöneberg – Fotos: Andreas Meichsner, Berlin

**Mittwoch, 29. Juni 2022**

**Block A2**

**Wie planen wir den qualitativen  
Holzbau in der Zukunft gemeinsam**

# **Robustheitskriterien für den mehrgeschossigen Holzbau**

Andreas Müller  
Professor für Holzbau u. Baukonstruktion  
Berner Fachhochschule  
Architektur, Holz und Bau  
Biel/Bienne, Schweiz

Holzbauexperten GmbH  
Biel/Bienne, Schweiz



# Robustheitskriterien für den mehrgeschossigen Holzbau

Holz als Baustoff hat eine sehr lange Tradition. Noch vor 200 – 300 Jahren wurden fast alle Gebäude aus Holz errichtet. Mit Eintritt in das 19. Jahrhundert wurde aus Gründen der veränderten gestalterischen Anforderungen, aber auch unter dem Eindruck grosser Brandkatastrophen, der Baustoff Holz sowohl bei öffentlichen Gebäuden wie auch im Bereich des Wohnungsbaus immer weiter zurückgedrängt.

Durch die gestiegenen Anforderungen an ein energieeffizientes und nachhaltiges Bauen aber auch durch das Bewusstsein, mit Holz den einzigen nachwachsenden und nachhaltig erzeugbaren Werkstoff einzusetzen, wenden sich heute wieder vermehrt private wie auch öffentliche Bauherren dem Holzbau zu. Sie vertrauen der Holzbauweise, die in besonderer Weise alle an sie gestellten technischen und ökonomischen Anforderungen erfüllt.

Die in Holz gebauten Gebäude erfüllen bereits heute die Anforderungen der Zukunft. Der Klimawandel, die hohe (Wohn-) Qualität aber auch die bereits heute umgesetzten hohen Standards bezüglich der Energieeffizienz und der Nachhaltigkeit haben zu einer erhöhten Nachfrage geführt. Die im Holzbau üblichen digitalen Planungsprozesse und die bereits weitgehend industrialisierten Fertigungsprozesse haben sowohl die Qualität wie auch die Wirtschaftlichkeit der Holzbauweise weiter erhöhen.

Bei mehrgeschossigen Gebäuden steigen mit der Anzahl der Geschosse die Anforderungen an die statische Nachweisführung. Hier sind im Besonderen die Nachweise zur Gebäudeaussteifung bzw. der Gebäudestabilisierung zu nennen. Dem Verformungsverhalten muss besondere Beachtung geschenkt werden.

Neben der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit müssen die Gebäudestrukturen langfristig zuverlässig und in einem hohen Masse robust sein. Den Versagensmechanismen z.B. bei Stützenausfall durch aussergewöhnliche Einwirkungen gemäss EN 1991-1-7 [1] muss beim Entwurf Beachtung geschenkt werden. Alternative Lastwege müssen aufgezeigt und bemessen werden. Anhand der durchgeföhrten Studien im Projekt «Jenga» [2] kann dies anschaulich aufgezeigt werden.



Abbildung 1: HolzHochHaus «Jenga» (Bild: Berner Fachhochschule/MA Architektur/MWT) [2]

## 1. Robustheit

### 1.1. Was versteht man unter Robustheit

Unter Robustheit versteht man in Bezug auf die Tragsicherheit eines Gebäudes, «die Unempfindlichkeit eines Tragwerkes gegenüber einem lokalen Versagen» [3]. D.h. ein Lokales Versagen, z.B. der Ausfall einer Stütze im Erdgeschoss, führt nicht zum Einsturz bzw. Kollaps des gesamten Bauwerkes.

Damit ist die Robustheit aber auch die Fähigkeit einer Tragkonstruktion, unvorhergesehene, aussergewöhnlichen Ereignissen und Einwirkungen Widerstand zu leisten. Hierzu ist eine gewisse Redundanz notwendig.

Als Synonyme für Robustheit wird aber auch «Beständigkeit, Festigkeit, Härte, Stabilität und Widerstandsfähigkeit» genannt [4]. Robustheit ist auch mit Unempfindlichkeit und Dauerhaftigkeit zu umschreiben. Die Robustheit stellt nach [5] ein umfassendes Qualitätsmerkmal dar.

### 1.2. Kriterien für die Planung robuster Bauwerke

Die von Plötzl [5] aufgestellten Robustheitskriterien werden nachfolgend spezifisch für den Holzbau kommentiert und erweitert:

- Vermeidung von ungünstigen Einflüssen auf die Lebensdauer:  
Ein sehr guter baulicher Schutz und ein gutes Austrocknungsvermögen einer Holzkonstruktion und deren Knotenpunkte tragen zur Robustheit bei. Die Kontrollierbarkeit ist hierbei ein wichtiges Kriterium. Nichtkontrollierbare Hohlkastensysteme sind deshalb unter diesem Gesichtspunkt weniger robust als Vollwandträger
- Vermeidung eines unangekündigten Systemversagens:  
Sicherheitsrelevante Schäden müssen so frühzeitig erkennbar sein, dass Sicherungs- und Schutzmassnahmen möglich sind
- Erhöhung der Redundanz der Konstruktion:  
Redundanz bedeutet, dass mehr gleichgerichtete, funktionsfähige Komponenten vorhanden sind, als zur Erfüllung der Tragsicherheit notwendig sind. Dies kann jedoch im Widerspruch zum ingenieurmässigen Wunsch stehen, Bauteile und Querschnitte zu optimieren
- Erhöhung der Duktilität der Konstruktion:  
Duktilität ist ein Merkmal für Robustheit, als dadurch systemimmanente Tragreserven, wie bei statisch unbestimmten Systemen im Regelfall vorliegen, überhaupt mobilisiert werden können. Voraussetzung ist hierbei aber, dass diese Reserven nicht bereits bei der Bemessung durch plastische Berechnungsverfahren «aufgezehrt» wurden

Bei allen biegebeanspruchten Bauteilen führt bei stat. unbestimmten Systemen (Durchlaufsysteme) das Versagen eines Abschnittes meist nicht zum Totalausfall bzw. Versagen des gesamten Trägers. Sie sind daher in der Regel in Bezug auf den Schadensverlauf günstiger/unempfindlicher als stat. bestimmte Systeme wie z.B. Einfeldträger. Gemäss VDI 6200:2010 [6] können Tragwerke in Robustheitsklassen eingeteilt werden. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Robustheitsklassen für Bauwerke gemäss VDI 6200:2010 [6]

Robustheitsklasse	Bauwerk/Nutzung	Beispielhafte Tragwerke
RC 1	statisch bestimmte Tragwerke ohne Systemreserven Fertigteilkonstruktionen ohne redundante Verbindungen Imperfektionsempfindliche Systeme Tragwerke mit sprödem Verformungsverhalten	Einfeldträger stützenstabilisierte Hallentragwerke ohne Kopplungen schlanke Schalentragwerke Tragwerke aus Glas Tragwerke mit Gussbauteilen

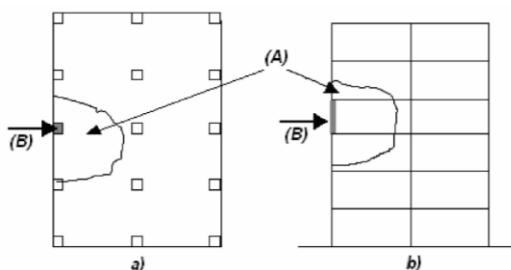
RC 2	statisch unbestimmte Konstruktionen mit Systemreserven elastisch-plastisches Tragverhalten	Durchlaufträger eingeschossige Rahmenkonstruktionen Stahlkonstruktionen
RC 3	Konstruktionen mit grosser Systemredundanz Tragwerksverhalten und/oder Konstruktionen mit grossen plastischen Systemreserven fehlerunempfindliche Systeme	mehrgeschossige Rahmenkonstruktionen vielfach statisch unbestimmte Systeme seilverspannte Konstruktionen überschüttete Bogentragwerke
RC 4	Tragwerke, bei denen alternativ berücksichtigte Gefährdungsszenarien und Versagensanalysen ausreichende Robustheit zeigen	Bemessung für Stützenausfall Bemessung auf Lastfall Flugzeugabsturz

### 1.3. Normative Grundlagen

Die EN 1991-1-7 klassifiziert Gebäude für unfallbedingte Einwirkungen in die «Versagensfolgeklassen» 1, 2a, 2b und 3. Je höher die Gebäudeklasse ist, desto mehr Menschen sind im Falle eines Einsturzes gefährdet. Die Klasse 1 erfordert keine besonderen Vorschriften. Klasse 2A erfordert eine horizontale Verankerung und Klasse 2B zusätzlich eine vertikale Verankerung. Für Klasse 3 ist zusätzlich eine systematische Risikobewertung erforderlich. Bei Klasse 2B kann anstelle der Verankerung auch die fiktive Entfernung von Elementen verwendet werden.

Für Gebäude der Versagensfolgeklasse 3 gibt EN 1991.1.7:2006 vor, dass eine systematische Risikobewertung des Gebäudes vorgenommen werden muss, bei der sowohl vorhersehbare als auch unvorhersehbare Gefahren berücksichtigt werden.

Die Grenze des lokalen Versagens kann bei jedem Gebäudetyp unterschiedlich sein. Der empfohlene Wert beträgt 15 % des Geschoßflächen oder 100 m<sup>2</sup>, je nachdem, welcher Wert kleiner ist, in jedem der beiden angrenzenden Stockwerke gemäß Abbildung 34. Die Bauteile deren Entfernung eine größere Einsturzausdehnung verursachen würde, sollen als «Schlüssellemente» ausgelegt werden.



#### Legende

- (A) Lokaler Schaden unter 15 % der Geschoßfläche, gleichzeitig in zwei angrenzenden Geschoßen
- (B) Stütze, die rechnerisch entfernt wird
- a) Aufsicht
- b) Ansicht mit Schnitt

Abbildung 2: Empfohlenen Begrenzung eines akzeptablen Schadens nach Bild A.1 [1]

Tabelle 2: Zuordnung zu Versagensfolgeklassen nach Tabelle A.1 [1]

Versagens- folgeklasse	<b>Beispiel für Zusammenhang von Gebäudetyp und -Nutzung</b>
1	Einfamilienhäuser mit bis zu 4 Stockwerken. Landwirtschaftliche Gebäude. Gebäude, die selten von Personen betreten werden, wenn der Abstand zu anderen Gebäuden oder Flächen mit häufiger Nutzung durch Personen mindestens das 1,5-fache der Gebäudehöhe beträgt.
2a Untere Risiko- gruppe	5-stöckige Gebäude mit einheitlicher Nutzung. Hotels mit bis 4 Stockwerken. Wohn- u. Apartmentgebäude mit bis 4 Stockwerken. Bürogebäude mit bis 4 Stockwerken. Industriebauten mit bis 3 Stockwerken. Einzelhandelsgeschäfte mit bis 3 Stockwerken und bis 1000 m <sup>2</sup> Geschossfläche in jedem Geschoss. Einstöckige Schulgebäude. Alle Gebäude mit bis zu 3 Stockwerken mit Publikumsverkehr und Geschossflächen bis 2000 m <sup>2</sup> in jedem Geschoss.
2b Obere Risiko- gruppe	Hotels, Wohn- und Apartmentgebäude mit mehr als 4 und bis 15 Stockwerken. Schulgebäude mit mehr als einem und bis 15 Stockwerken. Einzelhandelsgeschäfte mit mehr als 3 und bis 15 Stockwerken. Krankenhäuser mit bis 3 Stockwerken. Bürogebäude mit mehr als 4 und bis zu 15 Stockwerken. Alle Gebäude mit Publikumsverkehr und Geschossflächen von mehr als 2000 m <sup>2</sup> und bis 5000m <sup>2</sup> in jedem Geschoss. Parkhäuser mit bis 6 Stockwerken.
3	Alle Gebäude, die die Stockwerksanzahl und Flächengrenzen der Klasse 2 übersteigen. Alle Gebäude mit starkem Publikumsverkehr. Stadien mit mehr als 5000 Zuschauern. Gebäude mit lagernden Gefahrgütern oder gefährlichen Verfahren

## 2. Robustheitskriterien beim Entwurf

Beim Entwurf robuster Tragstrukturen wird zwischen indirekten und direkten Methoden zur Sicherstellung der Robustheit unterschieden.

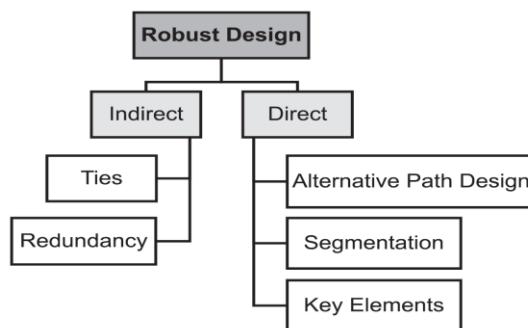


Abb. 3: Übersicht direkte und indirekte Entwurfsmethoden für die Robustheit nach [7]

### 2.1. Direkte Methoden – Alternativer Lastpfadentwurf

Der alternative Lastpfadentwurf sieht alternative Lastpfade in der Struktur nach der Entfernung eines Elements vor, um die Anforderungen an das zulässige Einsturzausmaß zu erfüllen. Zwei der Hauptmechanismen der Lastverteilung, die für diese Methode verwendet werden können, sind die Kettenwirkung und die Membranwirkung. Bei der Kettenwirkung verhalten sich die Träger über einem ausgefallenen Element wie eine Kette, um die verbleibende Struktur zu stützen (Abbildung 4). Bei der Membranwirkung bilden die Deckenplatten oder Bodenmembranen über einem versagenden Element eine Membran und

stützen das übrige Tragwerk (Abbildung 5). Beide Mechanismen erfordern eine ausreichende Zugtragfähigkeit in den Bauteilen und eine Kapazität für große Verformungen ohne Bruch in den Verbindungen. Um alternative Belastungspfade zu ermöglichen, ist daher die Auslegung der Verbindungen entscheidend, insbesondere ihr duktiles Verhalten bei Überlast [8].

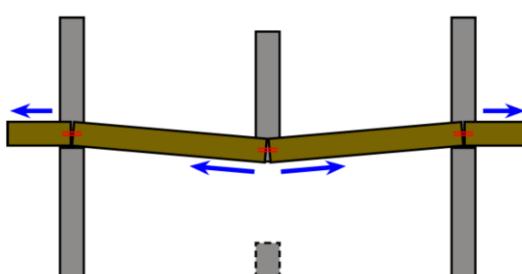


Abbildung 4: Oberleitungseinwirkung [8]

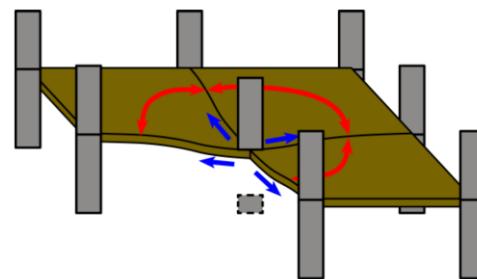


Abbildung 5: Membraneinwirkung [8]

## 2.2. Baupraktische Überlegungen zum Entwurf robuster Tragstrukturen

Eine gute Gebäudeaussteifung führt i.d.R. zu sehr robusten mehrgeschossigen Gebäuden. Laut Wenk [9] sind die Merkmale eines im Hinblick auf die Erdbebensicherheit robusten Gebäudes die Einfachheit, die Regelmässigkeit und die Redundanz. Umgesetzt für mehrgeschossige Gebäude in Holz entsteht so ein Tragsystem mit über alle Geschosse durchgehenden tragenden bzw. aussteifenden Wandscheiben. Eine Reduktion der Steifigkeit der Gesamtstruktur kann nur nach oben hin z.B. im obersten Geschoss vertreten werden. Ferner ist bei der Grundrissgestaltung zu beachten, dass der Schwerpunkt der Steifigkeiten aller aussteifenden Bauteile etwa identisch ist mit dem Massenschwerpunkt des Gebäudes respektive der Geschosse. Nur so ist das Gebäude weitgehend torsionssteif. Voraussetzung ist aber auch hier, dass die Deckenscheiben möglichst steif sein müssen. Sollte dies nicht der Fall sein, muss umso mehr auf die möglichst symmetrische und gleichmässige Verteilung der aussteifenden Wände über die Grundfläche hinweg sichergestellt werden. Die Horizontallastverteilung erfolgt bei sehr weichen Deckenscheiben nicht mehr abhängig von der Steifigkeit der aussteifenden Elemente, sondern verbunden mit grösseren und über die Grundfläche sehr unterschiedliche Verformungen über die angrenzenden Lasteinzugsflächen (Abbildung 6 und 7).

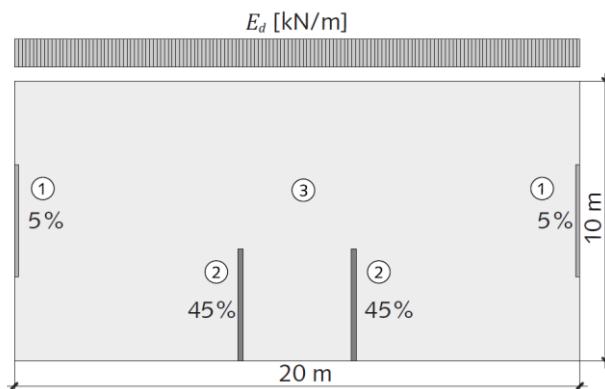


Abbildung 6: Aufteilung der horizontalen Einwirkungen auf die aussteifenden Wände unter Berücksichtigung der Steifigkeit einer Holz-Beton-Verbunddecke [10]

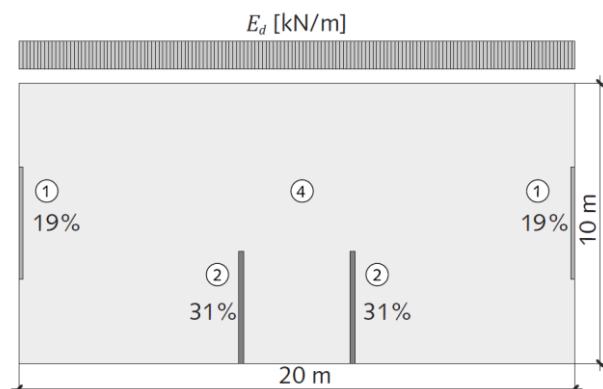


Abbildung 7: Aufteilung der horizontalen Einwirkungen auf die aussteifenden Wände unter Berücksichtigung der Steifigkeit einer Rippendecke in Holzrahmenbauweise [10]

Dies führt zu hohen Anforderungen an die raumseitige Beplankung und wie bei einer Analyse von mehrgeschossigen Gebäuden im Zuge eines Forschungsprojektes festgestellt, ist dies oft Ursache von Rissen in den Innenbekleidungen bzw. dem Auf- bzw. Abreissen der Beplankungsfugen besonders in den Raumecken oder an den «Sollbruchstellen» an Versätzen oder (Vor-) Sprüngen in den Flächen (Abbildung 8 und 9).



Abbildung 8: Innenecke mit geschlossener Fuge



Abbildung 9: Innenecke mit geöffneter Fuge

### 3. HolzHochHaus Jenga

#### 3.1. Wettbewerb

Studierende aus dem Master Architektur und dem Master Wood Technology (MWT) der Berner Fachhochschule (BFH) haben im Rahmen eines interdisziplinären Projekts innovative Holzhochhäuser entworfen. Im internen Wettbewerb wurde das Projekt «Jenga» zur Weiterbearbeitung empfohlen, um gemeinsam mit Holzbau Schweiz und Industriepartnern Teile davon als 1:1-Modell auf der Fachmesse Swissbau zu präsentieren. Das Bauwerk stapelt volumetrisch gleiche Holzmodule in unterschiedlichen Richtungen aufeinander und fasziniert durch das Zusammenspiel von Konstruktion, einzigartigem Raumerlebnis sowie durch Klarheit [2].

Umfangreiche Dokumentationen zum Entwurfsprozess und zu den weiteren Planungs- und Hochhausprojekten ermöglichen eine vertiefte Reflexion über die Perspektiven und die Vielfalt des mehrgeschossigen Holzbau. Für die Studierenden der MWT-Vertiefung «Complex Timber Structures» war das Projekt Jenga eine willkommene Herausforderung sich sehr anwendungsorientiert und grundlegend mit dem Thema Robustheit bei Holz-Hochhäuser intensiv auseinanderzusetzen [11].

#### 3.2. Robustheitskonzepte bei HolzHochHäusern

##### Alternativer Lastpfadentwurf eines regulären Bauwerks

Die Methode der alternativen Lastwege (z.B. nach Huber et al. [8]) ist heute bei Holz-Hochhäusern eine zielführende Methode zur Sicherstellung der Robustheit. Bei sehr strukturiert in einem holzbaugerechten Raster aufgebauten Gebäude (Abbildung 10 und 11) kann ein Kollaps des Gesamtgebäudes durch die Wahl eines Deckensystem vermieden werden, welches bei diesem aussergewöhnlichen Bemessungsfall durchgehend zugbeansprucht werden kann. Im Falle eines Stützenausfalls wirken die Platten dann als Zugband und verteilen die Last auf die benachbarten Stützen. Die roten Pfeile zeigen den Kraftfluss der Druckkräfte und die blauen Pfeile den Kraftfluss der Zugkräfte. Dieses System funktioniert, solange sich auf beiden Seiten der ausfallenden Stütze benachbarte Stützen befinden. Wenn die Eckstütze kollabiert, hat dieses System Schwäche bzw. ein partielles Versagen der Eckstruktur ist nicht zu vermeiden.

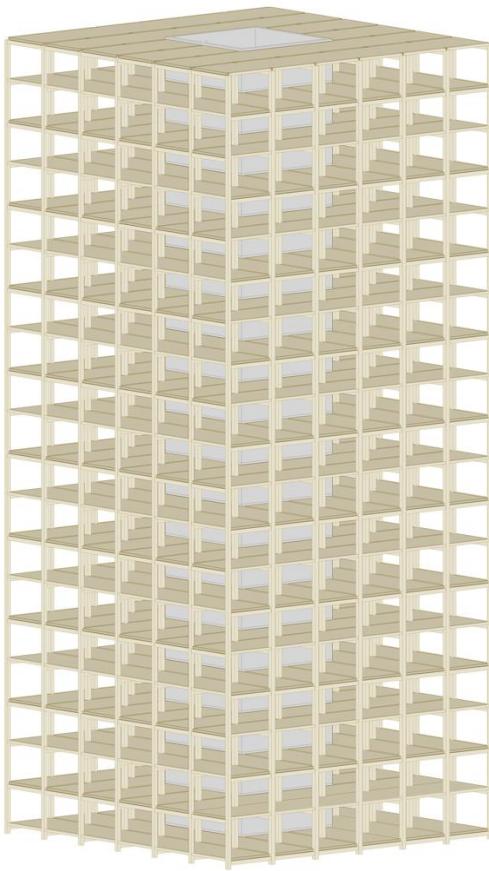


Abbildung 10: Normale Hochhausstruktur [11]

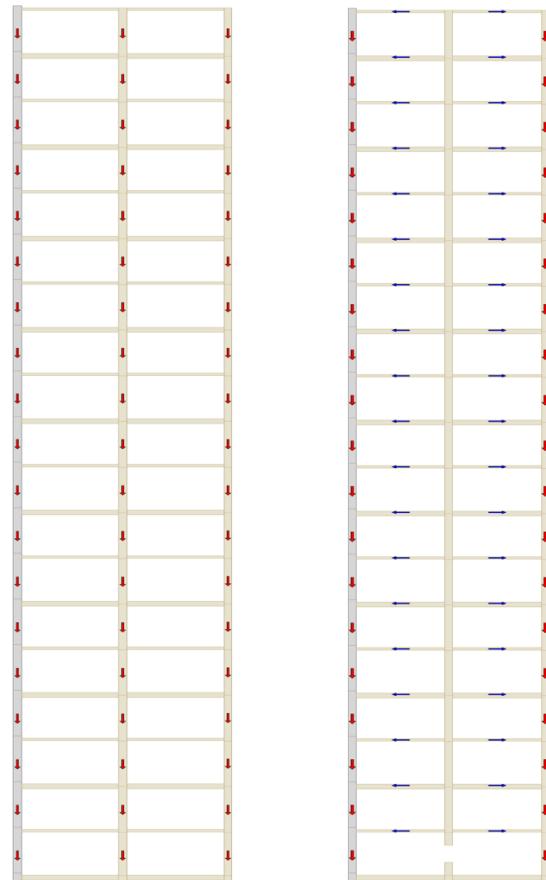


Abbildung 11: Kraftverteilung eines strukturiert auf einem regelmässigen Raster aufgebauten Hochhauses (links); Kraftverteilung bei Stützenversagen (rechts) [11]

### Alternativer Lastpfadentwurf des Projekt Jenga

Nach Prüfung verschiedener Varianten kam das Planungsteam zum Entschluss, dass die Sicherstellung einer Redundanz in der Struktur die wirkungsvollste und am besten realisierbare Lösung ist, um die geforderte Robustheit zu erreichen. Das erstellte Konzept bei der Jenga-Struktur sieht vor, dass die Vertikallast der ausgefallenen Stütze durch die bereits vorhandenen Diagonalen in die Außenwandebene hoch- bzw. zurückgehängt wird. Zusätzliche Fachwerkstrukturen in jeder zweiten Auswandebene sind in der Lage diese Zusatzlast aufzunehmen und in die angrenzenden intakten Strukturbereiche zu übertragen. (Abbildungen 12+13). Aufgrund der alternierenden Spannrichtung des Bindersystems und der Redundanz der Binder in der gesamten Fassade kann die Kraft vom 1. bis zum 19. Stockwerk in jedem zweiten Stockwerk verteilt werden (Abbildung 15). Dieses Konzept erfordert duktile Verbindungen. Erfreulicherweise können mit dieser Konstruktion an der Fassade Balkone angebracht werden, sofern genügend Fachwerksysteme in der Außenwandstruktur vorhanden sind, welche die Kräfte im Falle eines Stützenausfalls verteilen können [11].

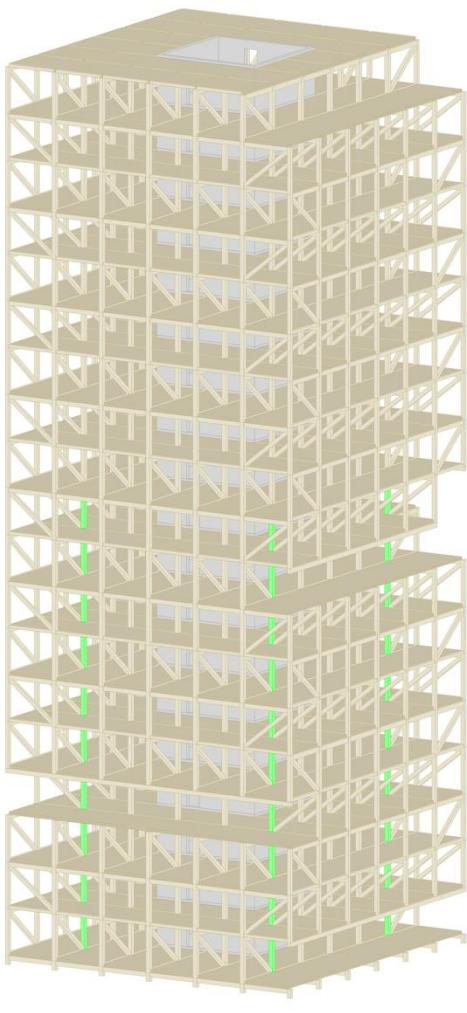


Abbildung 12: Jenga-Hochhausstruktur [11]

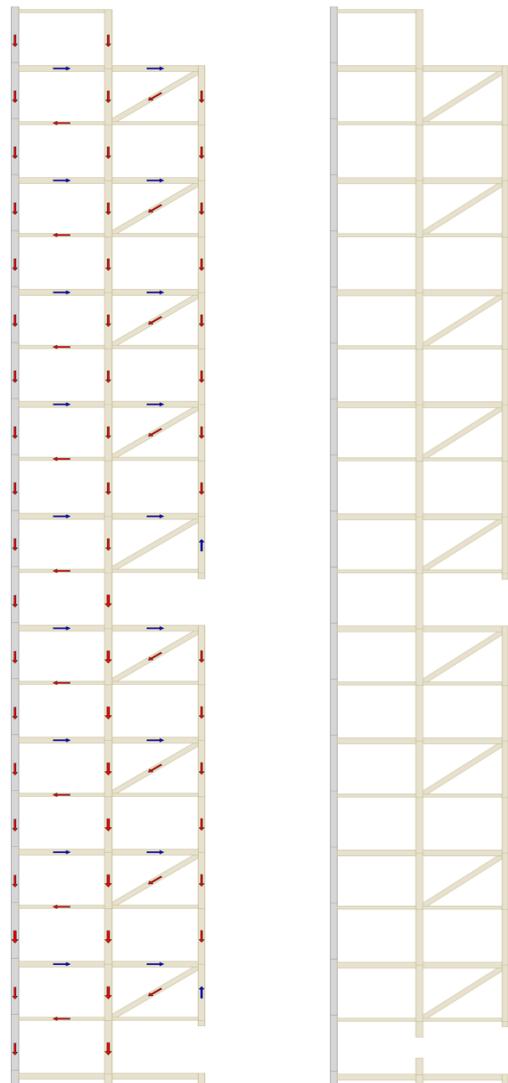


Abbildung 13: Kraftverteilung des Jenga-Hochhauses (links); Kraftverteilung bei Stützenversagen (rechts) [11]

In der besonderen Situation, in der sich zwei Einschnitte in aufeinanderfolgenden Etagen befinden, hat das gewählte Konzept für die Eckstützen noch Schwächen. Ein Lösungsansatz hierfür ist, diese Stützen als sog. «Schlüsselemente» auszubilden. Um die Robustheit auf der Materialebene zu erreichen, ist die Ausbildung von Verbundstützen eine Möglichkeit. Die Idee ist, eine Stahlstütze zu verwenden, die in einen Holzquerschnitt eingebettet ist. Beide Materialien wirken im Verbund für den Gebrauchsstand und für den Robustheitslastfall mit Stützenausfall muss jeder Einzelquerschnitt bzw. Material in der Lage sein, die Tragsicherheit sicherzustellen. Zusätzlich muss die Verbindung der Stützen zwischen den einzelnen Stockwerken überdimensioniert sein.

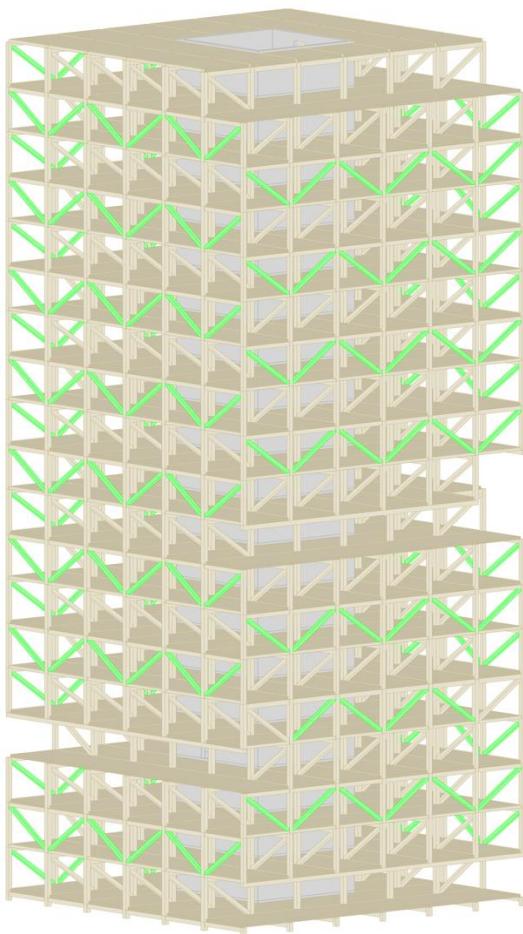


Abbildung 14: Jenga-Hochhausstruktur [11]

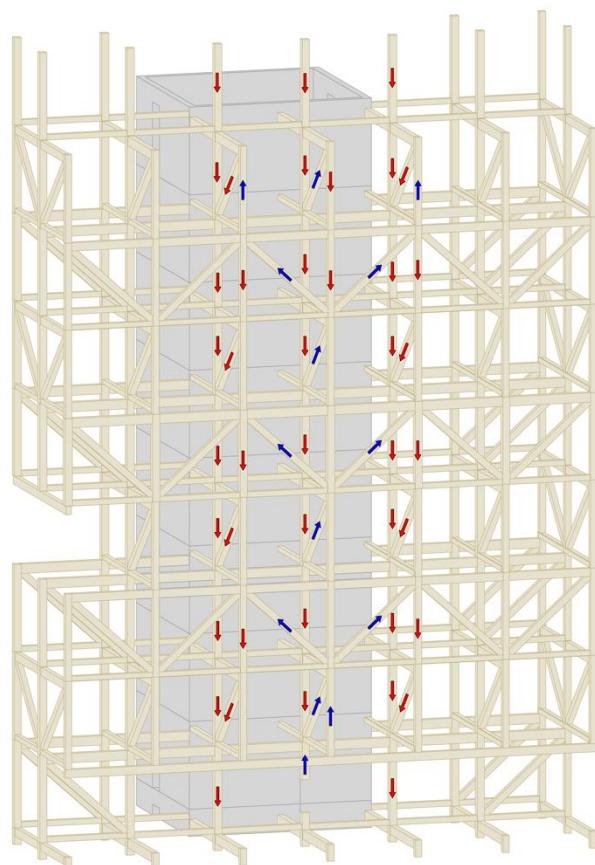


Abbildung 15: Kraftverteilung des Jenga-Hochhauses bei Stützenausfall [11]

## 4. Bauphysikalisch robust

Aus bauphysikalischer und baukonstruktiver Sicht hat eine robuste Konstruktion ein gutes Austrocknungsvermögen, ist wärmebrückenfrei und sollte generell wenig fehleranfällig sein. Dies sind im Holzbau konsequent diffusionsoffene Aufbauten, die eine Austrocknung in der Regel nach aussen, aber auch ein gewisses Austrocknungsvermögen nach innen sicherstellen. Aufbauten mit umlaufend aussenliegender Wärmedämmung gemäss Abbildung 16 gelten als robust und wenig fehleranfällig.

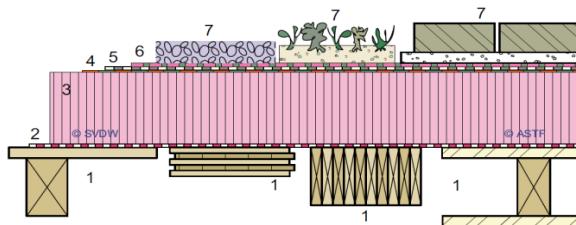


Abbildung 16: Nicht durchlüftete Konstruktion - Wärmedämmung auf der Tragkonstruktion [12]

Sowohl im Flachdach wie auch in den Bauteilen gegen Erdreich ist der konstruktive Wand-, Decken- und Dachaufbau nicht «warmseitig der Konstruktion (z.B. nach SIA 271:2007 [13])» angeordnet. Dies gilt insbesondere für Flachdächer, die auch heute noch meist wenig robust konstruiert werden und daher überdurchschnittlich häufig an Schäden an Gebäuden beteiligt sind. Diesbezüglich ist von Aufbauten wie in Abbildung 17 abzuraten. Deutlich robuster wird selbst dieser Aufbau mit der heute üblichen zusätzlichen Überdämmung durch eine «Aufdachdämmung» an der Kaltseite. Diese kann auch nachträglich als sog. Umkehrdach nachgerüstet werden.

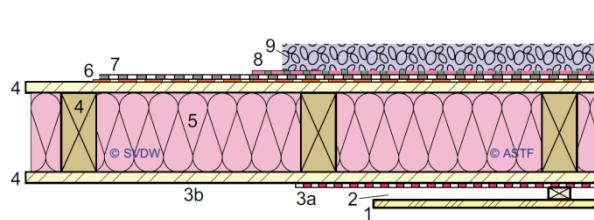


Abbildung 17: Nicht durchlüftete Konstruktion – Tragkonstruktion in der Wärmedämmebene [12]

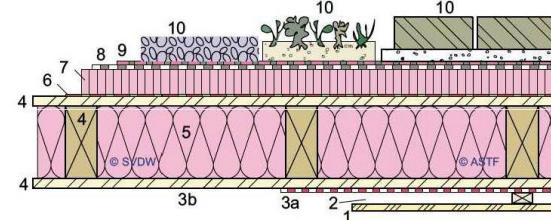


Abbildung 17a: Nicht durchlüftete Konstruktion mit Zusatzdämmsschicht an der Kaltseite [12]

Die Robustheit von hinterlüfteten Flachdachaufbauten (Abbildung 18) wird oft überschätzt. Der konstruktive Aufbau kann zwar diffusionsoffen realisiert werden, aber die notwendigen Lüftungsquerschnitte für eine ausreichende Luftwechselrate sind oft zu gering und werden aus formalen (architektonischen) Gründen am Ein- und Auslass an den Dachrändern nicht mit dem nach SIA 271:2007 [13] geforderten 50 % des erforderlichen Lüftungsquerschnitts der Dachfläche eingehalten. Hinzu kommt, dass beim Flachdach ein Luftwechsel nur durch den Staudruck des Windes ausgelöst wird und dadurch erheblich von den Windverhältnissen abhängt.

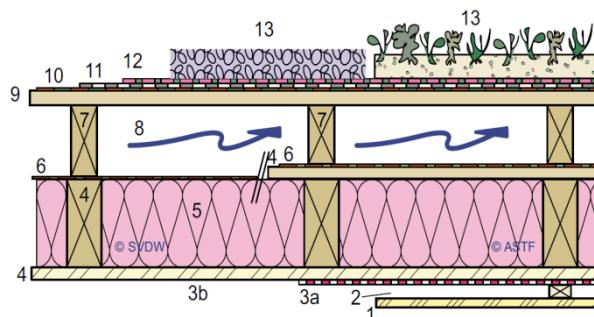


Abbildung 18: Hinterlüfteter Flachdachaufbau [12]

Durch die Verwendung von feuchteadaptiven Dampfbremsen und kapillaraktiven Dämmstoffen werden Baukonstruktionen in der Regel robuster (dauerhafter). Sie sind aber auch kein «Rettungsmittel» für misslungene Baukonstruktionen. Die Verwendbarkeit ist hier in der Regel durch instationäre Berechnungen des Feuchtetransports und des Austrocknungsvermögens abzusichern.

Unkontrollierbare Hohl- bzw. Zwischenräume, Durchdringungen der Luftpelletigkeitsebenen etc. sind zu vermeiden.

## 5. Werterhalt durch regelmässige Überprüfung

Erfreulicherweise sind sich die meisten Gebäudebesitzer inzwischen wieder ihrer Verantwortung hinsichtlich des notwendigen Unterhalts und der Wartung ihrer Gebäude bewusst. Sie wissen, dass rechtzeitig erkannte Mängel mit einem vergleichsweise geringen Kostenaufwand wieder Instand gesetzt werden können. Dies senkt neben der bereits erwähnten robusten Bauweise die Unterhaltskosten von Gebäuden erheblich.

Die SIA 269:2011 [14] unterscheidet bei bestehenden Gebäuden in Betriebliche Erhaltungsmassnahmen (u.a. Überwachung, Monitoring) und Überprüfung des Tragwerkes (Zustandserfassung).

### 5.1. Überwachung

Die Überwachung umfasst die Besichtigung des Bauwerks auf offensichtliche Mängel oder Schädigungen und deren Dokumentation. Am Tragwerk, das heißt an allen tragenden Bauteilen wie Stützen, Wänden, Decken, Deckenträgern sowie Dachbindern, sind dies vor allem Verformungen, Schiefstellungen, Risse, Durchfeuchtungen, Ausblühungen und Korrosion [14]. Eine solche Überprüfung sollte mindestens alle 12 Monate durch den Eigentümer / Hauswart erfolgen.

## 5.2. Überprüfung

Die Überprüfung des Tragwerkes erfolgt stufenweise mit zunehmender Vertiefung. Eine generelle Überprüfung erstreckt sich auf das gesamte Tragwerk und sollte in einem 2-5-jährigen Rhythmus durchgeführt werden. Sollte es hierbei zu Auffälligkeiten kommen, ist eine detaillierte Überprüfung durchzuführen. Diese Überprüfungen sollten durch eine fachkundige Person durchgeführt werden.

## 5.3. Monitoringsysteme

Fest installierte Monitoringsysteme mit und ohne permanente Daten-Fernübertragung haben sich für eine rechtzeitige Schadensfrüherkennung sehr bewährt. Abbildung 19 zeigt einen Auszug eines Klima- und Holzfeuchtemonitorings. So können durch rechtzeitige Vorwarnung die notwendigen Massnahmen meist noch sehr kostengünstig durchgeführt werden.

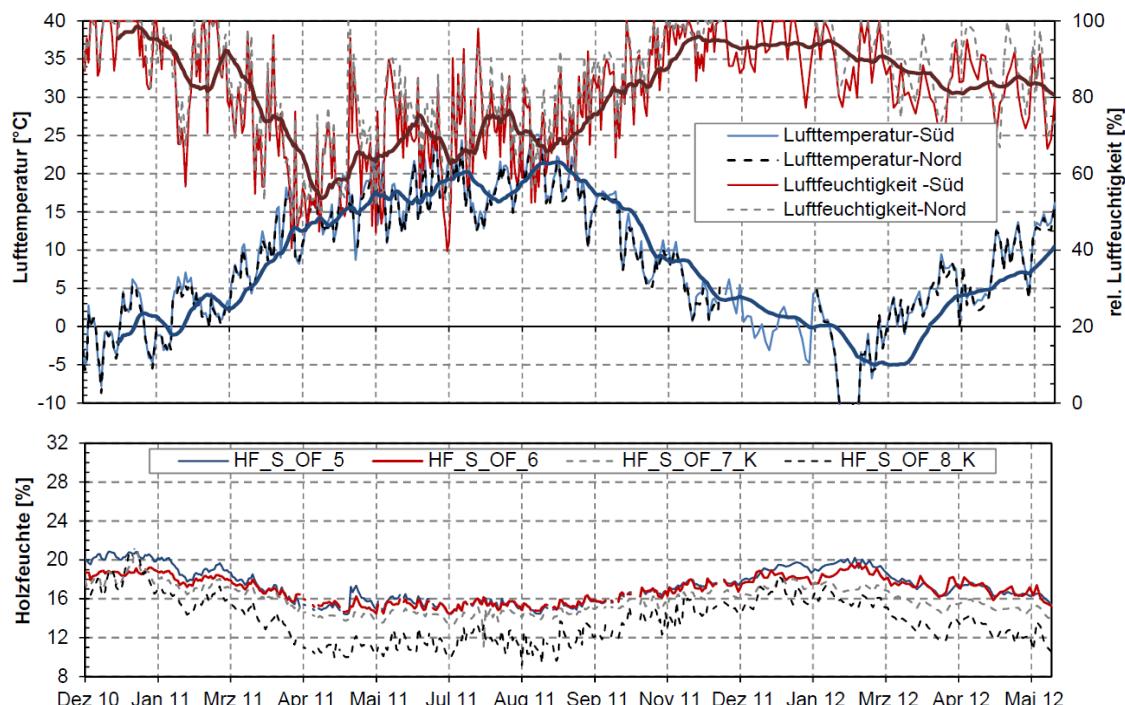


Abbildung 2: Auswertung einer Klima- und Holzfeuchtemessung eines Monitoringsystems

Da die Holzfeuchte einen wesentlichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und die Dauerhaftigkeit von Holzbauten hat, ist der Einbau von Feuchteüberwachungssystemen bei mehrgeschossigen Gebäuden heute Standard.

In verschiedenen Projekten der BFH konnte aufgezeigt werden, dass die Funktionstüchtigkeit der Abdichtung z.B. in Nasszellen heute zuverlässig mit leitfähigen Glasvliesen oder mit Bandsensoren überwacht werden kann.

In mehrgeschossigen Holzbauten können Monitoringsysteme zusätzlich dazu genutzt werden, nähere Informationen über das hygrokopische Verhalten in der Nutzung zu erhalten. Gerade die Unterschiede zwischen Bauphase und Nutzung können weitere Informationen hierzu generieren. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Berner Fachhochschule wurde die Holzfeuchte eines neuen Hohlkastenwandelements an einem Mustergebäude aufgezeichnet und ausgewertet. Hierzu wurde die dementsprechende Messtechnik bereits in Rahmen der Vorfertigung eingebaut (Abbildung 19 und Abbildung 20). Am Feuchteverlauf lassen sich die Auswirkungen der jeweiligen Nutzungsphase auf die Holzfeuchte gut erklären (Abbildung 21).

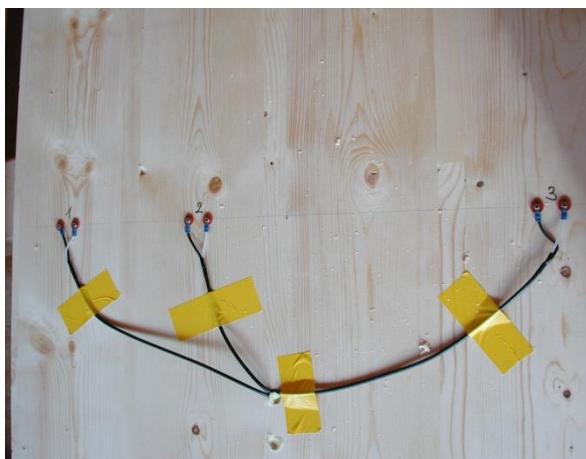


Abbildung 20: Eingegebene Messsonden an einem Hohlkastenelement

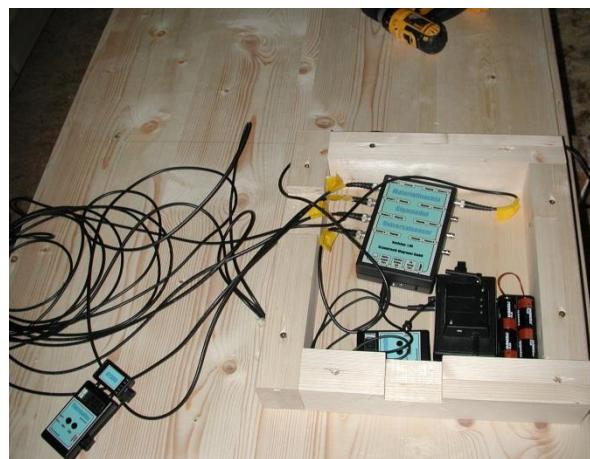


Abbildung 21: Messtechnik für Holzfeuchte- und Klimamessung inkl. Fernübertragung

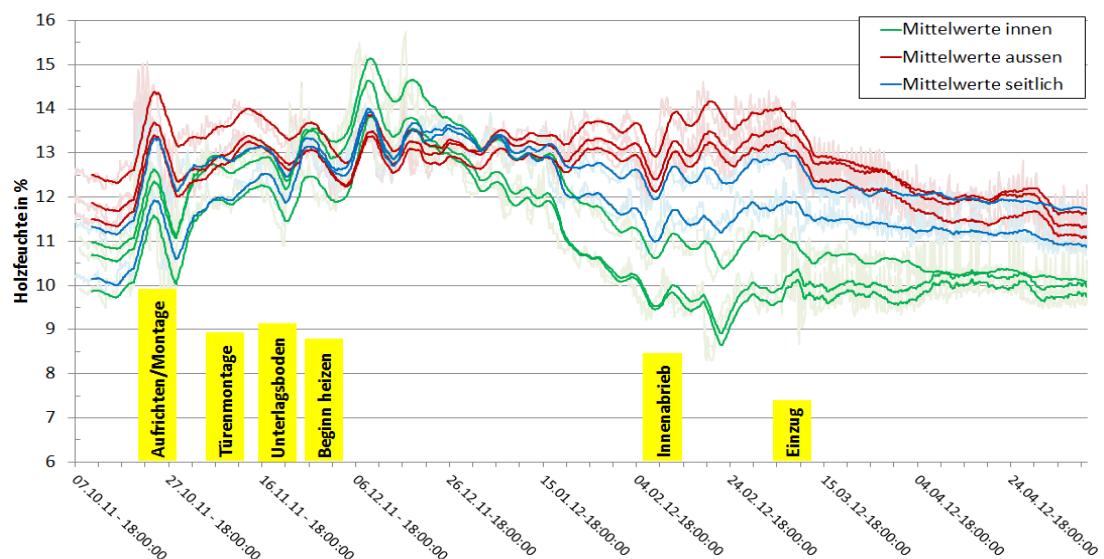


Abbildung 22: Auswertung eines Holzfeuchtemonitorings eines Wandelements

## 6. Zusammenfassung

Die in Holz gebauten Gebäude erfüllen bereits heute die Anforderungen der Zukunft. Die hohe (Wohn-) Qualität aber auch die bereits heute umgesetzten hohen Standards bezüglich der Nachhaltigkeit werden zu einer anhaltenden hohen Nachfrage führen. Die stetige Weiterentwicklung der Planungs- und Fertigungsprozesse führen neben einer erhöhten Wirtschaftlichkeit auch zu einem überdurchschnittlichen (hohen) Massstab in der Qualitätssicherung der Gebäude über den gesamten Lebenszyklus.

Die Ansprüche an den Tragwerksentwurf und die statische Nachweisführung der Bauteile steigen. Neben der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit müssen für die Holz-Hochhäuser Nachweise zur Robustheit und Dauerhaftigkeit erbracht werden. Die beim Projekt Jenga aufgezeigten Methoden zeigen anschaulich anwendungsorientierte Lösungsansätze auf. Gleichwohl erfordert ein HolzHochHaus immer eine gute interdisziplinäre Zusammenarbeit bereits im Entwurf und auch später bei der Umsetzung.

Robuste Bau- und Tragkonstruktionen führen in der Regel zu geringeren Unterhaltskosten. Dies setzt jedoch eine regelmäßige Überwachung, Überprüfung und Instandhaltung voraus. Fest installierte Monitoringsysteme sind effizient und haben sich als Frühwarnsystem zum Erkennen von eingetretener Veränderung sehr bewährt. Idealerweise werden diese bereits in der Planungsphase vorgesehen.

## 7. Literatur

- [1] EN 1991-1-7:2006, Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen – Aussergewöhnliche Einwirkungen, CEN Europäisches Komitee für Normung, Brüssel
- [2] Jurybericht «HolzHochHaus» FS 21 Atelier Architektur & Holz, Master Architektur und Master Wood Technology, Berner Fachhochschule in Kooperation mit Branchenverband Holzbau Schweiz
- [3] Starossek,U., Progressive collapse of structures: Nomenclature and procedures, Structural Engineering International 16 (2006) Nr. 2, 113-117
- [4] <http://www.duden.de/node/684018/revisions/1165320/view>
- [5] Pötzl. M., Robuste Tragwerke – Vorschläge zu Entwurf und Konstruktion, Bauingenieur 71 (1996) 481-488, Springer-Verlag 1996
- [6] VDI 6200, Standsicherheit von Bauwerken – Regelmässige Überprüfung, Verein Deutscher Ingenieure, 2010
- [7] Johannes A. J. Huber, Mats Ekevad, Ulf Arne Girhammar & Sven Berg (2019) Structural robustness and timber buildings – a review, Wood Material Science & Engineering, 14:2,107-128, DOI: 10.1080/17480272.2018.1446052
- [8] Huber, J., Ekevad, Girhammer, Berg (2018): «Structural Robustness of Timber Buildings», WCTE 2018, Seoul, South Korea
- [9] Wenk, T., Erdbeben – auch eine Gefahr in der Schweiz?, Holzbautag Biel 2013
- [10] Lignatec 23/2008, Erdbebengerechtes Entwerfen und Konstruieren von mehrgeschossigen Holzbauten, Zürich, 2008
- [11] Räber. V., Wacker. J., Furrer. L. (2021): «Assignment Report MBW 3044 Jenga-Weg nach Basel», Master of Science in Wood Technology (MWT), Specialization Complex Timber Structures, Bern University of Applied Sciences
- [12] Schnyder, H., Sahli, H., Merkblatt Feuchteschutz bei Flachdächern in Holzbauweise, Gebäudehülle Schweiz, 2007
- [13] SIA 271:2007: Abdichtungen im Hochbau
- [14] SIA 269:2011: Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
- [15] Starossek U., Haberland M.: Disproportionate Collapse: Terminology and Procedures. Journal of Performance of Constructed Facilities, 24(6):519-528, 2010.

# Die Architektur – holzbaugerechte Planungsprozesse

Sebastian Rapposch  
Kaden+  
Berlin / Deutschland



# Die Architektur – holzbaugerechte Planungsprozesse

## 1. Holzbaugerechte Planungsprozesse

Architektur und Baubranche stehen in der längst überfälligen Pflicht, endlich entschlossen auf den dramatischen klimatischen Imperativ zu reagieren. Es steht außer Frage, dass der konsequente Einsatz des Werkstoffes Holz einen wesentlichen Beitrag zum ressourcenschonenden Bauen und der Reduktion der grauen Energie im Baugewerbe liefern kann und der moderne Holzbau, ingenieur- und fertigungstechnisch allen anstehenden Bauaufgaben gewachsen ist. Um das konstruktive, architektonische, ökologische wie auch ökonomische Potential des Baustoffes Holz optimale auszuschöpfen, sind im Planungsprozess im Holzbau jedoch einige Aspekte besonders zu beachten.

An erster Stelle darf nicht vergessen werden, dass viele Planer:innen und Fachplaner:innen noch keine Erfahrung im mehrgeschossigen Holzbau haben. Diese müssen buchstäblich abgeholt werden, insbesondere konstruktive wie auch brandschutztechnische Grundlagen müssen vermittelt werden, bevor die Projektarbeit starten kann.

Grundlegend basiert der mehrgeschossige Holzbau aus unserer Sicht auf systemisch-interdisziplinären Lösungen. Systemische Lösungen bringen in Ihrer Entwicklung zwar einen höheren Aufwand mit sich, der sich aber in späteren Phasen (Ausführungsplanung, Bauausführung) durch geringeren Aufwand wieder ausgleicht. Nicht zuletzt führen systemische Lösung auch zu einer deutlich höheren Qualität in der Ausführung, unter anderem durch Vermeidung von «Baustellenlösungen» und Präzision in der Vorfertigung.

Konkret bedeutet dies, dass im Holzbau im Vergleich mit konventionellen Bauweisen ein höherer Planungsaufwand in den frühen Leistungsphasen (LP1-4) zu erbringen ist. Neben der Ausarbeitung statischer, brandschutztechnischer, TGA- sowie sonstiger projektspezifischer Konzepte (zB. Raumakustik), sollten in der LP3 auf jeden Fall die Leitungsführung inklusive Vordimensionierung der benötigten Durchbruchsquerschnitte, der Aufbautenkatalog sowie konstruktive und brandschutztechnische Leit- und Anschlussdetails geplant und zusammen mit allen Fachplaner:innen abgestimmt werden. Speziell letzterer Punkt der Leitdetailplanung ist besonders wichtig, da er aus Zeitgründen gerne nur «stiefmütterlich» behandelt oder gleich vollkommen in die LP5 verschoben wird. Aber gerade hier ergeben sich speziell in Bezug auf brandschutztechnische Anforderungen oftmals weitreichende Auswirkungen und Abhängigkeiten gegenüber den gewählten Aufbauten oder der gesamten Planung.

Aufgrund der höheren Abhängigkeiten ist der Planungsprozess im Holzbau im Vergleich mit konventionellen Bauweisen zu einem noch größerem Anteil vom Abstimmungsprozess und der interdisziplinären Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachplaner:innen geprägt. Kommunikation, das miteinander Reden, und speziell die direkte Zusammenarbeit in Workshopsituationen sind aus unserer Sicht integrale Bestandteile der holzbaugerechten Planung.

Einzelne Planungsschritte oder Themenfelder sollten im besten Fall in Konzept- und Erstellungsphase gegliedert werden. Oftmals bedenken speziell Fachplaner:innen ohne Holzbauerfahrungen wichtige Aspekte nicht. (zum Beispiel in der Leitungsführungsplanung statische Grundsätze im Holzbau) Am Konzept hingegen können diese Anforderungen mit allen Fachplaner:innen besprochen und bewertet werden, etwaige Änderungen sind leichter integrierbar, ohne das Arbeit «umsonst» gemacht wird. Aufbauend auf das abgestimmte Konzept kann dann die weitere Planung erstellt werden.

Ein positiver Effekt der Pandemie in diesem Zusammenhang ist vielleicht, dass die allgemeine Scheu vor öfter stattfindenden Besprechungs- und Workshopterminen gesunken ist. Videokonferenzen können kurzfristig gestartet werden, zusätzlicher Zeitaufwand durch die Anfahrt entfällt, und mit Screen Sharing können Lösungen in Workshopatmosphäre konzentriert gemeinsam entwickelt werden.

## **2. Projekt Globe Planungsprozess mit Herausforderungen**

Das Projekt Globe – Neubau einer Kulturstätte in Holzbauweise befindet sich am ehemaligen Güterbahnhofareal in Coburg und setzt sich aus einem Ensemble des Theaters im viergeschossigen Rundbau sowie den angeschlossenen drei zweigeschossigen Nebengebäuden zusammen. Insgesamt verfügt das Projekt über eine BGF von 7.970m<sup>2</sup>

Seinen Ursprung hat das Projekt als Interimsspielstätte für das Landestheater Coburg während dessen Generalsanierung. In weiterer Folge gab es einen Studierendenwettbewerb, aus dem der aktuelle Entwurf als Sieger hervorging. Die Leistungsphasen 1-4 hat das Coburger Architekturbüro Glodschei erbracht, für die Leistungsphasen 5-8 wurde das Architekturbüro Eichhorn beauftragt, das in den früheren Leistungsphasen die Projektsteuerung innehatte. Die besondere Herausforderung bei diesem Projekt bestand nun darin, dass wir, das Architekturbüro Kaden+, erst mit Start der Leistungsphase 5, aufgrund unserer Kompetenzen im Bereich des mehrgeschossigen Holzbau, vom Architekturbüro Eichhorn als Partner hinzugezogen wurden.

Diese etwas differenzierte Situation, dass hier nicht unser für den Holzbau optimierte Planungsprozess, der auf einer hohen Abstimmungs- und Planungsdichte in den frühen Leistungsphasen basiert, umgesetzt werden konnte, stellte zum einen natürlich eine große Herausforderung dar. Zum anderen brachte diese Konstellation in Reflexion aber auch die Chance mit sich, mit Aspekten des Planungsprozesses zu einem anderen Zeitpunkt (unter größerem Zeitdruck) konfrontiert zu werden und speziell deren Zusammenhänge damit noch besser im Best-Practice Planungsprozess integrieren zu können.

Aufgrund verschiedener projektspezifischer Umstände waren in der übernommenen LP3/4 des Projektes einige der eingangs erwähnten wichtigen Planungspunkte nicht final ausgearbeitet. Hinzu kommen spezielle nutzungsspezifische Anforderung aus dem Theaterbetrieb (Bühnentechnik, Lüftung, Akustik), ein komplexes statisches Konzept um die mutigen Ideen des Studierendenentwurfes realisieren zu können sowie hohe brandschutztechnischen Anforderungen aufgrund der Gebäudeklasse 5 / Sonderbau Versammlungsstätte in Verbindung mit den auf Abbrand bemessenen Bauteilen in Sichtholz.

Funktional beherbergt der viergeschossige Rundbau in seiner Mitte den dreigeschossigen Theatersaal, der von den Foyers sowie im 2. Obergeschoss Nebenräumen umgeben wird. Im 3. Obergeschoss befindet sich über dem Saal die innenliegende Dachterrasse sowie im äußeren Ring Nebenräume. Der Eingangsbereich öffnet sich nach oben hin über alle Geschosse und wird von den zwei repräsentativen offenen Holztreppenhäusern flankiert. Über das Kulissenlager, aus Brandschutzgründen in Stahlbeton, wird das Hauptgebäude mit den Nebengebäuden verbunden. Diese beherbergen Theaternebenräume sowie eine externe Büro-/Co-Workingnutzung. Der Theaterrundbau sowie im Speziellen die Nebengebäude besitzen ein hohes Maß an Flexibilität um nach der Interimsnutzung als Theater eine Vielzahl andere Nutzungsszenarien zu ermöglichen.

Das konstruktive Konzept des polygonalen Holzbau des Hauptgebäudes basiert auf Brettsperrholzwänden in Verbindung mit Holz-Beton-Verbunddecken, im Bereich der Galerien des Theatersaals mit Kragarm. Der Schnür- und Rollenboden über der Hinterbühne wird von drei ein- bis zweigeschossige Stahlfachwerkträgern getragen. Zusätzliche radiale Schottwände in Brettsperrholz gewährleisten in Verbindung mit den Stahlbeton-Fluchttreppenhauskernen die horizontale Aussteifung. Ebenfalls in Stahlbeton ist das Untergeschoss ausgeführt.

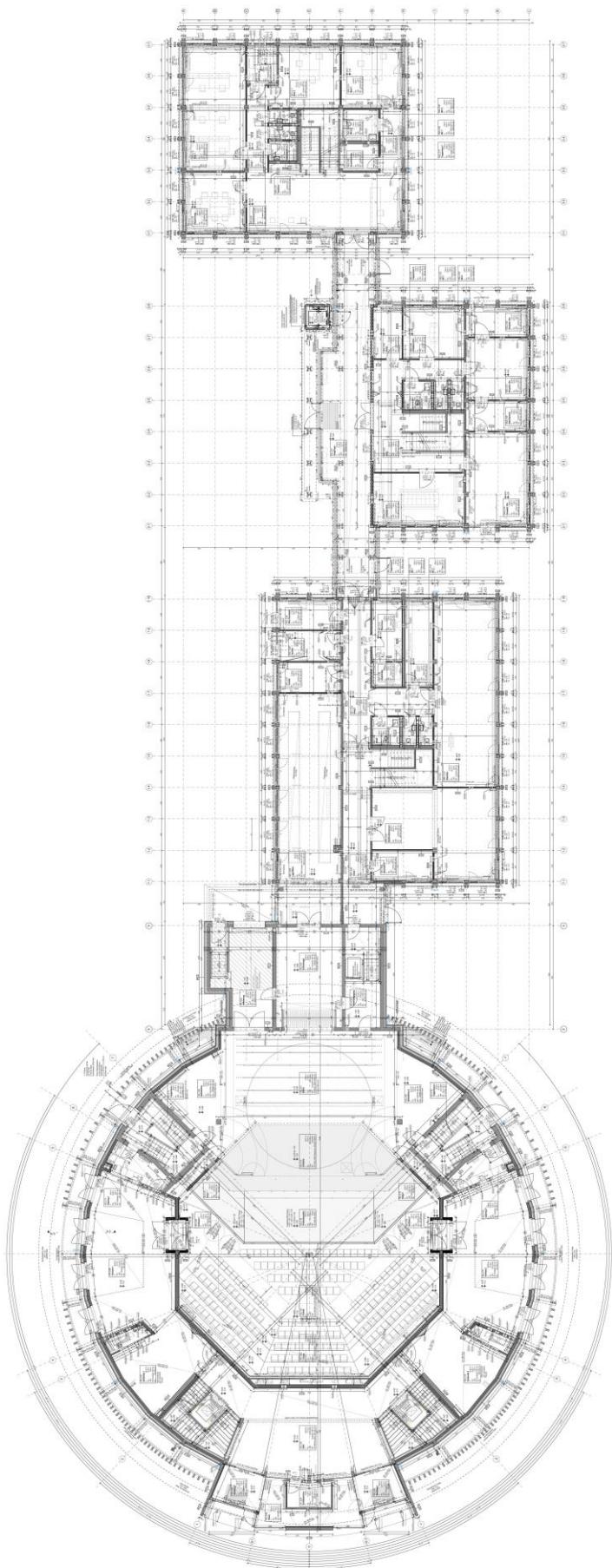


Abbildung 1: Grundriss Erdgeschoss

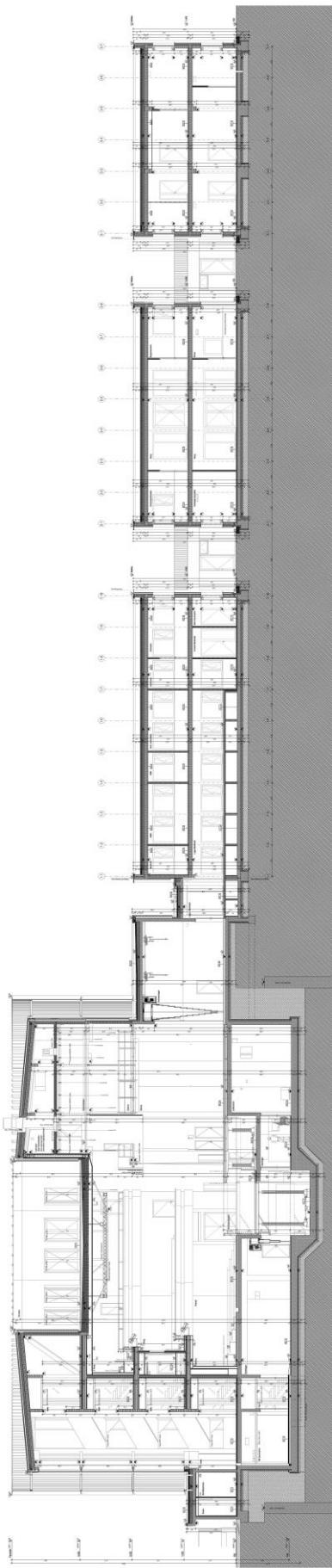


Abbildung 2: Längsschnitt

Eine spezielle Herausforderung stellte die über dem Saal liegende innenliegende Dachterrasse dar. Diese wird von einem zweigeschossigen System aus Zug- und Druckring in Stahl sowie BSH-Druckhölzern mit Stahlbändern abgehängt. Die eigentliche Terrasse besteht aus sternförmig angeordneten Stahlträgern, in die BSP-Deckenelemente eingelegt sind und die mit einem unterspannten System unterstützt werden. Die Nebengebäude basieren auf einem streng gerasterten Skelettbau aus BSH-Stützen und Unterzügen in Verbindung mit Brettsperrholzdecken, der ein Höchstmaß an Flexibilität erlaubt.

Das Hauptgebäude wird von einer vorgestellten Fassade aus massiven BSH-Lamellen mit dynamisch variierenden Abständen umgeben, die innere Fassade ist als geschlossene vertikale Schalung ausgeführt. Die vorgestellte Lamellenfassade des Hauptgebäudes setzt sich bei den Nebengebäuden über massive BSH-Lisenen fort, die der offenen, feinen Leistenfassade vorgestellte sind und das Konstruktionsraster der Gebäude nach außen sichtbar machen.

Die Einstufung des Hauptgebäudes erfolgt in Gebäudeklasse 5 und Sonderbau (Versammlungsstätte). Die tragenden und sichtbaren BSP-Wände und Decken sind auf Abbrand (ohne brandschutztechnische Bekleidung) R90 bemessen, die Kompensation erfolgt über eine flächendeckende Brandmeldeanlage sowie kurze Rettungswege. Spezielle brandschutztechnische Lösungen mussten beispielsweise für Anschlussdetails in Sichtholzqualität (speziell zu Trockenbau), Holz-Brandschutztüren in Sichtholzwänden, sowie die Akustikelemente und Holzbekleidung des Theatersaals entwickelt werden. Der Einsatz einer Sprinkleranlage wurde dezidiert vermieden, da anzunehmen war, dass diese gerade im Theaterbetrieb gelegentlich fehl ausgelöst werden würde und Bauschäden bei deren Einsatz nicht auszuschließen wären.

Reflektierend betrachtet, hat die spezielle Konstellation in diesem Projekt unsere Sichtweise verstärkt, dass es gerade im Holzbau auf koordinierender Seite der Architektur wichtig ist, auch zu einem späten Zeitpunkt wie während der Leistungsphase 5, noch den Mut zu haben, Konzepte ganzheitlich in Frage zu stellen und gegebenenfalls grundlegend neu zu denken. Gerade jetzt im Bauablauf zeigt sich, dass einige dieser vielleicht bei manchen Projektbeteiligten nicht unbedingt beliebten Änderungsaufforderungen in Richtung systemischer Lösungen für den Projektverlauf wichtig waren, und andernfalls weitreichende Probleme mit sich gezogen hätten.

Als Architekt:innen im Holzbau sollten wir dementsprechend gegenüber leicht gesagten Aussagen wie «die Kleinigkeit lösen wir später / auf der Baustelle» besonders hellhörig sein und kritisch gegenüber stehen bzw. den Mut haben, stattdessen ausgereifte Lösungen früh einzufordern. Denn diese «kleinen» Stellen bringen gerade im Holzbau die Gefahr mit sich, sich auf der Baustelle als doch größere Probleme mit weitreichenderen Folgen zu entpuppen.



Abbildung 3 und 4: Visualisierungen

### 3. Projekt S31 – Best Practice (?)

Die Voraussetzungen beim Projekt S31 – Neubau eines Wohn- und Gemeindehauses waren gänzlich andere. Hier sind wir, das Architekturbüro Kaden<sup>+</sup>, von Leistungsphase 1 angefangen, mit der Objektplanung beauftragt. Hinzu kommt, dass auch auf Fachplaner:innenseite uns bekannte und im Holzbau erfahrene Büros beauftragt wurden. Das Projekt befindet sich aktuell in den letzten Zügen der Leistungsphase 3, wobei die Leistungsphase 4 teilweise vorgezogen wurde, um die Genehmigung vor Ablauf der Bauvoranfrage einreichen zu können.

Das Projekt befindet sich im Berliner Bezirk Friedrichshain, in direkter Nähe zum Ostkreuz. Auftraggeber und Grundstückseigentümer ist die Evangelische Kirchengemeinde Boxhagen-Stralau. Auf dem Baugrundstück befindet sich die Offenbarungskirche, die in den Jahren 1949-1954 nach den Plänen Otto Bartnings als Notkirche erbaut wurde und heute denkmalgeschützt ist. Der Kirchenraum wurde zum überwiegenden Anteil als Holzbau errichtet, die Dächer der Kirche und des an die Kirche angebauten Gemeindehauses sind mit Holzschindeln gedeckt. Städtebaulich befindet sich das Baugrundstück an der Grenze zwischen geschlossener gründerzeitlicher Blockrandbebauung und offener Bauweise.

Der geplante Neubau setzt sich aus zwei sechsgeschossigen Baukörpern zusammen, die über einen eingeschossigen Zwischenbau verbunden sind. Diese Ausformulierung des Neubaus in seine Baukörper stellt den Übergang von geschlossener zur offener Bebauungsstruktur der Nachbargebäude dar. Das Vorderhaus arrondiert zudem die Ecke des bestehenden Blockrandes. Die Baukörper des Neubaus verfügen über eine klare und ruhige Formensprache und stellen in ihren Proportionen und der Maßstäblichkeit ihrer Gliederung Bezüge zu den umgebenden Bestandsbebauungen, insbesondere der denkmalgeschützten Offenbarungskirche her und fügen sich in diese ein. In dieser Hinsicht wurde besonderer Wert auf einen respektvollen Abstand des Neubaus zur Offenbarungskirche gelegt.



Abbildung 5: Isometrie

Das Nutzungskonzept des Projektes setzt sich aus dem öffentlichen Erdgeschoss mit Gemeindesaal und zwei Büroeinheiten in Verbindung mit 17 Wohnungen mit 2 bis 4 Zimmern in den Obergeschossen zusammen. Die Wohnungsgrößen orientieren sich bewusst an den Vorgaben des sozialen Wohnungsbaus, der Bauherr strebt ebenfalls eine Vermietung zu dezidiert sozial verträglichen Preisen an. Insgesamt verfügt das Projekt über eine BGF von 2.832m<sup>2</sup>.

Das konstruktive System des Holzbauwerks setzt sich aus Brettsperrholzdecken in Verbindung mit Brettschichtholzstützen und -unterzügen zusammen. Die Außenwände in den Bereichen zwischen den tragenden Brettsperrholzstützen sind mit nichttragenden Holztafelbau-elementen geplant. Eine besondere Herausforderung stellt das weit spannende Dach des Gemeindesaals im Zwischenbaukörper dar. Da die Gebäudehöhe des Zwischenbaukörpers baurechtlich begrenzt ist, muss die Raumhöhe des Saales über für die Spannweite sehr niedrige Aufbauhöhen gewährleistet und optimiert werden. Die Treppenhauskerne, Brandwände sowie das Untergeschoss werden in Stahlbetonmassivbauweise errichtet.

Der Planungsprozess beim Projekt S31 lag und liegt auf einer betont konzeptionell geprägten Arbeitsweise und einem hohen Maß direkter Kommunikation und interdisziplinärer Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachplaner:innen. Dieser direkte Austausch und das gemeinsame Arbeiten in Workshopsituationen ermöglicht einen produktiven und dynamischen Planungsprozess, der zu sehr positiven Ergebnissen führt.

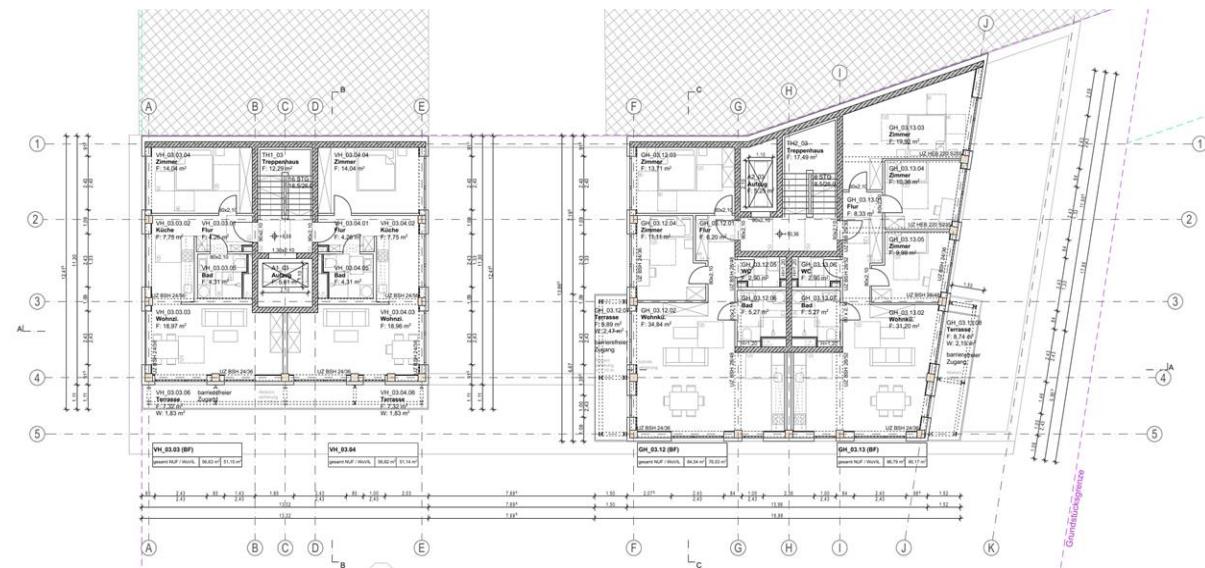


Abbildung 6: Grundriss Regelgeschoss



Abbildung 7: Ansicht Ost

# **Tragwerksplanung im Kontext der beteiligten (Fach-)Planer**

Tobias Götz  
PIRMIN JUNG Deutschland GmbH  
Remagen, Deutschland



# Tragwerksplanung im Kontext der beteiligten (Fach-)Planer

## 1. Einleitung

### 1.1. Herausforderungen

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

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

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

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



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

## 2. Lösungsansätze

### 2.1. Tabellarischer Projektablauf

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

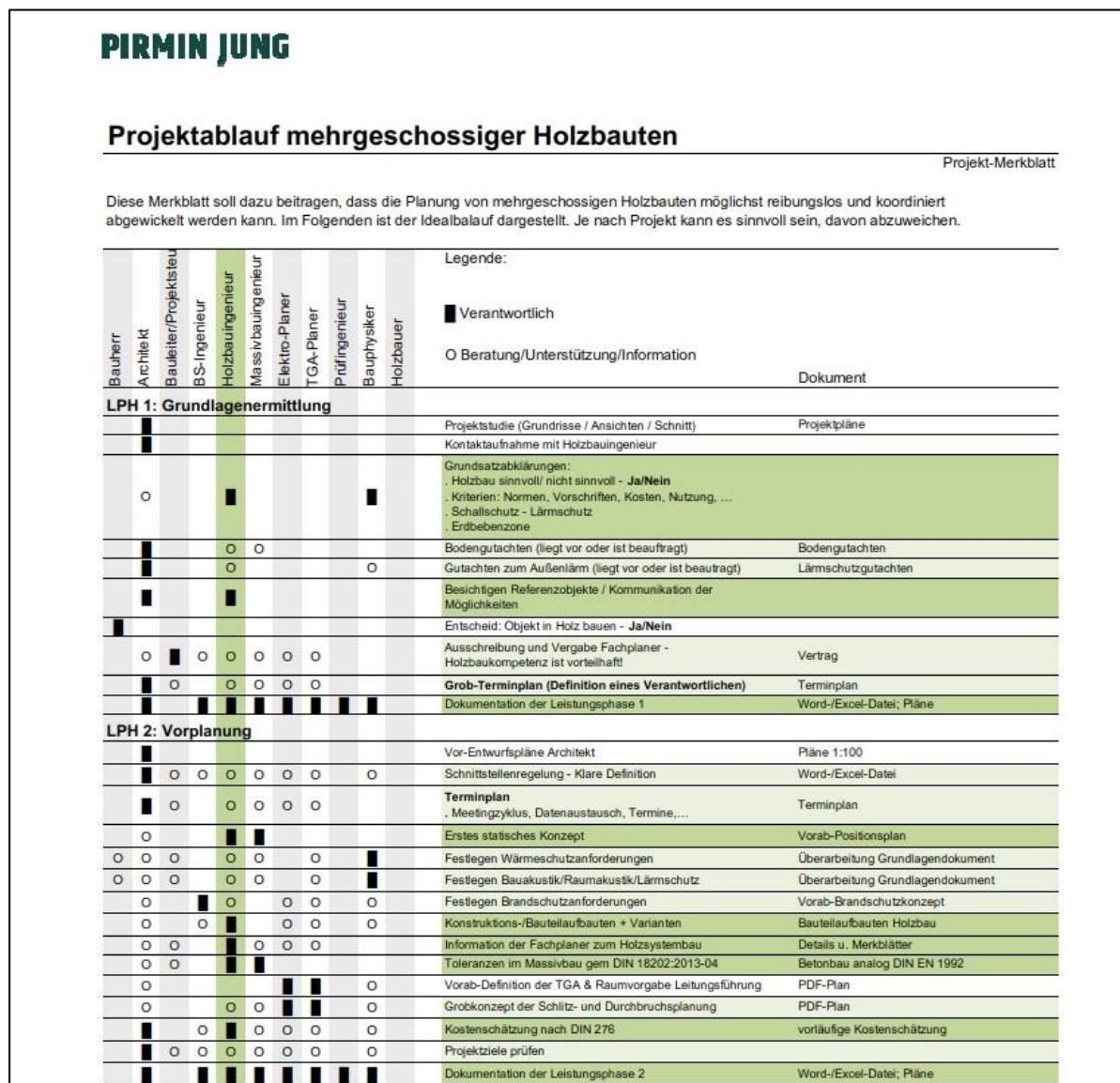


Abbildung 3: Planungsablauf mehrgeschossiger Holzbau

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

## 2.2. Schulung Fachplaner

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

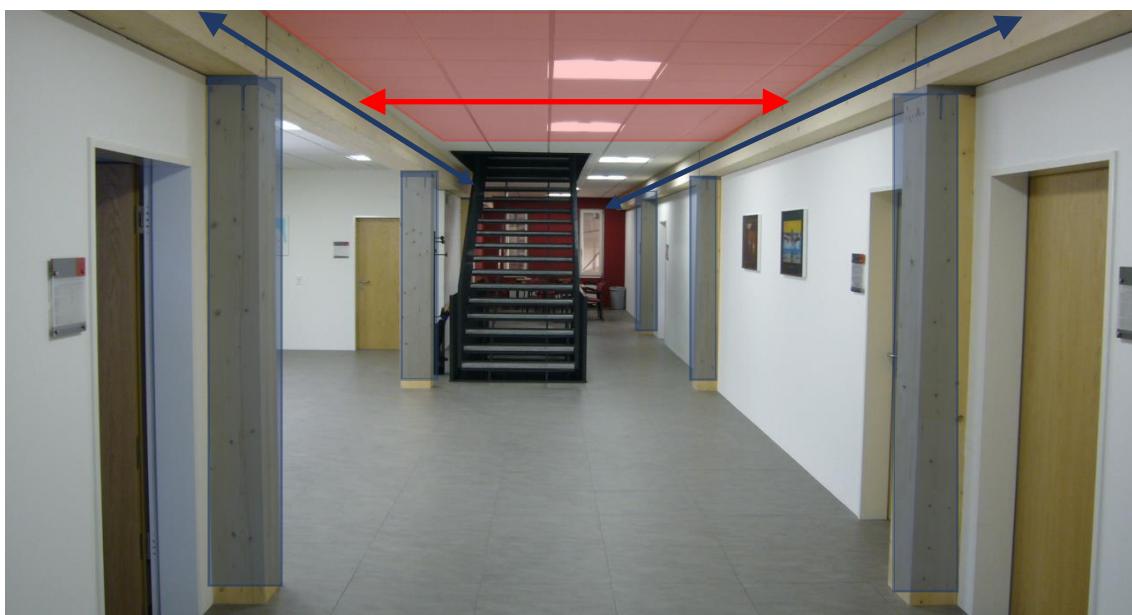


Abbildung 4: Gewerbeschule Paul Müller – Baar/CH; Darstellung des Primärtragwerks (Stützen/Unterzüge) in blauer Farbe, Darstellung des Sekundärtragwerks (Decke) in roter Farbe

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



Abbildung 5: «Leitungsführung» auf Decke



Abbildung 6: Nachträglicher Stützendurchbruch

## 2.3. Kommunikation & Dokumentation der Ergebnisse

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

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

## 2.4. Aufwand Holzbauplanung vs. Massivbauplanung

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

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

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

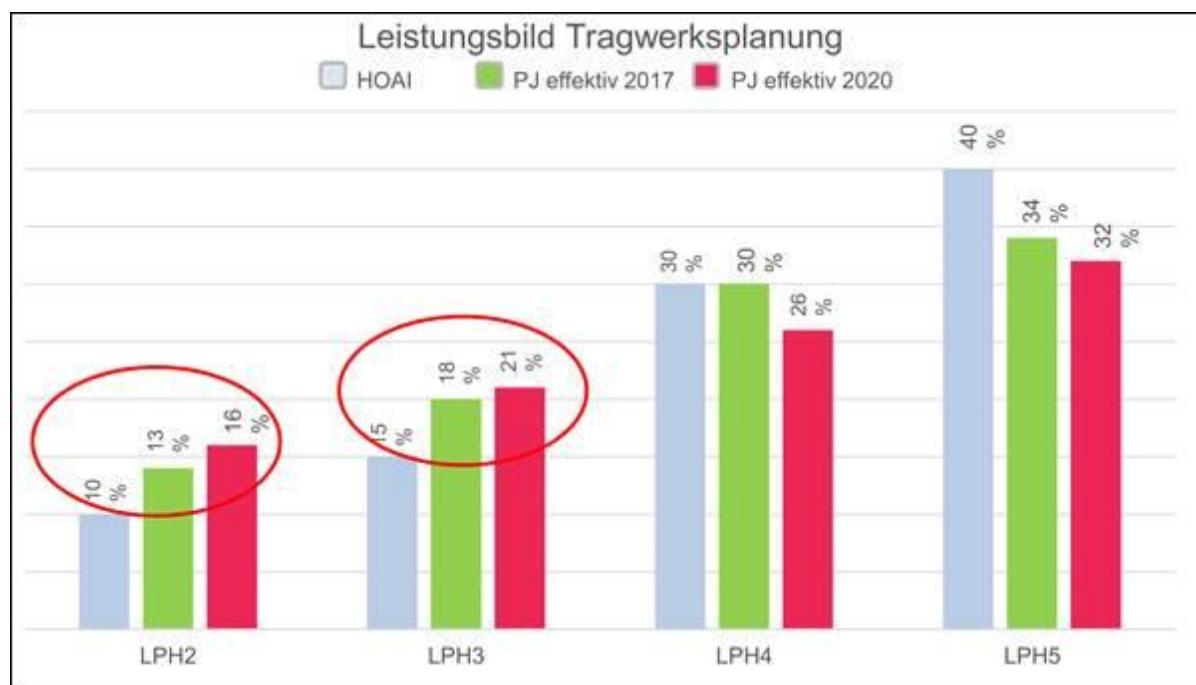


Abbildung 7: Effektive Leistungsaufwände im Vergleich zur HOAI

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

### 3. Zusammenfassung

#### 3.1. Holzbau ist ein Stück Zukunft

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

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

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

## **Block B2**

# **Feuchte- und Wärmeschutz**

# **Feuchteschutz im Holzbau – Auf eine dichte Gebäudehülle kommt es an**

Sylvia Polleres  
Holzforschung Austria  
Wien, Österreich



# Feuchteschutz im Holzbau – Auf eine dichte Gebäudehülle kommt es an

## 1. Allgemeine Anforderungen

Prinzipiell unterscheiden sich die normativen bzw. die allgemeinen Anforderungen hinsichtlich des Feuchte- bzw. Holzschutzes in Deutschland, Österreich oder in der Schweiz nicht wesentlich voneinander. Prinzipiell gilt Holz trocken zu halten. Nimmt man hier als Beispiel die DIN 68800-2 heißt dies, dass eine Holzfeuchte  $u_m$  von 20 % bei verbautem Holz nicht überschritten werden soll. Kurzfristige Feuchteerhöhungen z.B. an Holzfassaden sind unkritisch, solange ein rasches Rücktrocknen möglich ist und keine Feuchtenester entstehen. Niederschläge sind also vom Holz und den Anschlussbereichen durch einen dauerhaft wirksamen Wetterschutz fernzuhalten oder sie sind so schnell abzuleiten, dass keine unzuträgliche Veränderung des Feuchtegehaltes eintritt. Um eben diese dauerhafte Funktionstauglichkeit der Holzbauteile zu gewährleisten, bildet der baulich-konstruktive Holzschutz die wesentliche Grundlage.

In diesem Vortrag wird auf zwei Feuchteschutzbereiche in der Gebäudehülle näher eingegangen. Die Anschlüsse an Wänden in Holzbauweise, sei es der Sockelanschluss zum Gelände hin oder die Anschlüsse zum Fenster oder Fensterbank hin, stellen Ausführende oft vor große Herausforderungen. Die meisten feuchtebedingten Bauschäden werden nach wie vor durch Eindringen von Niederschlagswasser verursacht.

Wie immer fängt es bereits bei der Planung an. Zentrale Fragestellungen beginnend bei der Wahl der Holzbauweise über bauphysikalische Ausführungsvarianten bis hin zu Abdichtungsmaterial und Anschlussmöglichkeiten müssen bedacht werden und in genaue Konstruktions- und Ausführungsdetails münden.

## 2. Sockelausbildung

Im Bereich des Sockelanschlusses entsprechen die normativ geforderten Sockelhöhen – sei es nun in Deutschland oder Österreich - oftmals nicht den Wunschvorstellungen von Architekt:innen oder der Bauherrschaft. Auch barrierefreies Wohnen verlangt eine Niveaugleichheit zwischen innerem Bodenbelag und Terrasse oder äußerem Eingangsbereich. Ebenso stellen Aufstockungen in Holzbauweise auf bestehende Massivgebäude mit umlaufenden Terrassenausführungen eine beliebte Form der Wohnraumschaffung dar. Die normativen Sockelhöhen (Abstände zwischen Unterkante Holz und Oberkante Gelände) werden dabei sehr oft nicht eingehalten.

Die nachweisfreie Höhe von 30 cm darf zwar bei besonderen bautechnischen Vorkehrungen unterschritten werden. Auf jeden Fall muss laut ÖNORM oder auch DIN ein Mindestmaß von 10 cm bzw. 15 cm der Fußschwelle zum Erdreich/Kiesbett und 5 cm zu Wasser führenden Ebenen, wie z.B. abgedichteten Terrassen eingehalten werden.

Generell dürfen also Holzkonstruktionen im Sockelbereich niemals unter Außenniveau eingebaut werden, ausgenommen davon sind Ausführungen, bei denen die Wasser führende Schicht lokal abgesenkt ist und in diesem Bereich jedenfalls die obige Anforderung erfüllt und ein gesicherter Wassertransport auf Dauer sichergestellt ist. Die Holzschwellen/Holzbauteile dürfen auch niemals nachträglich eingeschüttet oder «überbaut» werden.

Bei Aufstockungen, wo selbst die Decken- bzw. Terrassenunterkonstruktion aus z.B. Holzmassivdecken ausgeführt werden, ist jene Anforderung jedoch in dieser Form nicht umsetzbar. Speziell in diesen Fällen kommen neben den Holzschutznormen auch die Abdichtungsnormen, wie z.B. die DIN 18533 oder die ÖNORM B 3692 bzw. ÖNORM B 3691 ins Spiel.

Die Abdichtungsnormen gehen jedoch nicht explizit auf den Holzhausbau ein. Unterschiedliche Interpretationen bei Ausführungen von z.B. Sachverständigen sind die Folge.

Die einfachste und wirkungsvollste Möglichkeit eines dauerhaften Witterungsschutzes stellt die Ausbildung von entsprechenden Dachüberständen bzw. Vordächern dar. Bei richtiger Anordnung wird dadurch ein guter **Witterungsschutz der Fassade** mit samt ihren Anschlüssen erreicht. Der konstruktive/planerische Witterungsschutz mittels Vordaches wird auch z.B. in der ÖNORM B 3691 bei der Angabe der erforderlichen Anschlusshöhe von Abdichtungshochzügen berücksichtigt.

Um die Mindesthöhe des Sockelanschlusses im Bereich von Terrassen- und Eingangstüren in der Regel und insbesondere bei Bauten ohne Vordach einhalten zu können, sind Entwässerungsgräben/Gitterroste (Breite  $\geq 12$  bzw.  $\geq 20$  cm) zu planen und auszuführen. Jedenfalls sind die Regelanschlusshöhen von Abdichtungshochzügen gemäß den nationalen Abdichtungsnormen einzuhalten. Werden keine Entwässerungsgräben/Gitterroste eingesetzt, erhöhen sich die geforderten Anschlusshöhen.

Die ÖNORM B 3692 gibt u. A. vor, dass An- und Abschlüsse an hochgehende Wände und somit auch an Holzwände mindestens 15 cm über das angrenzende fertige Bodenniveau hochzuführen und regensicher, z.B. durch Abdeckleisten oder Fassadenverkleidungen, zu verwahren sind.

Setzt man nun als Außenabdichtung jene normativ geforderten und zulässigen Produkte ein, sind dies in der Regel Produkte mit relativ hohen  $s_d$ -Werten. Daraus ergeben sich je nach Hochzugshöhe dampfdiffusionstechnisch geänderte Voraussetzungen. Wenn nun an der Innenseite eine Dampfbremse mit  $s_d$ -Werten  $\geq 10$  m angebracht ist, kann sich das für den Holzbau negativ auswirken. Bei einem möglichen Feuchteintrag würde dieser in der Konstruktion «gefangen» sein. Ein Austrocknungsprozess würde, wenn überhaupt, nur sehr langsam vor sich gehen.

Wird eine Abdichtung am Sockel bzw. auf dem Wandelement höher als über das fertige Fußbodenniveau (FFOK) im Gebäude geplant/ausgeführt, so sind folgende Punkte aus bauphysikalischer Sicht unbedingt zu berücksichtigen:

Der Dämmwert der Dämmung außerhalb der Abdichtung muss mindestens ein Drittel des Wärmedurchlasswiderstandes  $R$  [ $m^2K/W$ ] der gesamten Wand betragen. Dies trifft in der Regel bei Holzmassivwänden, bei der die Hauptdämmung immer außerhalb der Abdichtung erfolgt, zu. Bei Holzrahmenwänden kann es jedoch schon vorkommen, dass dieser geforderte Dämmwert außerhalb nicht erreicht wird. Ein gesonderter projektbezogener Nachweis mittels hygrothermischer Simulation wäre in diesem Fall jedenfalls zu erbringen.

Seit April 2015 ist die «**Richtlinie Sockelanschluss im Holzhausbau**» in Österreich veröffentlicht. Diese wurde gemeinsam mit Vertretern des Österreichischen Fertighausverbandes, der Bundesinnung Holzbau, der Zuliefererindustrie (WDVS, Abdichtungsbaustoffe usw.) sowie der Sachverständigen für Bauwerksabdichtung mit der Holzforschung Austria erarbeitet. Die darin enthaltenen über 30 Details decken mit ausführlicher Erläuterung alle Bereiche beginnend von der Planung, über die Vorfertigung bis zur Baustelle ab. Sie zeigen nicht nur einfache Regelquerschnitte, sondern auch die Anschlusssituationen bei Terrassen und Fenstertüren. Die Richtlinie befindet sich momentan in Überarbeitung. Mit einer Neuausgabe wird im Herbst 2022 gerechnet.

Die Richtlinie steht unter [www.dataholz.eu](http://www.dataholz.eu) unter dem Themenbereich Anwendungen kostenfrei zur Verfügung.

Ebenfalls kostenfrei sind jene beiden Richtlinien, **Bauwerksabdichtung – Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen Teil 1: Planung und Teil 2: Ausführung**. Der Anschluss von bodentiefen Fenster- und Türelementen an die anschließenden Bauteile ist eine der wichtigsten Schnittstellen der Gebäudehülle. Diese Richtlinien sollen helfen, die Schnittstellen zwischen Fenster- und Türelementen, mit z.B. Bodenschwelle, Bodeneinstands- oder Sohlbankprofil und die Bauwerks-, Dach- oder Terrassenabdichtung aufeinander abzustimmen. Zu finden sind beide Teile unter [www.fenstereinbau.info](http://www.fenstereinbau.info).

### 3. Fenster(bank)anschluss

Häufige Schwachstellen bzw. Mängel in der Gebäudehülle hinsichtlich des Feuchteschutzes betreffen den Fensterbankeinbau. Typische Abweichungen sind mangelhafte Anschlüsse der Außenfensterbänke, mangelhafte Eckausbildungen, ohne Gefälle ausgeführte Fensterbänke und fehlende, beschädigte oder falsch eingebaute Fugendichtbänder.

In erster Linie muss das allgemeine Bewusstsein für diese nicht triviale Bauaufgabe bei allen am Fensterbankeinbau-Beteiligten geschaffen werden und die Ausführenden müssen über all die möglichen Wassereintrittsstellen Kenntnis haben.

Weiters muss die Bereitschaft einer gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit gestärkt werden und die jeweiligen Zuständigkeiten während des Bauablaufs müssen vorab in der Planung definiert werden.

Um den Wassereintritt bei z.B. (Putzabriß)Fugen zu minimieren ist die Verwendung von vorkomprimierten Dichtbändern oder Anputzdichtprofilen in den Anschlussbereichen obligatorisch. Fensterbänke, welche die Bewegungen z.B. mittels Gleitanschlüssen in sich aufnehmen können, sind zu bevorzugen. Fix am Fenster oder an der Wandkonstruktion montierte Endprofile, in welche die Fensterbank zum Bewegungsausgleich mit entsprechenden Randabständen eingelegt wird, stellen eine weitere gute Verbesserungsmöglichkeit dar.

Die Fensterrahmennuten und Vorsatzschalennuten sind an beiden unteren Enden zu schließen (am besten mit dauerelastischem Dichtstoff). Sind diese nicht schon konstruktiv oder vorgefertigt durch den Fensterhersteller geschlossen, liegt diese Maßnahme in der Verantwortung des Fenstereinbauers vor Ort. Ein Abdichten des Gewerkeloches ist ebenfalls erforderlich.

Ausführungen mit Halbschalen (Vorsatzschalen schmäler als der Rahmen), welche nicht eingeputzt werden und somit von der Fassade entkoppelt sind, sind ebenso zu empfehlen, da so etwaige Entwässerungen der Vorsatzschalen neben bzw. hinter die Fensterbank auszuschließen sind.

Ein gesicherter dichter Fensterbankanschluss ist schwierig herzustellen. Da die Wassermengen, welche in die Konstruktion eindringen, nicht unerheblich sein können, ist das Anbringen einer 2. wasserführenden Ebene unter den Fensterbänken im Holzbau, zumindest in Österreich, zwingend erforderlich.

Hilfestellung zu diesem Thema liefert die «**Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden in vorgehängten Fassaden sowie für Innenfensterbänke**», die von der österreichischen Arbeitsgemeinschaft Fensterbank erarbeitet wurde. Die Richtlinie steht ebenfalls unter [www.dataholz.eu](http://www.dataholz.eu) unter dem Themenbereich Anwendungen kostenfrei zur Verfügung.

Die Anschlüsse sind nicht nur aufgrund der teils widersprechenden technisch/optischen Anforderungen, sondern auch aufgrund der Beteiligung mehrerer Gewerke und der oftmals nicht parallel ablaufenden Planungsprozesse immer wieder Thema von Konflikten und Diskussionen bei Bauvorhaben. Letztendlich sind eine unzureichende Planung und Abstimmung der beteiligten Gewerke eine häufige Ursache für Mehrkosten am Bau und oft auch für mangelhafte Ausführungen.

### 4. Wartung

Für eine dauerhafte Funktion aller Anschlüsse ist aber auch eine regelmäßige Reinigung, Pflege und Erhaltung durch den Nutzer:innen bzw. Gebäudeeigentümer:innen erforderlich. In regelmäßigen Abständen sind mindestens Sichtkontrollen durchzuführen. Bei Auffälligkeiten ist ein Fachbetrieb zu kontaktieren.

Es wird in allen angeführten Richtlinien darauf hingewiesen, alle Entwässerungseinrichtungen, wie z.B. Drainagen, Kiesbette, Filtereinrichtungen, Entwässerungsgruben, Gitterroste usw., aber auch Fugenabdichtungen, freiliegende Abdichtungen, Anschlüsse von Fenstern,

Türen und sonstigen Einbauten in der Fassade – also die Außenhülle des Gebäudes – regelmäßig zu kontrollieren und bei Bedarf entsprechend zu reinigen und/oder alle notwendigen Wartungsarbeiten vorzunehmen bzw. vornehmen zu lassen.

Die Wartungsintervalle sind von verschiedenen Faktoren, wie z.B. der Art des Gebäudes, der Lage, der Umgebung, Witterung, außergewöhnlichen Ereignissen, Nutzerverhalten usw. abhängig. Für die Reinigung und Wartung wird ein Mindestintervall von 2 x jährlich bzw. nach außergewöhnlichen Ereignissen wie starken Gewittern, Sturm, Schneefall usw. angegeben.

In Österreich leistet in diesem Bereich auch die ÖNORM B 1300 Hilfestellung. Diese Norm ist für regelmäßige Prüfroutinen im Rahmen von Sichtkontrollen und zerstörungsfreien Prüfungen für bestehende Gesamtanlagen mit Wohngebäuden, in denen sich zumindest eine Wohnung befindet und diese nicht als Dienst-, Natural- oder Werkswohnung überlassen wurde, sowie alle weiteren für die Nutzung vorgesehenen Einrichtungen und Anlagen anzuwenden. Sowohl die im Anhang der Norm angeführten Objektsicherheits-Checklisten als auch die Objektsicherheitsprüfungen sind für Gesamtanlagen und die darauf befindlichen Wohngebäude stets individuell zu erarbeiten und zu aktualisieren. Diese ÖNORM stellt ein technisches Regelwerk und eine praxisorientierte Empfehlung zur ganzheitlichen Betrachtung der Objektsicherheit in Wohngebäuden dar.

## 5. Literatur

- [1] ÖNORM B 1300:2018 Objektsicherheitsprüfungen für Wohngebäude - Regelmäßige Prüfroutinen im Rahmen von Sichtkontrollen und zerstörungsfreien Begutachtungen - Grundlagen und Checklisten
- [2] ÖNORM B 2320:2017 Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen
- [3] ÖNORM B 3691:2019 Planung und Ausführung von Dachabdichtungen
- [4] ÖNORM B 3692:2014 Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen
- [5] ÖNORM B 3802-2:2015 Holzschutz im Bauwesen Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes
- [6] DIN 18195:2017 Abdichtung von Bauwerken – Begriffe
- [7] DIN 18531:2017 Abdichtung von Dächern sowie von Balkonen, Loggien und Laubengängen – Teil 1: Nicht genutzte und genutzte Dächer – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- [8] DIN 18533:2017 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- [9] DIN 68800-2:2022 Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [10] Richtlinie Sockelanschluss im Holzhausbau als Leitfaden für die Planung und Ausführung von Holzhäusern, Österreichische Arbeitsgemeinschaft Sockelanschluss im Holzhausbau (Hrsg.). 1. Ausgabe vom 10.4.2015
- [11] Richtlinie Fensterbank für deren Einbau in WDVS- und Putzfassaden, in vorgehängten Fassaden sowie für Innenfensterbänke, Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank (Hrsg.). 4. Ausgabe vom 01.03.2020
- [12] Richtlinie Bauwerksabdichtung - Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen (Teil 1: Planung, Teil 2: Ausführung), Plattform Fenster Österreich und IFB – Institut für Flachdach und Bauwerksabdichtung (Hrsg.); Ausgabe vom 01.05.2020
- [13] Planungsbroschüre Holzrahmenbauweise im Geschoßbau – Fokus Bauphysik, Holzforschung Austria (Hrsg.). Mai 2014
- [14] Merkblatt An- und Abschlüsse im Flachdach mit Flüssigkunststoff (FLK), Gebäudehülle Schweiz, VerbandSchweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, Technische Kommission Flachdach (Hrsg.). Ausgabe FD 6/12 © Gebäudehülle Schweiz 06.03.18 (gültig laut Homepage bis 31.10.2021)
- [15] Merkblatt Abdichtungsanschlüsse an Tür- und Fensterelemente, Gebäudehülle Schweiz, VerbandSchweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, Technische Kommission Flachdach (Hrsg.). Ausgabe FD 01/17; © Gebäudehülle Schweiz 23.7.18 (gültig laut Homepage bis 31.10.2021)

# **Sommerlicher Wärmeschutz und Holzbau – Vorurteile und Tatsachen**

Jonas Langbehn  
PIRMIN JUNG Deutschland GmbH  
Remagen, Deutschland



# Sommerlicher Wärmeschutz und Holzbau – Vorurteile und Tatsachen

## 1. Einleitung

Es muss davon ausgegangen werden, dass im Laufe der nächsten Jahrzehnte aufgrund der Klimaerwärmung die Außenlufttemperaturen in Europa in den Sommermonaten weiter ansteigen werden. Gemäß den schweizerischen Klimaszenarien CH 2018 des Bundes [1] werden nicht nur die Durchschnittstemperaturen, sondern auch die Höchsttemperaturen in den Sommermonaten weiter ansteigen. Man geht heute in der Schweiz davon aus, dass die heißesten Sommertage im Jahre 2060 in einem durchschnittlichen Sommer bis zu 5.5° Grad Celsius wärmer sein könnten als heute.

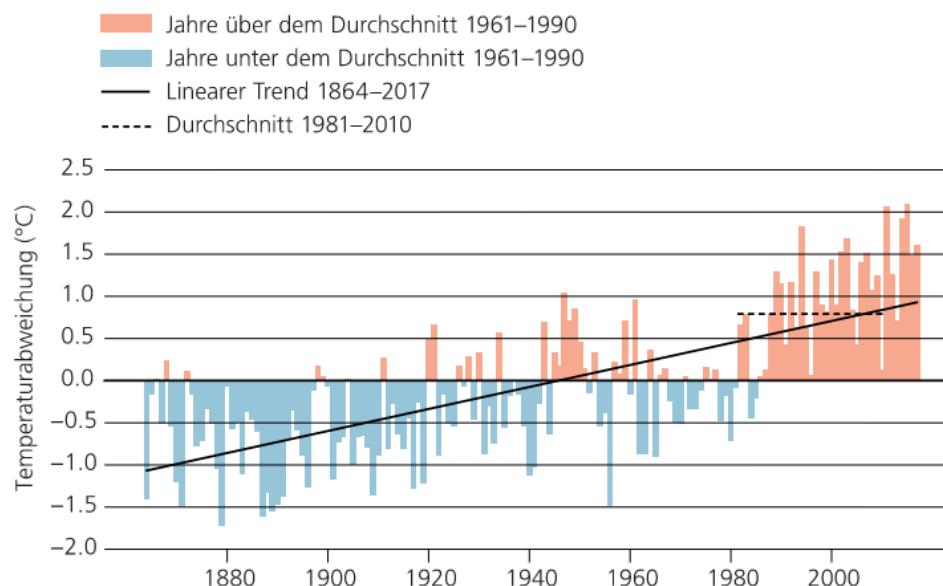


Abbildung 1: Jahresmitteltemperatur 1864–2017 – Abweichung vom Durchschnitt der Jahre 1961–1990 im Schweizer Mittel [1]

Aktuell gehen wir in der Planung davon aus, dass wir Gebäude mit einer Lebensdauer von 50 bis 100 Jahren erstellen. Sprich die Bauten, welche heutzutage erstellt werden, müssen also auch zukünftigen klimatischen Bedingungen gewachsen sein. Bei der Planung muss dementsprechend das Ziel von behaglicher Raumlufttemperaturen im Sommer mit möglichst ohne energieintensive Kühlmaßnahmen über den gesamten Nutzungszyklus verstärkt in den Fokus gerückt werden.

Um gute Lösungen für die thermische Behaglichkeit von Gebäuden in Holz-, wie aber auch in Massivbauweise zu finden, müssen diese gesamtheitlich mit diversen Einflussfaktoren betrachtet werden.

Entgegen der häufigen Meinung, dass hauptsächlich die Wärmespeicherfähigkeit eines Baukörpers das Hauptkriterium für den sommerlichen Wärmeschutz darstellt, sind zwingend weitere Parameter zu berücksichtigen, auf welche im Folgenden eingegangen werden soll.

## 2. Einflussfaktoren sommerlichen Wärmeschutz

### 2.1. Übersicht

Einen großen Einfluss auf die Behaglichkeit im Sommer – und damit verbunden die künftige Nutzbarkeit unserer Gebäude – haben unter anderem die folgenden Parameter:

- Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes und der einzelnen Räume
- Interne Wärmelasten durch Personen oder elektronische Geräte
- Solare Wärmegewinne über Verglasungen und Fenster an Fassade und Dach
- Bewegliche Verschattungssysteme und bauliche Verschattungen
- Lüftung und die Möglichkeit einer ausreichenden Nachtauskühlung
- Gute gedämmte Gebäudehülle
- Konzept Gebäudetechnik
- Verhalten der Gebäudenutzenden

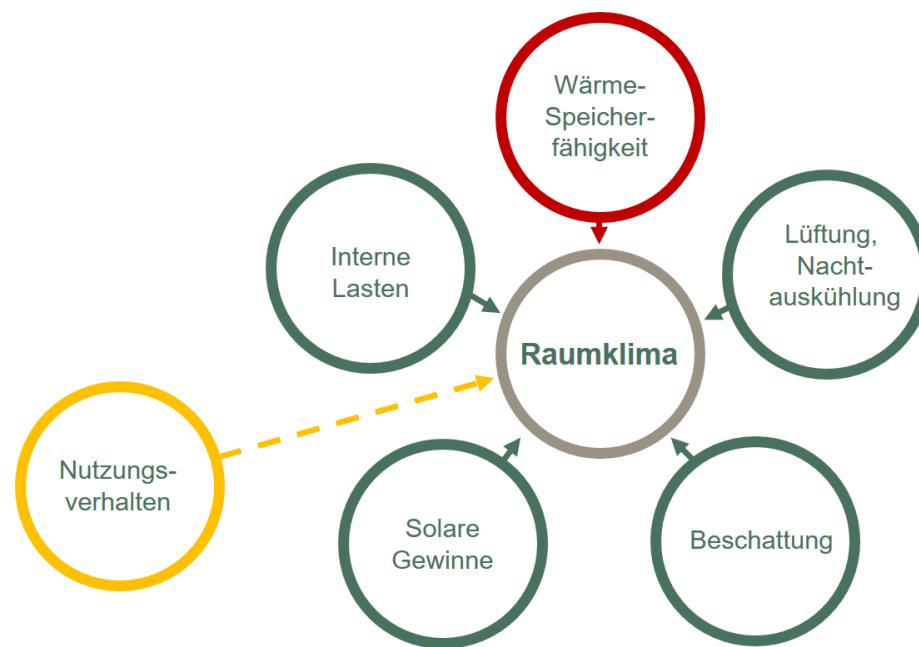


Abbildung 2: Übersicht Einflussfaktoren auf das Raumklima (eigene Darstellung)

### 2.2. Wärmespeicherfähigkeit

Von der Bauart her unterscheidet sich der Holzbau vom Massivbau einzig bei der Wärmespeicherfähigkeit der Bausubstanz, da diese materialabhängig ist.

Was ist denn die Wärmespeicherfähigkeit  $C_R$  überhaupt?

Vereinfacht gesagt ist es die Fähigkeit eines Raumes Energie, in Form von Wärme, aufzunehmen und diese zeitverzögert wieder abzugeben. Wobei die Wärmespeicherfähigkeit raumabhängig von Flächen und Volumen des Raumes ist.

- geringe  $C_R$ : schnelleres Aufheizen und schnelleres Auskühlen
- hohe  $C_R$ : langsameres Aufheizen aber auch langsameres Auskühlen

Ziel muss es sein, die Materialisierung von Gebäuden, insbesondere von Holzkonstruktionen so zu optimieren, dass diese die im Sommer anfallende Wärme aufnehmen und zeitverzögert zum richtigen Zeitpunkt wieder abgeben können.

Dazu gibt es einige Untersuchungen und Studien zu diesem Thema. Insbesondere ist die Parameteruntersuchung des sommerlichen Raumklimas von Wohngebäuden der Berner Fachhochschule [2], die Untersuchung der EMPA [3] und der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes von Holzbauten von PIRMIN JUNG Schweiz AG [4] zu erwähnen.

In allen drei Studien wurde der Einfluss verschiedenster Parameter auf den sommerlichen Wärmeschutz untersucht und ermittelt. Dabei wird insbesondere auch die thermische Speichermasse mit einbezogen. Die thermische Speichermasse ist bei Holzbauten oft kleiner als bei Massivbauten. Deshalb ist dieser Vergleich besonders spannend.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen den Temperaturverlauf eines typischen Massivbaus ( $C_R = 75 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ ) und eines Holzbaus ( $C_R = 45 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ ) im Vergleich.

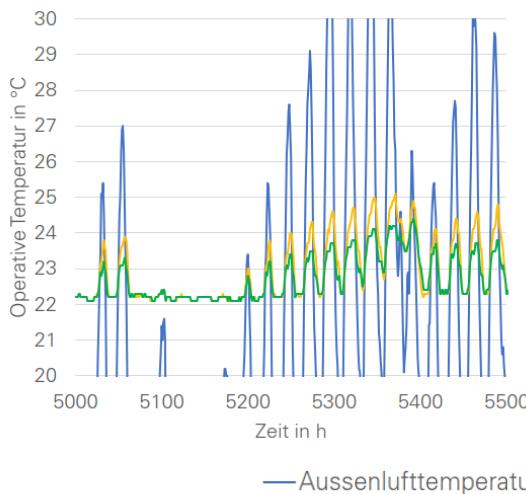


Abbildung 3: Temperaturverlauf 500h [5]

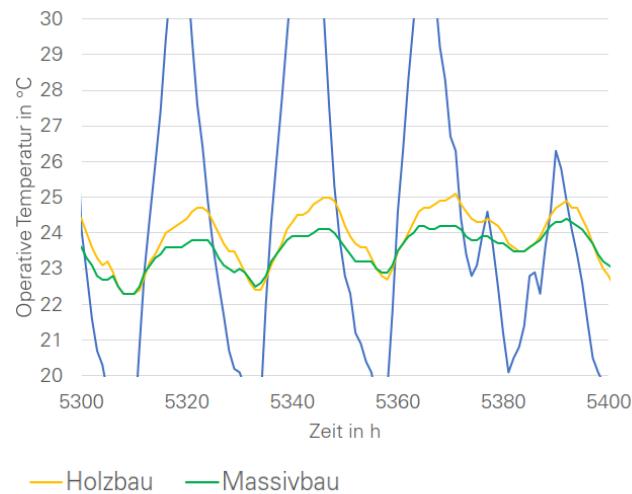


Abbildung 4: Temperaturverlauf 100h [5]

Obige Grafiken zeigen, dass der Holzbau in den Sommertagen leicht höhere, max. operative Temperaturen erreicht, diese gegenüber dem Massivbau in der Nacht aber auch schneller und tiefer wieder absinken.

Je nach architektonischem Ausdruck und Gebäudekonzept ist eine geringere Wärmespeicherfähigkeit also nicht nur nachteilig, sondern kann im Zusammenspiel mit den vorher erwähnten Parametern auch vorteilhaft genutzt werden.

### 2.3. Interne Wärmelasten

Die Nutzungsart eines Raumes übt einen sehr großen Einfluss auf die Behaglichkeit im Sommer aus. Je nach Nutzung sind verschiedene ausgeprägte interne Wärmelasten durch Personen, Beleuchtung oder Geräte im Raum vorhanden, welche in einer allfälligen Untersuchung der Behaglichkeit im Rauminneren zu berücksichtigen sind.

In einem Unterrichtsraum ist beispielsweise die Wärmeeintragsleistung von Personen um ein Vielfaches höher wie in einem Wohnzimmer, wie folgender Vergleich mit Angaben gemäß SIA-MB 2024:2015 [6] zeigt.

Wärmeeintragsleistung gem. SIA 2024:2015

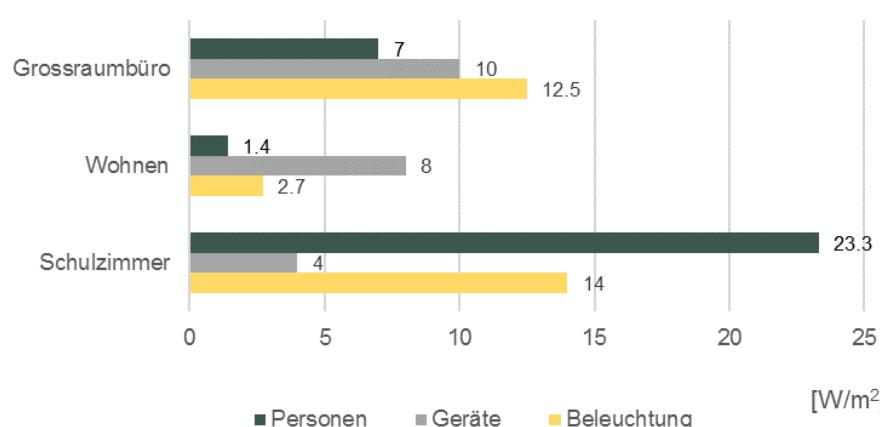


Abbildung 5: Vergleich interne Wärmelasten nach SIA 2024:2015 (eigene Darstellung)

## 2.4. Solare Gewinne

Solare Wärmegewinne werden primär über Verglasungen in der Gebäudehülle erzielt und können je nach Glasflächenanteil stark variieren. Hier gilt es bereits in einer sehr frühen Phase der Planung eines Gebäudes das optimale Verhältnis von möglichst viel solarem Wärmegewinn im Winter und möglichst wenig im Sommer zu finden.

Untersuchungen bei PIRMIN JUNG Schweiz AG [4] haben gezeigt, dass die Vergrößerung des Verglasungsanteil einer Fassade einen großen Einfluss auf die Überhitzungsstunden eines Raumes haben. Die folgende Grafik zeigt unter anderem diesen Unterschied auf.

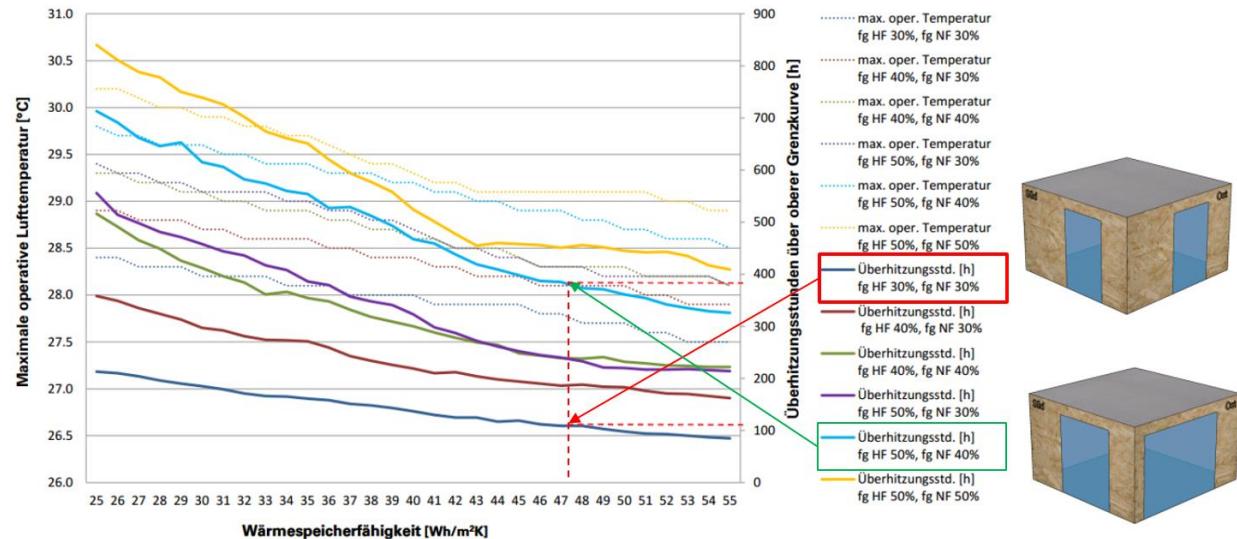


Abbildung 6: Parameterstudie bez. Einfluss Überhitzungsstunden [4]

Im Weiteren ist der solare Wärmegewinn nicht nur über Verglasungsanteile, sondern in gewissem Masse auch über die Verglasung selbst (g-Wert des Glases), z.B. mit einem Sonnenschutzglas, beeinflussbar.

## 2.5. Beschattung

Als weiterer wichtiger Einflussfaktor sind Beschattungen in Form von baulichen Verschattungen, wie z.B. Vordächer und Balkone, sowie bewegliche Beschattungselemente wie Markisen, Storen oder Fensterläden mit einzubeziehen.

Auch hier gilt es architektonische und energetische Ansprüche in Einklang zu bringen. So ist beispielsweise die Minimierung des solaren Wärmeeintrags durch ein flexibles außenliegendes Beschattungssystem oder durch auskragende Balkone und die Ansprüche an das Tageslicht im Rauminneren oder den solaren Wärmegewinn im Winter aufeinander abzustimmen. In der Planung bedarf es deshalb bereits in einer frühen Projektphase diesen Umständen Rechnung zu tragen und aufeinander abzustimmen.



Abbildung 7: Beschattung durch Vordach und Stoffmarkise (Fotografie: PIRMIN JUNG Schweiz AG)



Abbildung 8: Beschattung durch Bauliche Massnahmen wie Balkone / Loggias / Terrassen (Fotografie: PIRMIN JUNG Schweiz AG)

## 2.6. Lüftung, Nachtauskühlung

Die durch den Tag im Gebäude eingespeicherte Wärme muss zu einem gewissen Zeitpunkt wieder aus dem Gebäude abgeführt werden können. Diese Temperaturabführung erfolgt in der Regel in der Nacht, wenn die Außenlufttemperaturen tiefer als die Raumlufttemperaturen im Gebäudeinnern sind.

Dabei gibt es unterschiedliche Konzepte, wobei eine Nachtauskühlung über offene Fenster und die Möglichkeit zum Querlüften des Raums zu den effizientesten Maßnahmen gezählt werden kann. Je nach Gebäude können dazu manuell oder automatisch gesteuerte Fensterflügel eingesetzt werden. Auch ein Abführen der von der Gebäudesubstanz abgegebenen Wärme über eine mechanische Lüftungsanlage oder eine Kombination von Gebäudetechnik und Fensterlüftung sind möglich. Der Einsatz von mechanischen Lüftungsgeräten mit deren Energieverbrauch kann jedoch beträchtlich hoch ausfallen und ist bei der Energiebilanzierung des Gebäudes mit zu berücksichtigen.

Die Möglichkeit einer effizienten Nachtauskühlung ist bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes anzudenken, da die unterschiedlichen Konzepte einen großen Einfluss auf das gesamte Gebäude haben können.

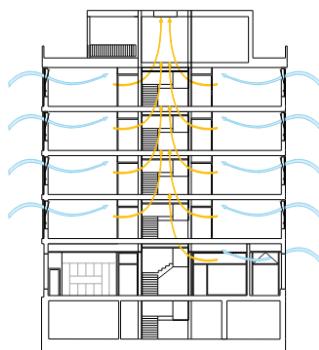


Abbildung 9: Beispiele einer effizienten Nachtauskühlung mittels Querlüftung [7]

## 2.7. Nutzungsverhalten

Ein wichtiger Faktor der in der Planung des sommerlichen Wärmeschutzes eines Gebäudes oftmals vergessen geht ist der Einflussfaktor Mensch und dessen Nutzungsverhalten im Gebäude. Je nach Gebäude und dessen Nutzung ist es sinnvoll, die Konzepte so auszulegen, dass diese möglichst auch ohne manuellen Einfluss der Gebäudenutzenden funktionieren können z.B. mit automatisch gesteuerten Beschattungssystemen.

Für den Fall, dass das Gebäudekonzept vollständig auf das Nutzerverhalten setzt (z.B. öffnen der Fenster, Schließen der außenliegenden Verschattung), empfiehlt es sich die Gebäudenutzenden über ihre Verantwortung zu informieren und ihnen allfällige Hilfestellungen zur Verfügung zu stellen.



Abbildung 10: Sommerzeit... [8]

### 3. Erkenntnisse

In der Praxis bedarf es bei der Planung von Gebäuden, egal ob Holzbau oder Massivbau, von Beginn weg ein gesamtheitlicher und gemeinsamer Planungsprozess aller beteiligten Fachpersonen, damit die thermische Behaglichkeit im Sommer, heute und künftig, gewährleistet werden kann.

Dabei ist nicht nur der Faktor Wärmespeicherfähigkeit wichtig, sondern weitere Einflussfaktoren ebenso, was aber in der Baubranche erfahrungsgemäß noch zu wenig verankert ist.

### 4. Literaturverzeichnis

- [1] NCCS, «Klimaszenarien für die Schweiz,» NCCS – National Centre for Climate Services, Zürich, 2018.
- [2] A. S. u. A. M. D. Kehl, «Parameteruntersuchung des sommerlichen Raumklimas von Wohngebäuden,» BFE, Biel, 2011.
- [3] T. Frank, «Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen, Bericht-Nr. 444'383d,» Empa, Dübendorf, 2008.
- [4] D. Müller und M. Eichenberger, «Nachweisverfahren des sommerlichen Wärmeschutzes von Holzbauten,» BFE, Rain, 2015.
- [5] D. Müller, «Dynamische Gebäudesimulation von Holzbauten,» Hochschule Luzern, Rotkreuz, 2013.
- [6] SIA Zürich, SIA Merkblatt 2024 - Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik, Zürich, 2015.
- [7] Minergie Schweiz, «Sommerlicher Wärmeschutz – Klimakomfort im Minergie-Gebäude,» Minergie Schweiz, Basel, 2022.
- [8] M. Hütter, «DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung – Arbeiten bei Hitze,» 07 2016. [Online]. Available: <https://www.dguv-lug.de/berufsbildende-schulen/gesundheitsschutz/arbeiten-bei-hitze/>. [Zugriff am 03 2022].

**Block A3**  
**Lösungen für den grossvolumigen Holzbau**

# **Strohgedämmte Wohnhäuser und öffentliche Gebäude in Frankreich**

Thomas Steuerwald  
Ingenieurbüro INGENIERIE BOIS  
Bischheim, Frankreich



# Strohgedämmte Wohnhäuser und öffentliche Gebäude in Frankreich

## 1. Ein bisschen Theorie und Grundlagen

### 1.1. Wie wird Stroh als Baustoff verwendet?

Stroh kann in verschiedenen Formen als Baustoff verwendet werden

- Als lose Einblasdämmung ähnlich wie z.B. Zellulosedämmung,



Bild 1: Einblasdämmung

- Als Großballen mit üblichen Abmessungen von ca. 80 x 120 x 250 cm



Bild 2: Großballen

oder

- Als Kleinballen mit üblichen Abmessungen von ca. 38 x 48 x 80...120 cm, d.h. die Länge ist normalerweise variabel zwischen 80 und 120 cm



Bild 3: Kleinballen

Im Bauwesen werden überwiegend Kleinballen verwendet, daher werden diese im Folgenden näher beschrieben.

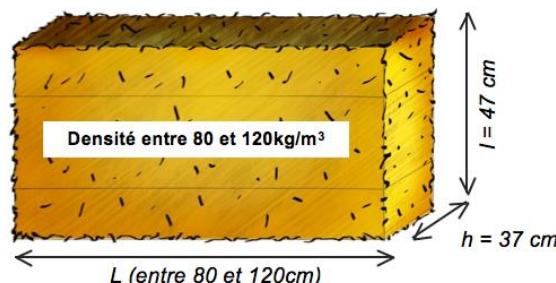


Bild 4: Abmessungen Kleinballen

## 1.2. Herstellung von Kleinballen

Beim Abernten der Ähren bleiben die Strohhalme auf dem Feld liegen und werden in einem zweiten Durchgang mit einer Ballenpresse gesammelt und gepresst.

Während des Pressvorgangs werden die einzelnen Ballen in Längsrichtung durch 2 oder 3 Schnüre fest gebunden.

Der Presskanal der Ballenpresse ist in zwei Richtungen fest (Dicke und Breite), die Länge kann voreingestellt werden zwischen ca. 80 und 120 cm.



Bild 5: Ballenpresse für Kleinballen

## 1.3. Verfügbarkeit von Stroh für Bauzwecke

Der größte Anteil des Strohs, das nach dem Ernten der Ähren übrig bleibt, wird in der Landwirtschaft als Einstreu oder Dünger verwendet. Ein Teil des Strohs dient zur Gewinnung von Biogas. Nur ein relativ kleiner Anteil des anfallenden Strohs (ca. 20%) kann für Bauzwecke genutzt werden. Da jedoch die Gesamtanbaufläche und -menge groß ist, ist auch die verbleibende Menge für die Bauwirtschaft wie in der folgenden Tabelle dargestellt, relativ bedeutend.

	Frankreich (Zahlen von 2020)	Deutschland (Zahlen von 2021)
Gesamtmenge produziertes Getreide	71 Mio to	42 Mio to
Davon Weizen und Roggen (am besten geeignet zur Herstellung von Dämmelementen)	40 Mio to (5 Mio Hektar)	24 Mio to (3,2 Mio Hektar)
Ca. 50% der produzierten Getreidemenge ist verwendbares Stroh	20 Mio to	12 Mio to
Davon für Bauzwecke verfügbare Menge	4,0 Mio to	2,4 Mio to
Ergibt eine mögliche Dämmfläche bei einer Dicke der Strohballen von 38 cm und einem Massengewicht von ca. 100 kg/m³	105 Mio m²	64 Mio m²
Oder die komplette Außendämmung für ca. folgende Anzahl von Einfamilienhäusern:	<b>280.000</b>	<b>170.000</b>

Wenn auch Stroh von anderen Getreidesorten (Dinkel, Gerste, ...) verwendet wird und ein größerer Prozentsatz der anfallenden Strohmenge zur Dämmung verwendet wird, kann die mögliche Dämmfläche erheblich vergrößert werden.

## 1.4. Physikalische Eigenschaften

Die physikalischen Eigenschaften einer Dämmung mit Kleinstrohballen gelten, wenn die folgenden Bedingungen bei der Herstellung eingehalten sind:

- Verwendung von trockenem Stroh mit einer massebezogenen Feuchte <18%
- Kein Schimmelbefall
- Möglichst geringer Beikraut-(Unkraut-)anteil
- Pressung der Strohballen um eine Dichte von 80 bis 120 kg/m³ zu erreichen
- Das Stroh sollte nicht gehäckelt, sondern langhalmig sein

### 1.4.1 Wärmeschutz

Die Wärmeleitfähigkeit beträgt bei einer Orientierung der Halme überwiegend senkrecht zur Wärmestromrichtung

- nach deutschen Regeln (ETA-17/0247):  $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
- nach französischen Regeln (RFCP, Règles professionnelles de la construction en paille)

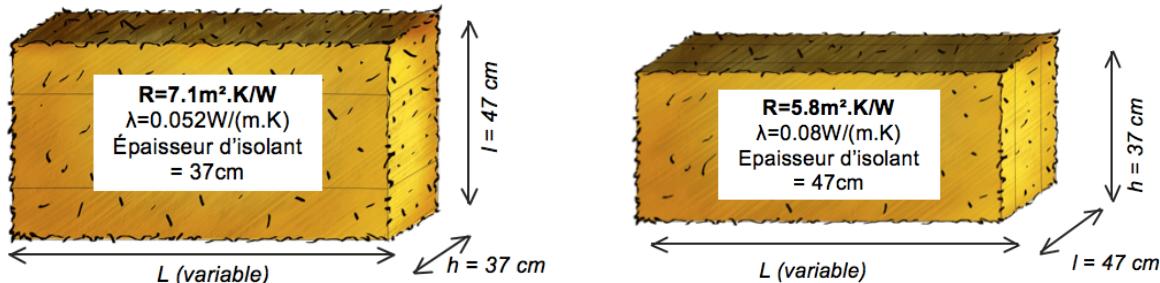


Bild 6: Wärmedämmwerte nach französischen Regeln

zum Vergleich:

Mineralfaserdämmung:	$\lambda = \text{ca. } 0,035$
Holzfaserdämmung:	$\lambda = \text{ca. } 0,040$
Zelluloseeinblasdämmung:	$\lambda = \text{ca. } 0,042$

### 1.4.2 Brandschutz

Stroh ist brennbar. Durch die Pressung bei der Herstellung der Strohballen wird der Ballen verdichtet und dadurch die Abbrandgeschwindigkeit verringert.

Baustrohballen als normalentflammbar (Baustoffklasse E) klassifiziert. Mit einem relativ dünnen Lehm- oder Kalkputz kann die Feuerwiderstandsklasse «feuerhemmend» F30-B oder «feuerbeständig» F90-B erreicht werden.

### 1.4.3 Dampfdiffusionswiderstand

Mit einer Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl  $\mu = 2,0$  und einer Dicke von 38 cm ergibt sich ein  $s_D$ -Wert von:  $s_D = 0,76 \text{ m}$ .

### 1.4.4 Phasenverschiebung

Der Wert der Phasenverschiebung ist wichtig für den sommerlichen Hitzeschutz. Da die spezifische Wärmekapazität von Strohballen relativ hoch ist, wurde bei Versuchen in Frankreich eine Phasenverschiebung zwischen 8 und 12 Stunden gemessen. Daher hat ein mit Stroh gedämmtes Haus im Tagesverlauf im Sommer wenig Temperaturunterschied in den Innenräumen.

### 1.4.5 Schallschutz

Weder in der deutschen, noch in der französischen aktuellen Normung gibt es exakte Werte zum Schallschutz. Diese liegen jedoch im gleichen Bereich wie bei Holzfaserdämmstoffen mit einer ähnlichen Dichte. Für einen spezifischen Wandaufbau ist das Schalldämmmaß auf Basis von Versuchen zu ermitteln, falls keine Werte vorliegen.

## 1.5. Schimmelbefall

Zur Bildung von Schimmel ist eine Bauteilfeuchte von >20% notwendig. Da bei der Herstellung der Strohballen gefordert wird, eine maximale Bauteilfeuchte von <18% einzuhalten, kann sich kein Schimmel bilden. In der Bauphase ist darauf zu achten, dass die Dämmung vor Feuchtigkeitsaufnahme geschützt ist. In der Planungsphase ist der geplante Wandaufbau ist durch eine instationäre biohygrothermische Berechnung (z.B. WUFI) zu untersuchen und das Risiko einer Schimmelbildung durch Kondensat auszuschließen. Im Außenwandaufbau muss immer innen eine luftdichte Ebene und außen eine winddichte Ebene vorhanden sein.

## 1.6. Insekten- oder Nagerbefall

Die Getreidehalme, aus denen die Strohballen bestehen, stellen keine Nahrungsquelle für Insekten dar. Außerdem ist beim Einbau der Strohballen darauf zu achten, dass diese allseitig geschützt sind durch eine Putzschicht, Holzfaserplatten oder Insektenschutzgitter.

## 1.7. Nachhaltigkeit

Da das verwendete Stroh praktisch ein Abfallprodukt aus der Landwirtschaft ist, entstehen keine zusätzlichen Herstellkosten.

Das Produkt ist regional verfügbar, so dass keine langen Transportwege entstehen.

Die Primärenergie, die zur Herstellung eines strohgedämmten Gebäudes erforderlich ist, ist nur halb so groß wie der erforderliche Energieaufwand bei einem herkömmlichen Massivbau. Anders gesagt: Für den Primärenergiebedarf, den ein Massivbau allein für die Errichtung braucht, kann ein strohgedämmtes Gebäude rund 70 Jahre lang beheizt werden.

Das folgende Schaubild zeigt einen Vergleich der Gesamtenergiebilanz im Verlauf von 100 Jahren (= angenommene gesamte Lebenszeit) für ein Einfamilienhaus, das zu gleichen Randbedingungen, aber mit unterschiedlichen Materialien gebaut ist.

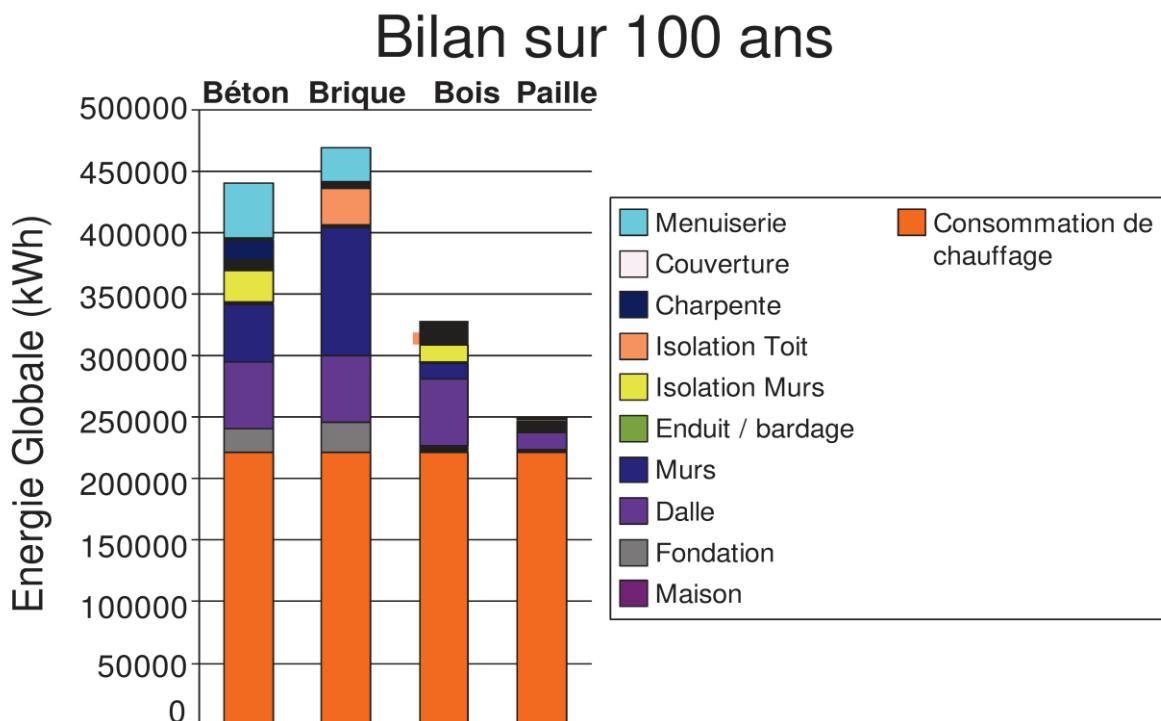


Bild 7: Vergleich der Gesamtenergiebilanz zwischen verschiedenen Bauweisen bei gleichen Randbedingungen

## 2. Einige Beispiele, realisiert im Bau oder in Planung

### 2.1. Die unterschiedlichen Arten mit Strohballen zu konstruieren



Bild 8: Vorfertigung (die Strohballen werden in Kastenelementen vorgefertigt, die auf der Baustelle zusammengesetzt werden)

Bild 9: Einbau auf der Baustelle (die Strohballen werden auf der Baustelle in eine vorgefertigte Rahmenkonstruktion eingebaut)



Bild 10: nichttragende Außendämmung (die Strohballen werden als zusätzliche Dämmsschicht auf eine tragende Wand aufgebracht)



Bild 11: lastabtragende Strohballen (die aufeinandergeschichteten Ballen werden mit Baumbusstangen, Zugbändern o.ä. miteinander verspannt – diese Bauweise ist in Deutschland nicht allgemein zugelassen)

Sonderform

## 2.2. Mehrfamilienwohnhaus mit 13 Wohnungen in Colmar

- Stahlbetonkonstruktion mit nichttragenden Holzrahmenbau-Außenwänden und Isolierung mit Strohballen, Mineralputz außen
- Zellulosedämmung im Dach
- Passivhausstandard
- Fertigstellung 2019
- Architekt: ASP Architektur, Saint Dié
- Gebäudetechnik: Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe



Bild 12: Teilansicht des Gebäudes



Bild 13: Einbau der Strohballen

Bild 14: Glätten der Fassade  
(Abschneiden überstehender Halme)

Bild 15: Aufbringen der verschiedenen Putzschichten

## 2.3. Passivhaus mit 4 Wohnungen in Plainfaing (Vogesen)

- Holzrahmenkonstruktion mit 38 cm Strohballen + 6 cm Holzfaserdämmung
- Passivhausstandard
- Zellulosedämmung auf der obersten Geschossdecke
- Lärchenholzschalung und Schindeln
- Fertigstellung 2018
- Architekt: ASP Architektur, Saint Dié
- Gebäudetechnik: Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe

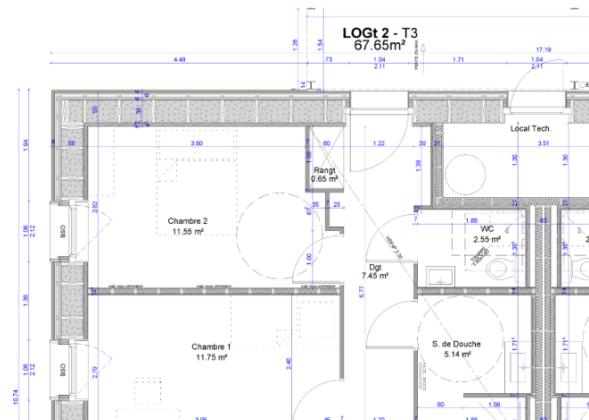


Bild 16: Teilausschnitt Grundriss

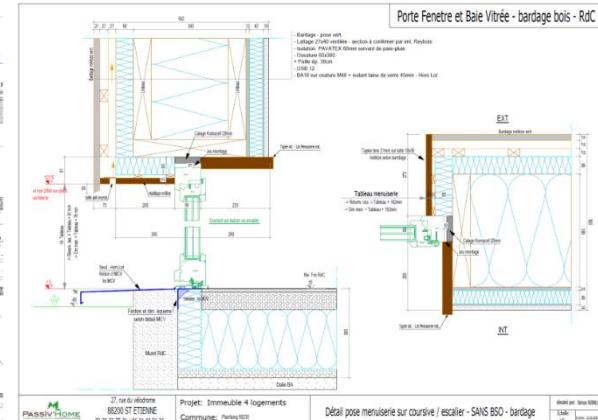


Bild 17: Detailschnitt



Bild 18: Vorfertigung der Wände



Bild 19: fertiges Gebäude

## 2.4. Weinproduktions- und -lagerhalle in Scherwiller (Elsass)

- Produktions- und Lagerhalle, 2200 m<sup>2</sup>
- 1,2 m dicke Wände (Strohballen) erzeugen ein gleichbleibendes Raumklima
- Lastabtragende Strohballen: ca. 174 to mit einem Massegewicht von 170 kg/m<sup>3</sup>
- Nichttragende Strohballen: ca. 54 to mit einem Massegewicht von ca. 120 kg/m<sup>3</sup>
- Geschwärzte Lärchenholzschalung außen
- Fertigstellung 2017
- Architekt: Architecture & Paysages, Strasbourg
- Gebäudetechnik: Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe
- Ingenieurbüro Holzbau: Meistersheim, Saulcy-sur-Meurthe

DETAIL D'UNE JONCTION MUR / PLANCHER BAS

## LEGENDE

P : poteau moisé et fourré formant une gaine électrique ventilée  
 E : enduit à la chaux, ép. 40mm en moyenne (de chaque côté du mur)  
 Ar : toile d'armature d'enduit tendue avec 300mm minimum de recouvrement, agrafage  
 M : double montant de retenue du mur, en mélèze 80x80mm  
 Ipa : isolation en paille, ép. 1200mm  
 Re : remplissage en billes d'argile expansé ou pouzzolane  
 Bh : bordure haute continue en bois de mélèze 50x200mm  
 T : traverse en bois 50x200x150mm entraxe 800mm  
 Bb : bordure basse discontinue en bois de mélèze 50x200x600mm  
 Pp : pied de poteau en acier galvanisé  
 Ra : raccord d'étanchéité à l'air  
 Eb : écran bitumineux contre les remontées capillaires  
 As : assise de mur en BA, surfacée, hauteur 100mm  
 Pf : protection d'isolation, ép.25mm  
 Da : dallage BA ép. 200mm

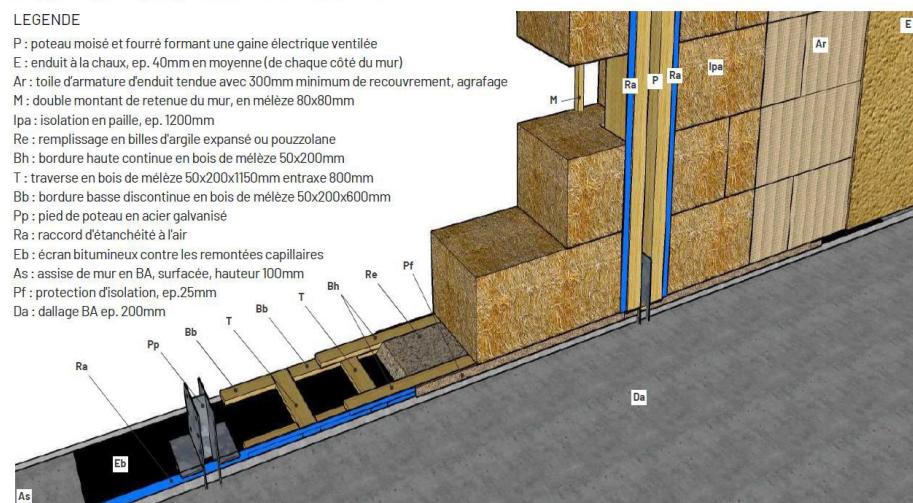


Bild 20: Detail Wandaufbau

## COUPE VERTICALE : JONCTION MUR / TOITURE

La toiture est dimensionnée pour pouvoir supporter des panneaux solaires.

L'eau de pluie et de condensation en été est récupérée en toiture, stockée dans une cuve puis utilisée pour le nettoyage et pour l'arrosage. Le puisage de cette eau se fait par une pompe dont le départ en cuve est accroché à un flotteur de façon à ne pas puiser l'eau en surface ni au fond de la cuve.

Voile travaillant en panneaux OSB3 19mm avec adhésifs couvre-joints  
 Isolation en paille comprimée (80kg/m<sup>3</sup>) entre ossatures en bois 350mm  
 Ecran pare-pluie en panneaux de bois bitumineux ( joints collés )  
 Ossature horizontale de bardage mini 30mm  
 Ossature verticale de bardage mini 30mm  
 Planchette de protection de tête de panne (mélèze purgé d'aubier) 25mm  
 Grille inox de protection anti-rongeurs et anti-insectes

**Mur extérieur en paille autoportée (de l'intérieur à l'extérieur)**  
 Enduit à la chaux 40mm en moyenne  
 Panneau d'accrochage 25mm  
 Raccord d'étanchéité à l'air  
 Isolation en paille autoportée 1200mm  
 Voile travaillant en panneaux OSB3 19mm (avec adhésifs couvre-joints)  
 Enduit à la chaux 40mm en moyenne

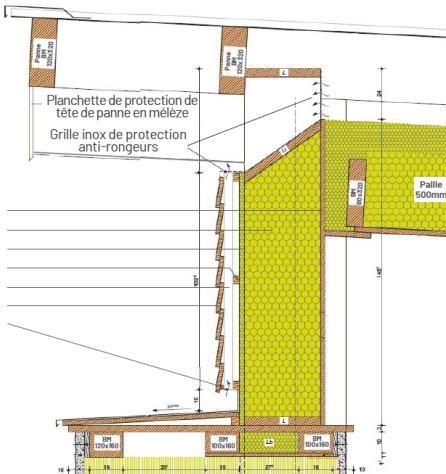


Bild 21: Schnitt durch Wand und Dach



Bild 22: Ansicht Halle

## 2.5. Grundschule in Bernwiller (Elsass)

- Tragende Innenwände in Stahlbeton
- Außenwände in Holzrahmenbau mit Strohballenfüllung
- Fertigstellung 2016
- Architekt: d-Form, Strasbourg und Husser, Wintzenheim
- Gebäudetechnik: Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe



Bild 23: Außenansicht



Bild 24: Innenansicht im Bauzustand

## 2.6. 8-stöckiges Wohnhaus «Jules Ferry» in Saint Dié (Vogesen)

- Komplette Tragkonstruktion mit CLT und Brettschichtholz
- Strohballendämmung in Kästen aus Holzfaserplatten
- Passivhaus zertifiziert
- Energieoptimiert, 26 Sozialwohnungen mit minimalen NK: 60 €/Monat
- Fassaden mit Tonziegeln verkleidet
- Fertigstellung 2014
- Architekt: ASP architecture, Saint Dié
- Gebäudetechnik: Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe
- Ingenieurbüro Holzbau: Ingénierie Bois, Bischheim

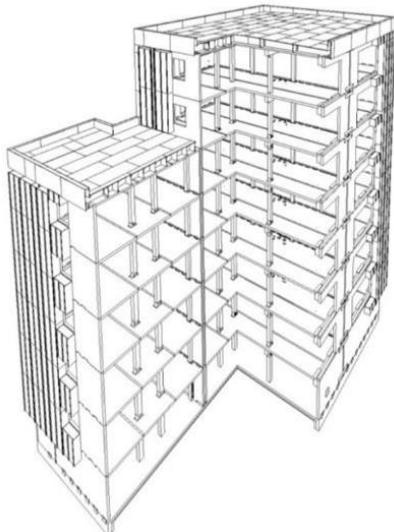


Bild 25: Prinzip der Tragstruktur



Bild 26: Tragkonstruktion während der Montage



Bild 27: Vorfertigung der Isolierung



Bild 29: Detail zum Wandaufbau

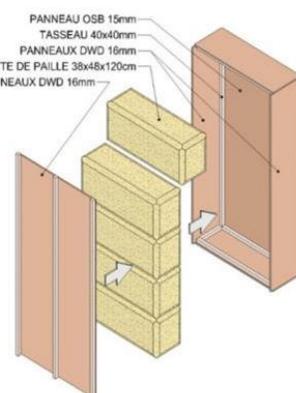


Bild 28: Detail der vorgefertigten Kastenelemente

## 2.7. Schulgebäude in Strasbourg-Neuhof

- Komplette Tragkonstruktion mit CLT und Brettschichtholz
- Strohballendämmung für Fassaden und Dächer
- Fassade holzverschalt
- Geplante Fertigstellung 2024
- Architekt: nunc architectes, Eckbolsheim
- Gebäudetechnik: Solares Bauen, Strasbourg
- Ingenieurbüro Holzbau: Ingénierie Bois, Bischheim



Bild 29: Gesamtansicht von außen



Bild 30: Detailschnitt Fassade

## 2.8. «Résidence Quai Carnot» in Saint Dié

- 11-stöckiges Wohngebäude, Passivhausstandard
- Massiver Treppenhauskern mit Tragkonstruktion mit CLT und Brettschichtholz
- Fassaden mit Pfosten-Riegel-Konstruktion, dazwischen Strohballendämmung
- Fassaden teilweise verkleidet mit Tonziegeln, teilweise verputzt
- Geplante Fertigstellung 2023
- Architekt: ASP architecture, Saint Dié
- Gebäudetechnik: Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe
- Ingenieurbüro Holzbau: Ingénierie Bois, Bischheim



Bild 31: Gesamtansicht

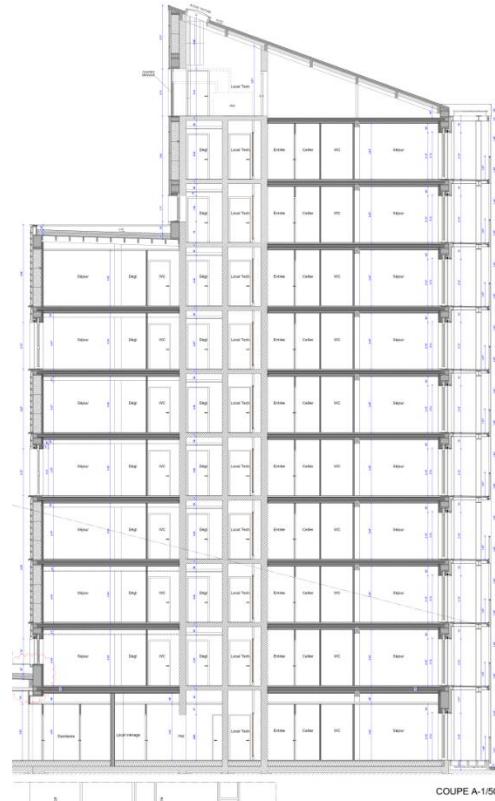


Bild 32: Schnitt

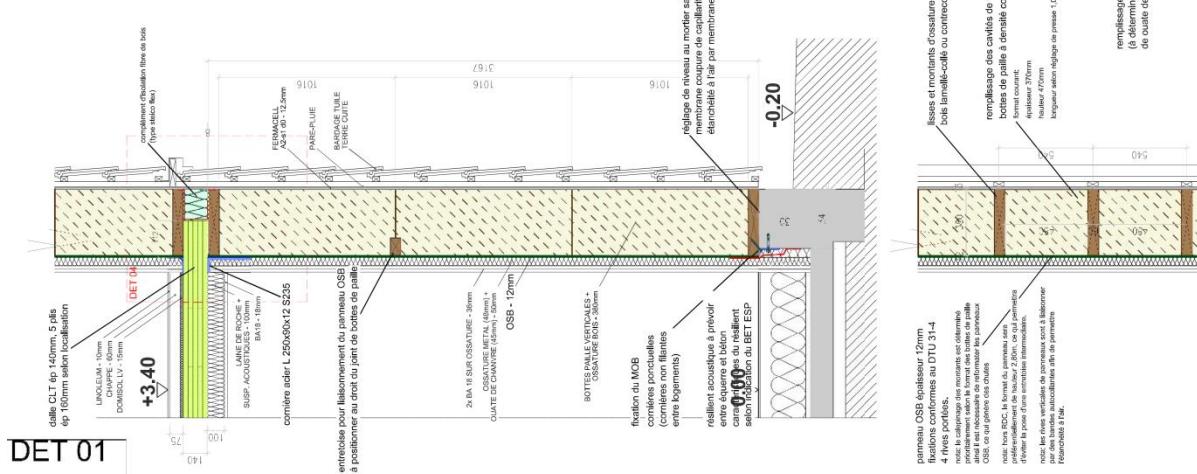


Bild 32: Detail Fassade (gekippt), mit Deckenanschluss

# **Städtisches Bauen im großen Stil – Hagmann Areal Winterthur**

Elise Pischetsrieder  
weberbrunner architekten  
Zürich, Schweiz / Berlin, Deutschland



# Städtisches Bauen im großen Stil – Hagmann Areal Winterthur

## 1. Warum bauen wir im städtischen Kontext mit Holz?

Als Büro verfolgen wir die Einhaltung des 1.5°-Ziels. Unser Augenmerk richten wir auf die Konstruktion, den Material-Kreislauf und die Reduktion der grauen Energie und verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Von klimagerechten und kreislauffähigen Architekturkonzepten sind wir überzeugt.

Die Betrachtung des ganzen Lebenszyklus gehört zu den Schlüsselfragen für die Bauwende. Die Bewahrung von Bestand und kreativen Zukunftsnutzungen ist uns ein Anliegen. Industrieller Holzbau stellt in der Substitution des Tragwerks und den Dämmstoffen einen Teil der Lösung dar, um CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern und CO<sub>2</sub> einzuspeichern. Klimaneutralität auf der Materialebene ist ohne nachwachsende Ressourcen nicht umsetzbar. Um den ökologischen Fussabdruck von Gebäuden sichtbar zu machen und zu verringern, bieten weberbrunner architekten Ökobilanzierung vom Entwurf bis zur Ausführung planungsbegleitend an. Baukulturelle Qualität beinhaltet Klima- und Ressourcenschutz und schont die Umwelt.



Abbildung 1: Mehrgenerationenwohnen im «Hagmann Areal» in Winterthur, Foto: Georg Aerni

## 1.1. Für die Gemeinschaft bauen

Das Areal am Bahnhof Winterthur-Seen ist seit Jahrzehnten im Besitz der Familie Hagmann. Die Vorgaben für den Architekturwettbewerb basierten auf der Entscheidung, ein autofreies Gebäude mit bezahlbarem Wohnraum in architektonisch und ökologisch hochrangiger Bauweise zu realisieren. Der Zugang zum Areal befindet sich auf zwei Ebenen entlang der Hangkante, die zugleich eine verbindende und trennende Funktion hat. Das Ensemble besteht aus zwei typologisch unterschiedlichen Gebäuden: dem Hofhaus – der bestehenden ehemaligen Zimmerei – und dem Neubau, dessen drei Flügel sich um einen zentralen Hof herum gruppieren und drei- bis sechsgeschossig gestaffelt sind.

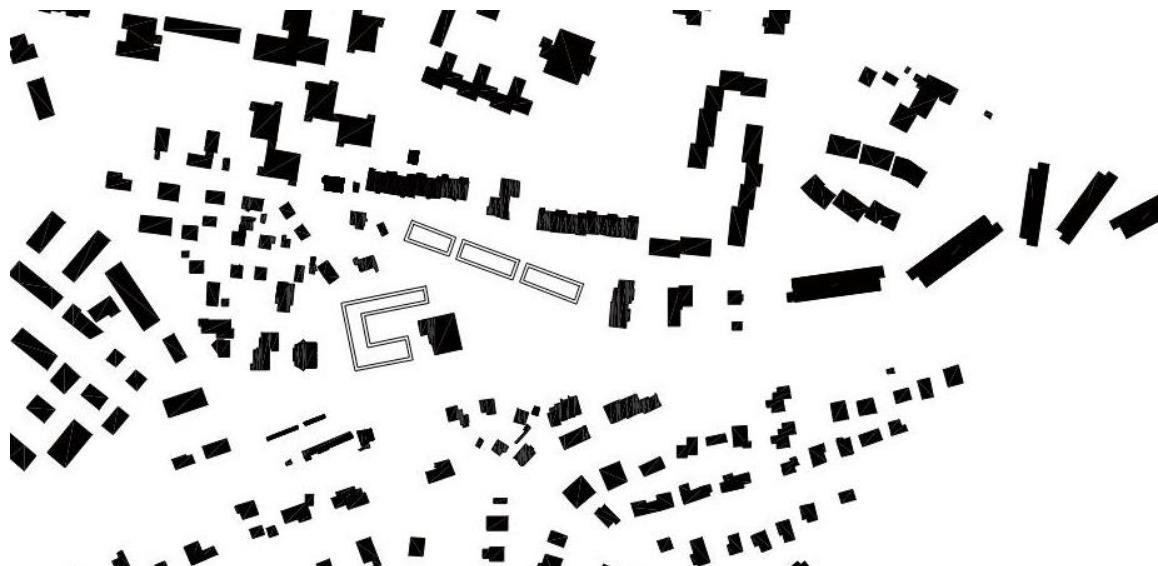


Abbildung 2: Situationsplan mit 2 Bauetappen und Werkstatt-Gebäude Bestand

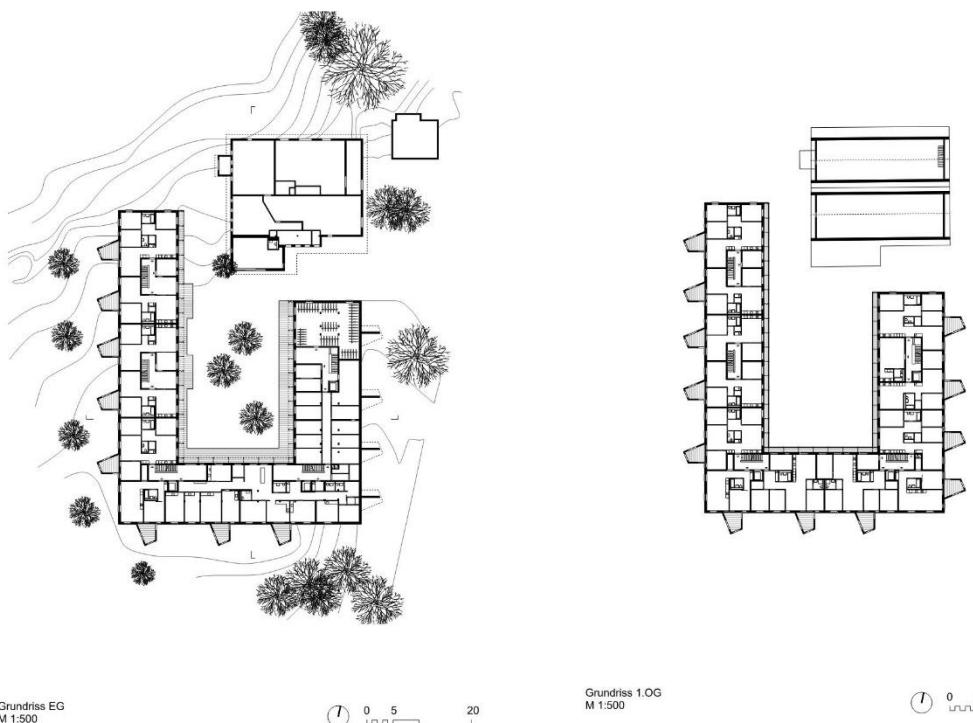


Abbildung 3: Grundriss EG und Regelgeschoss – aus ökologischen Gründen wird auf eine Tiefgarage verzichtet

Unser Konzept für den Neubau sieht neben dem maßvollen Umgang mit der versiegelten Fläche eine effiziente und kostengünstige Bauweise mit klaren Konstruktionsprinzipien sowie eine Holz-Beton-Hybridkonstruktion mit Holzfassade zur Minimierung der grauen Energie vor. Insgesamt werden so zusammen mit einem Mobilitätskonzept die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht.



Abbildung 4: Innenhof – kommunikativer Treffpunkt im Ensemble mit dem Bestand, Foto: Georg Aerni

Das bestehende, charmante Gewerbehaus, in dem verschiedene genossenschaftlich organisierte Handwerksbetriebe untergebracht sind, wird in das neue Wohnhausprojekt integriert. Dadurch entsteht ein lebendiger Wohn- und Arbeitsort mit einer spannenden gemischten Nutzung, bei dem die eigenständige Identität erhalten bleibt und in dem sich die Geschichte des Ortes sowie der Familie Hagmann widerspiegelt. Das Gewerbehaus wird durch eine Gemeinschaftspraxis von Allgemeinmedizinern im Erdgeschoss des Neubaus ergänzt.

Den Bestand zu integrieren und dadurch bestehende Bausubstanz und graue Energie zu erhalten, ist Teil des nachhaltigen Bauens. Umbau und Weiternutzung sind dem Abbruch und Neubau vorzuziehen, um den ökologischen Fußabdruck gering zu halten. Nutzungen zu finden, die die Wesenszüge des Bestands respektieren und erhalten, ist eine Herausforderung für alle Projektbeteiligten. Eine Zukunftsvision für alte Gebäudestrukturen zu entwickeln ist eine große Chance.

Durch die Flexibilität und Offenheit der Nutzung konnten im Hagmann Areal Ressourcen gespart und Treibhausgasemissionen vermieden werden. Viele Bestandsgebäude haben Robustheit und Langlebigkeit unter Beweis gestellt und ein großes Potenzial durch die verwendeten Baumaterialien und Konstruktionen repariert und weitergenutzt zu werden.

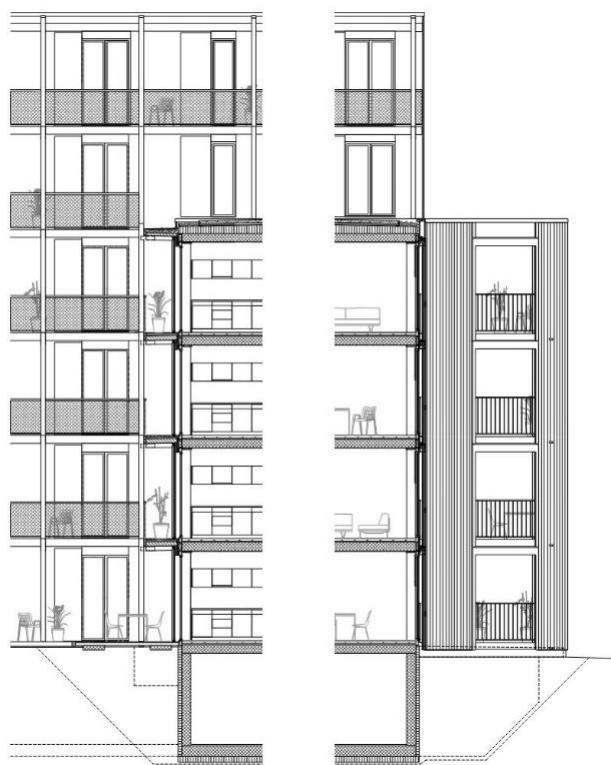


Abbildung 5: Konstruktiver Fassadenschnitt



Abbildung 6: Holzfassade mit konstruktivem Wetterschutz, Foto: Georg Aerni



Abbildung 7: Hagmannareal an der Streuobstwiese, Foto: Georg Aerni

Angelehnt an aktuelle Konzepte gemeinnütziger Genossenschaften wird die soziale Nachhaltigkeit durch die Förderung gemeinschaftlicher Wohnformen und eine gut durchmischte Bewohnerschaft unterstützt. So gibt es eine Sauna für alle Bewohner, Gemeinschaftsräume und -gärten, einen Platz mit Hausbar und Pizzaofen in einem renovierten Eisenbahnwagen, einen Kinderspielplatz und eine Boulebahn. Die monatlich stattfindenden hausinternen Events in der Bar zeigen kurz nach Bezug, dass die erhoffte Gemeinschaft bereits wächst.

Zusatzzimmer, die der temporären Erweiterung des Wohnraums dienen, flexibel nutzbare Grundrisse, die alternative Wohnformen ermöglichen und für Menschen unterschiedlichen Alters attraktiv sind, sowie ganzjährig nutzbare Außenzimmer tragen neben der Mischnutzung auch in sozialer Hinsicht zu einer nachhaltigen Überbauung bei.

Die Fassade bietet unterschiedliche Möglichkeiten des Aufenthalts und der Kommunikation: Der Innenhof ist von einer schlanken Verandaschicht gesäumt. Nach außen orientieren sich ganzjährig nutzbare dreiseitig geschützte Balkone mit allseitigem Wind- und Sonnenschutz.



Abbildung 8: Außenzimmer als ganzjährige Wohnraumerweiterung, Foto: Georg Aerni

## 2. Gebäude als Ressourcen- und CO<sub>2</sub>-Speicher

Holz leistet einen zentralen Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Bilanz in der Erstellung von Gebäuden. Holz dient aber auch als CO<sub>2</sub>-Speicher. So lange das Holz im Ressourcen-Kreislauf in Verwendung ist, lagert es Treibhausgase ein. Holzbau bietet damit der Baubranche die Chance Teil von Klimaschutz zu sein. Materialien mit klimagerechten Eigenschaften werden in Zukunft einen selbstverständlichen Standard für unsere urbanen Bauaufgaben darstellen.

Holzbau schont als nachwachsender Rohstoff zusätzlich endliche Primärrohstoffe, die in der Regel im Tragwerk, in der Dämmung oder im Innenausbau verwendet werden.

### 3. Holzfassaden als Botschaft einer nachhaltigen Bauweise im öffentlichen Raum

Ein Gebäude mit einer Holzfassade sendet - insbesondere im städtischen Kontext - eine Botschaft im öffentlichen Raum: Hier steht ein Holzbau, ein nachhaltiges Haus. Das Hagmann-Areal verkörpert dabei den sichtbaren Wandel hin zu einer nachhaltigen Baukultur. Ob naturbelassen oder farbig; gestrichen oder geölt; roh, geschliffen oder gehobelt; als Schalung, als Tafeln oder als Bretter – die Ausdrucksform von Holzfassaden ist vielseitig und individuell. Viele Städter fühlen sich inspiriert von der Natürlichkeit von Holz. Diese Wahrnehmung steht im starken Kontrast zu einer ansonsten vielerorts technologisch perfekten urbanen Umgebung.



Abbildung 9: Naturholzfassade mit Verandaschicht, Foto: Volker Schopp

Kontextbezug und Maßstäblichkeit können mit Holzfassaden vielfältig entwickelt werden. Konstruktiver Witterungsschutz und würdevolles Altern gehen dabei Hand in Hand mit dem architektonischen Konzept. Eine sorgfältige und fachlich versierte Planung ist die Grundlage für die erfolgreiche Realisierung. In Holzfassaden verbindet sich konstruktives Wissen mit zeitgenössischer Technologie. Auch hier spiegeln sich Vorteile in der Vorfertigung und Digitalisierung wider.

Der ökologische Fußabdruck von Gebäuden ist sehr hoch. Bau und Betrieb von Gebäuden verursachen 40% der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen und verbrauchen den grössten Teil der mineralischen, nicht nachwachsenden Rohstoffe für die Bauprodukte.

Die Ziele der Nachhaltigkeit wie z.B. der sparsame Umgang mit Materialien und langlebigen Konstruktionen spiegeln sich in der Architektur wider. Wohnungsbau profitiert vom Einsatz natürlicher und nachwachsender Baumaterialien, welche sich positiv auf das Wohnklima auswirken. Mit dem technologischen Wandel und einer zunehmend technischen Welt nimmt die Sehnsucht nach Natur und natürlichen Materialien stetig zu. Vor allem in urbanen Kontext erlebt der Holzbau eine Renaissance.



Abbildung 10: Mineralisch geschleimte Holzfassade mit Außenzimmern, Foto: Georg Aerni

Pilot-Gebäude von heute sind die Prototypen von morgen. Auf der Basis einer ökologischen und ökonomischen Definition von optimalen Konstruktionsaufbauten mit Holz können Realisierungen planbar vorbereitet werden, wodurch kurze Bauzeiten möglich werden.

Holz ist das Baumaterial der Vergangenheit und Zukunft zugleich. Da sich ein Großteil der Bautätigkeit im urbanen Kontext abspielt und die Kreislauftfähigkeit und Reduktion von Ressourcen-Verwendung zentral sind, kommt dem urbanen Bauen mit Holz eine Schlüsselfunktion in der Zukunftsfähigkeit der Baubranche dar. Mit dem Umdenken in der Konstruktion und im Material hin zu nachwachsenden Rohstoffen, ist es die Aufgabe unserer Generation die Bauwende in der Praxis umzusetzen und ihr architektonisch Gestalt zu verleihen.

«Wenn wir die Augen zumachen und in unsere Kindheit zurückkehren, dreht sich viel um Holz. Der Geruch frisch gesägter Bretter und Balken liegt in der Luft, das Geräusch der alten Bandsäge schwirrt in den Ohren. Das Holzgeschäft auf dem Hagmann-Areal in Winterthur-Seen, einem Gemeindeteil im Kanton Zürich, betrieb unsere Familie über drei Generationen hinweg. Letztlich verdankt unsere Familie diesem Werkstoff ihren Grundbesitz und damit die Möglichkeit, hier einen Neubau zu realisieren. Dass Holz auch dabei eine wichtige Rolle spielen sollte, war von Beginn an klar, letztendlich ist es ein Holz-Beton-Hybridbau geworden. Als wir uns entschieden haben, keinen Direktauftrag zu erteilen, sondern einen Architekturwettbewerb auszuloben, ging es auch darum, die ideale Lösung zu finden, die sensibel auf den Bestand reagiert. Schließlich ist das alte Holzbaugeschäft noch immer in Betrieb und prägt den Charakter des Ortes maßgeblich mit.»

Christian Hagmann, Barbara Zimmermann, Ueli Hagmann

Auszug aus der Publikation *Gemeinschaft bauen – Wohnen und arbeiten auf dem Hagmann-Areal in Winterthur*, Konzept: Christian Hagmann, Barbara Zimmermann, Reto Mächler (Grafik, retomaechler.ch), Sabine Wolf (Projektleitung, thiesenwolf.ch), erschienen bei Parkbooks 2020, ISBN 978-3-03860-179-1



Abbildung 11: Lektüre-Tipp *Gemeinschaft bauen*, Foto: Christian Hagmann

# Planen und Bauen mit Modulen

Johannes Kaufmann  
Johannes Kaufmann und Partner  
Dornbirn/Vorarlberg, Österreich



# Planen und Bauen mit Modulen

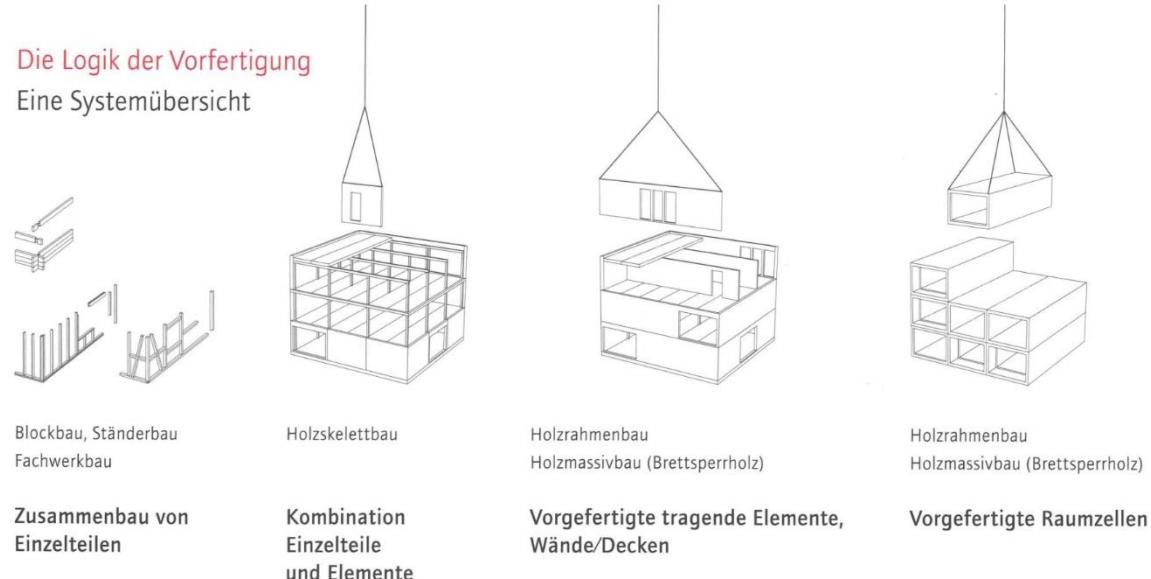
## 1. Exkurs / Einleitung

In letzten Jahrhunderten hat sich natürlicherweise das Bauen stark verändert. Oft waren regionale Besonderheiten dafür ausschlaggebend, doch auch Neuerungen auf dem Materialsektor. Über die Erfindung von Beton und Stahl sind herkömmliche Baumaterialien wie Stein und Holz oft in den Hintergrund gedrängt worden. Waren die meisten Holzbauten bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts Fachwerkskonstruktionen bzw. reine Stab- und Brettkonstruktionen, so haben sich zum Ende des Jahrhunderts dann doch über die Industrialisierung neue Möglichkeiten ergeben. Plattenwerkstoffe, Klebeverbindungen, neue Verbindungsmittel haben den Holzbau aus der jahrhundertelangen Tradition neu interpretierbar gemacht.

Kein Baustoff hat sich in 50 Jahren so radikal verändert wie der Holzbau. Von der Balken- und Brettkonstruktion hin zu vorgefertigten, zweidimensionalen Wand-, Decken und Dachelementen weiter zu dreidimensional vorgefertigten Modulbauten. Und immer noch haben natürlich alle dieser 3 Hauptmethoden ihren Platz im modernen Holzbau.

Gerade das Brettsperrholz hat in Punkt Schall- und Brandschutz hier eine wichtige Initiazündung ermöglicht. Auf einmal sind großvolumige, mehrgeschossige Gebäude mit einem hohen Sicherheitsniveau konstruierbar. Alle die es noch nicht wissen – aber im Holzbau geht die Post erst jetzt richtig ab. Deutschland zeigt uns vor, wie Politik positiv auf einen unbestrittenen umweltfreundlichen Baustoff einwirken kann.

Die Forderung der Öffentlichkeit nach leistbarem Wohnraum ist unüberhörbar. Man diskutiert schon lange darüber, was die tatsächlichen Kostentreiber wirklich sind. Es ist wahrscheinlich eine Mischung aus vielen Sachen. **Regulierungswut**, die sich dann in den Gesetzen, aber vor allem in den Normen wiederfindet, völlig überzogene Forderungen nach hohen Qualitäten in Bezug auf Schall, Brandschutz etc. um nur einige zu nennen. Es gibt aber Möglichkeiten, diese Fesseln teilweise abzulegen um günstiges Bauen zu ermöglichen. Das Weglassen überflüssiger Qualitäten und eine sorgfältige, intelligente Planung bedeuten am Ende des Tages günstige Baukosten.



## 2. Wohnen 500 – Vorarlberg



**Bauherr** VOGEWOSI | Dornbirn

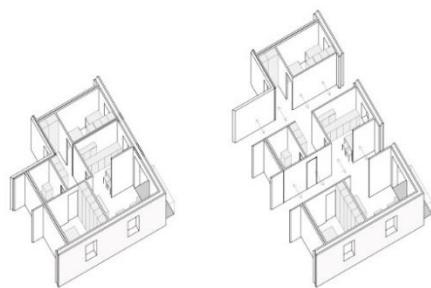
**Architektur** Johannes Kaufmann Architektur | Dornbirn

Wohnen 500 ist ein Programm eines Vorarlberger gemeinnützigen Bauträgers. Ziel ist es, Wohnungen um ein Gesamtentgelt von € 500/Monat an die Bewohner zu vermieten. Zu diesem Preis bekommt der Mieter eine 65 m<sup>2</sup> große Wohnung incl. Betriebskosten, was eine m<sup>2</sup>-Miete von ca. 7,60 Euro bedeutet. Möglich sind diese geringen Mietkosten durch die stringente Vorgehensweise, alles wegzulassen was nicht notwendig ist, und eine hohe Vorfertigung in Modulbauweise mit beinahe industriellen Ansätzen der Fertigung. Immer 3 Module zusammengefügt ergeben eine 65 m<sup>2</sup> große Wohneinheit mit 2 Schlafzimmern und einem Koch-Essraum. Kosten – Die Baukosten bei diesem Projekt liegen laut Aussagen des gemeinnützigen Bauträgers um bis zu 20 % unter denen, welche bei herkömmlichen Massiv- oder Holzbauvorhaben zu erzielen sind. Die Gründe dafür sind die rationelle Herstellung und die Tatsache, dass die SUB-Unternehmer aufgrund der Erfahrungen im Modulbau die Vorteile dieser Produktionsmethode erkannt haben.



### GRUNDIDEE

3 Personen  
3 Zimmer Wohnung 65 m<sup>2</sup>  
Wohnen / Kochen / Essen 25,2 m<sup>2</sup>  
Schlafzimmer 12,6 m<sup>2</sup>  
Kinderschlafzimmer 10,7 m<sup>2</sup>  
Badezimmer 4,8 m<sup>2</sup>  
Loggia / Balkon 7,3 m<sup>2</sup>  
Kellergesch. 3,6 m<sup>2</sup>  
Eingang 10,5 m<sup>2</sup>



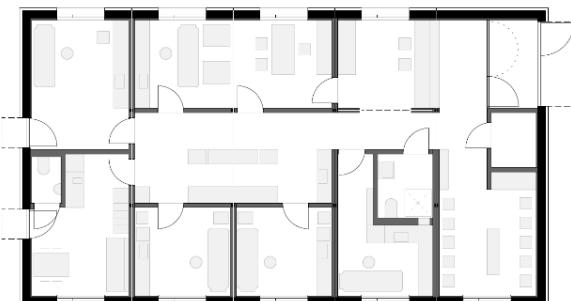
MODULARE BAUWEISE



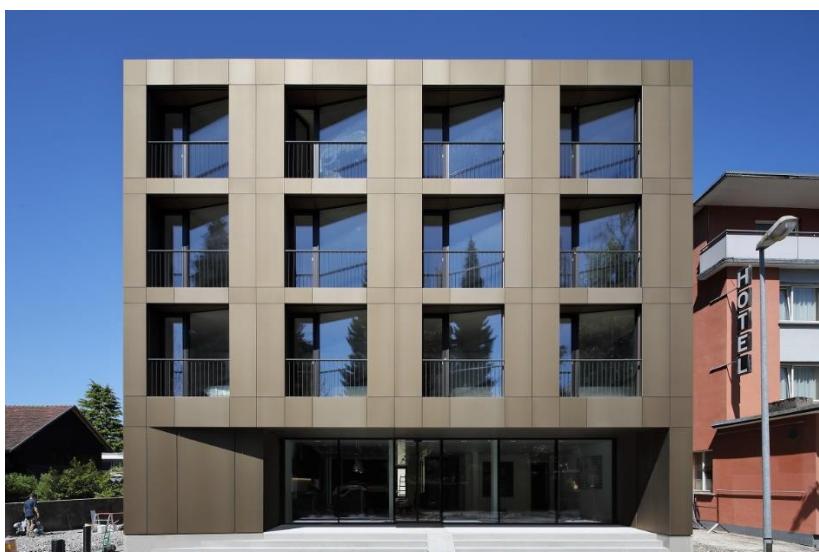
### 3. Arztordination Dornbirn



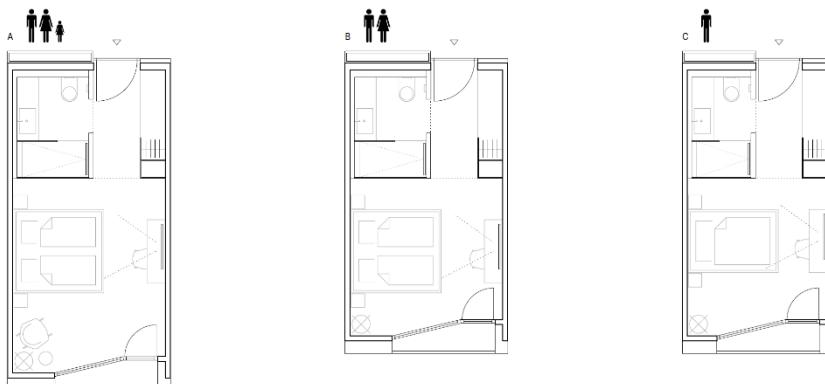
Den idealen Platz für ihre Ordination im Dornbirner Sprengel Schoren zu finden, gestaltete sich für Dr. Johanna Kaufmann-Dreibholz nicht einfach. Entweder war die Lage nicht ideal, oder das Gebäude an sich. Der Ausweg aus dieser Situation: ein nicht bebautes Grundstück zu suchen, das nicht erworben, sondern nur gepachtet wird. Der neue Standort der Praxis ist im Besitz der Stadt Dornbirn, die gleich nach Anfrage der Ärztin das Baurecht auf 20 Jahre einräumte. So wurde eine ungewöhnliche, aber wohl zukunftsträchtige Idee umgesetzt: ein Modulholzbau-Gebäude, das dann in 20 Jahren «demontiert» und an einer anderen Stelle wieder aufgebaut werden kann. So kann das Grundstück lastenfrei bebaut werden und das Gebäude erhält eine zweite Nutzungsperiode. Dabei besteht der eingeschossige Baukörper aus fünf einzelnen Modulen, die vor Ort zusammengesetzt wurden und nun die Ordination mit einer Nutzfläche von ca. 150 m<sup>2</sup> bilden.



## 4. Hotel Katharinenhof – Dornbirn



Neben dem bestehenden Hotel Katharinenhof in Dornbirn wird der Hotelneubau mit 39 Zimmern realisiert. Der Entwurf sieht einen viergeschossigen Kubus mit Metallfassade vor. Die Zugänge im Erdgeschoss sind durch Ausnehmungen klar definiert. Bei den Zimmergeschossen wird die strenge Form des Volumens durch ein gezieltes Ausdrehen der Glaselemente aufgebrochen. Diese Bereiche bilden kleine Außenbereiche, die dem Besucher als Terrasse dienen. Die Konstruktion des Hotels wird in Holzmodulbauweise realisiert. Dies ermöglicht ein Höchstmaß an Vorfertigung und Präzision bei der Fertigung der Zimmereinheiten. Auch die Bauzeit wird auf diese Weise erheblich verkürzt.



## 5. Pflegeheim Antoniushaus – Feldkirch



Von Ferne sichtbar, prominent in südostseitiger Hanglage am Blasenberg, an der Schnittstelle von kleinteiliger Bebauungsstruktur und freier Naturlandschaft mit Streuobstwiesen steht das Antoniushaus. Das Seniorenheim mit Kindergarten wird nicht nur renoviert, sondern auch vergrößert, das Bauvolumen verdoppelt. Der Neubau wird anstelle des Abbruchgebäudes südwestlich des Altbau situiert, umgreift ihn in einer Spange und bildet somit einen funktionalen Gesamtkomplex. Das äußere Erscheinungsbild des Altbau mit seiner Lochfassade wird beim Neubau übernommen und neu interpretiert. Der Neubau ist als Holzbau konzipiert, mit Aussteifungskern in Sichtbeton und vorgefertigten Holzboxen. Die Argumente für die Modulbauweise waren der hohe Wiederholungsfaktor von immer gleichen Zimmern, die geforderte Bauzeit von nur einem Jahr, die Beanspruchung der Anrainer und verkehrstechnische Lage. Die Boxen wurden fix fertig, inklusive aller Installationen geliefert und aneinander gestapelt. Akustisch beste Werte ergeben sich durch die Zweischaligkeit. Jedes Zimmer grenzt mit Luftzwischenraum an das andere, die tragenden Längswände stehen auf Neopren-Lagern übereinander. Die Holzfassade kommt ebenfalls als fertiges Dämmpaketelement auf die Baustelle.



## 6. Ferienhaus Islen



Der zweigeschossige Baukörper mit Giebeldach setzte sich aus vier vorgefertigten Modulboxen aus Holz («TINN»-Modulsystem) zusammen. Ihnen ist ein für den Bregenzerwald typischer Schopf vorgelagert. Dieser übernimmt wichtige Funktionen, wie den Zugang ins Haus, bietet zudem Platz für einen gemütlichen Hock, für eine Sauna und für Stauraum. Die glatte und feine Fichtenholz-Fassade bildet einen reizvollen Kontrast zum Holzscreen, der Einblicke verhindert und funktionale Öffnungen verdeckt. Die verwendeten Materialien geben dem Ferienhaus ein für die Region typisches Erscheinungsbild. Große Fenster bieten Ausblicke in die Landschaft.



## 7. Modulsystem PURE LIVIN



### Das Multitalent Wohnraummodul

purelivin ist ein revolutionär neuer Ansatz für Bauen und Wohnen. Seriell vorgefertigte, komplette Wohnraummodule aus Massivholz werden nach dem Prinzip „Plug & Play“ zu multifunktionalen Wohneinheiten kombiniert. Das Ergebnis sind Räume und Gebäude, die nicht nur ein modernes und besonderes Ambiente garantieren, sondern auch ganz entscheidende Vorteile in Sachen Gesundheit, Raumklima und Werthaltigkeit haben.

purelivin steht für klimapositives Bauen. Holz massiv in Kombination mit der seriellen **Vorfertigung** in herausragender Qualität ermöglicht kurze Bauzeiten, reduziert Immissionen vor Ort auf ein Minimum und schafft Wohneinheiten, die zu beinahe 100 % wiederverwertbar sind.

- » Es ist **einfach und schnell**
- » Es hat eine **hohe Qualität**
- » Es kann auch „**Höhe**“
- » Es ist **genauestens kalkulierbar**
- » Es ist **vielseitig einsetzbar**
- » Es ist **nachhaltig**
- » Es ist **klimapositiv**

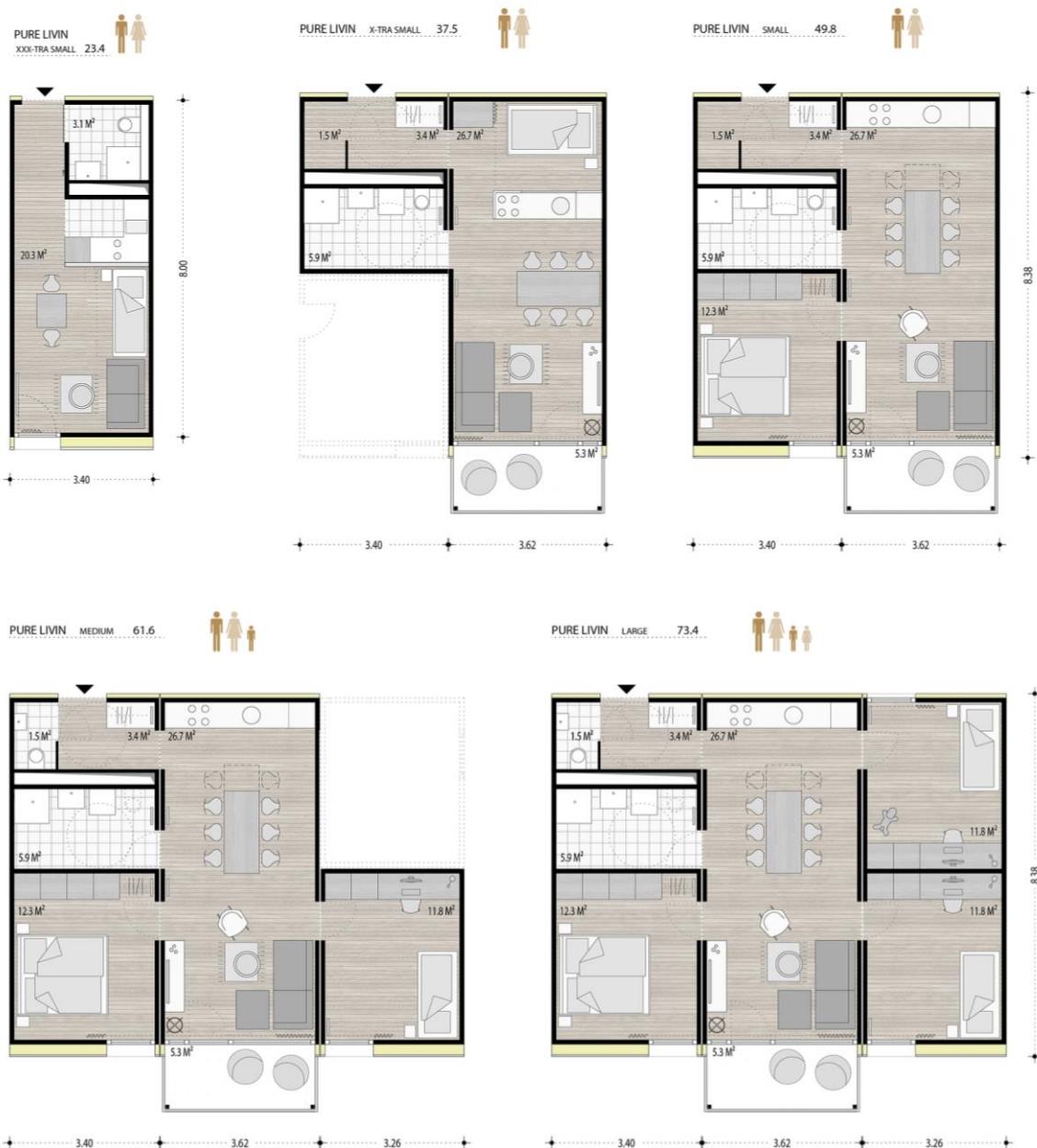
### Drei Basismodule



Die purelivin Wohnungen wurden so optimiert, dass eine bestmögliche Flächeneffizienz in den Wohnungsgrößen gegeben ist. Eine 1-Zi WE hat 37 m<sup>2</sup>, eine 2-Zi WE hat 50 m<sup>2</sup>, eine 3-Zi WE hat 62 m<sup>2</sup> und eine 4-Zi WE hat gerade einmal 73 m<sup>2</sup>. Noch effizienter geht kaum. Das ist unser Beitrag zum Thema leistbares Wohnen in Eigentum und Miete. Dabei sind alle Wohnungen barrierefrei.

Die Standardmodule und Grundrisse können aufgrund von baurechtlichen, städtebaulichen und planerischen Anforderungen auch individualisiert werden. So entsteht ein Wohnkonzept ganz nach Ihren Vorstellungen.

## Wohnungsvarianten



» VIELFÄLTIGE **NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN**  
UND STÄDTEPLANERISCHE FREIHEIT. «

Punktbebauung



Zeilenbebauung



Punktbebauung zentriert



L-Bebauung



**Individualität in der Innenraumgestaltung**

Im Innenraum sind der Kreativität fast keine Grenzen gesetzt. Die Innenwände und Decken können wahlweise in Sichtholz, Holz lasiert, Gipskarton gespachtelt und gemalt oder in einer Kombination aus Holz und Gipskarton ausgeführt werden. Böden in Vollholzparkett, Laminat, Fliesen/Keramik oder Feinsteinzeug. Sanitärbereiche mit Fliesen, Feinsteinzeug oder HPL-Platten. Sanitärgegenstände sind frei wählbar, auch bodengleiche Duschen sind möglich.

**Flexibilität in der Außengestaltung**

Durch das hinterlüftete Fassadenkonzept sind je nach architektonischem Entwurf unterschiedliche Materialien von Holz über Aluminium bis hin zu Naturschiefer zur Fassadengestaltung möglich. purelivin richtet sich hier nach den Vorgaben des Bauherrn und des Außenraumes.



## 8. Bürogebäude Kaufmann Bausysteme – Bregenzerwald

Am Ortseingang entstand ein Bürogebäude für Kaufmann Bausysteme, welche sich vorrangig mit vorgefertigten Holzmodulbauten beschäftigen. Daher lag die Entscheidung zur Konstruktionsmethode nahe, alles mit Rahmenmodulen zu konstruieren, um die Bauzeit kurz zu halten. Ein Längsbaukörper mit 2 Treppenhäusern, welche die Quer- und Längsaussteifung übernehmen, beinhalten über 2 Geschoße flexible, Bürostrukturen, welche sich in den Kopfbauten sowie im Mittelbau befinden. Eine disziplinierte, logische Konstruktion aus einer Mischung aus BSH-Trägern, BSP-Platten und Holzrahmenbau bilden das tragende Skelett, welches im Inneren spürbar in Erscheinung tritt



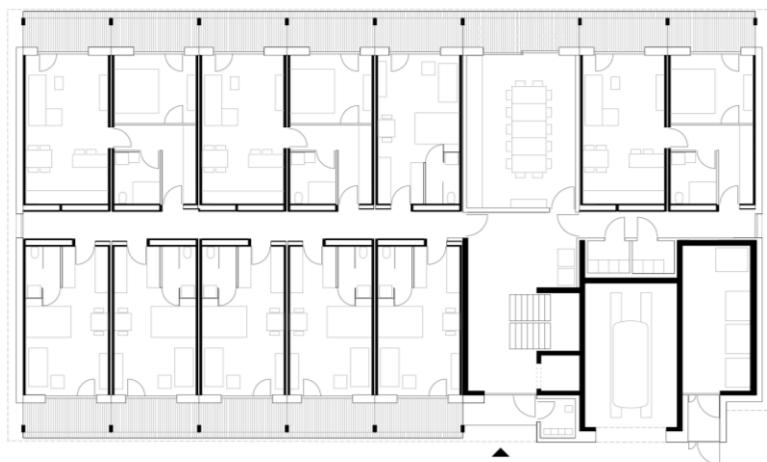
## 9. Personalhaus Biberkopf – Arlberg

In unmittelbarer Nähe zum Dorfzentrum entstand das «Personalhaus Biberburg» mit 37 Zimmern für die Mitarbeiter des Hotels Biberkopf. Ein viergeschossiger Holzmodulbau (43 Module) steht auf einer zweigeschossigen Tiefgarage, die über eine Brücke und einen Autolift von der oberhalb liegenden Lechtalstraße aus erschlossen wird. Der zurückhaltenden Baukörper in steiler Hanglage bietet einen spektakulären Blick ins Lechtal und auf den Biberkopf



### Kurzbeschreibung

In unmittelbarer Nähe zum Dorfzentrum entstand das „Personalhaus Biberburg“ mit 37 Zimmern für die Mitarbeiter des Hotels Biberkopf. Ein viergeschossiger Holzmodulbau (43 Module) steht auf einer zweigeschossigen Tiefgarage, die über eine Brücke und einen Autolift von der oberhalb liegenden Lechtalstraße aus erschlossen wird. Der zurückhaltenden Baukörper in steiler Hanglage bietet einen spektakulären Blick ins Lechtal und auf den Biberkopf.



**Block B3**

**Intelligente und energieeffiziente  
Gebäudehüllen für Neubau und Altbau**

## Durch Fassadensanierung zu NettoNull CO<sub>2</sub>?

Karl Viridén  
Viridén + Partner AG  
Zürich, Schweiz



# Durch Fassadensanierung zu NettoNull CO<sub>2</sub>?

## 1. Aktive Glasfassade

### 1.1. Projekt Hofwiesen-/ Rothstrassestrasse in Zürich

Für die zwei zusammengebauten Mehrfamilienhäuser aus den 1980er Jahren an der Hofwiesenstrasse 22 und Rothstrasse 48 in Zürich wurde ein gesamtheitliches Sanierungs-konzept mit einer optimalen Gebäudehülle und intelligenter Haustechnik erstellt. Auf der bestehenden Gebäudefläche wurde eine Verdichtung (räumliche Erweiterung) um zwei Geschosse vorgenommen.

Geplant war die Renovierung der 22 bestehenden Wohnungen sowie die Erweiterung um acht weitere Wohnungen in Holzelementbauweise. Das Gebäude hat eine hinterlüftete «aktive Glasfassade» und fügt sich in den urbanen Kontext mitten in Zürich ein. Diese dynamische Glasfassade produziert mit einer Leistung von 110 W/m<sup>2</sup> Photovoltaikstrom und verwandelt das Gebäude nach der Renovierung praktisch zum PlusEnergieBau.

Das Projekt animiert Architekten und Planern in Zukunft hinterlüftete Fassaden vor allem als «aktive Glasfassaden» zu planen. Wenn dies bei einer Renovierung (mit einer komplizierten Fassadenhülle) möglich ist, ist dies bei jedem neuen Gebäude einfach möglich.

Die sanierten Gebäude unterschreitet 48,0 kWh/m<sup>2</sup>a an nicht erneuerbaren Primärenergie den Zielwert um 60% des SIA 2040 «SIA Effizienzpfad Energie». Bei der Treibhausgasemission wird der Zielwert um 39% mit 9,2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente/m<sup>2</sup>a unterschritten.



Abbildung 1: Die beiden sanierten Mehrfamilienhäuser an der Hofwiesen-/Rothstrasse in Zürich

### 1.2. Projekt Seewadelstrasse, Affoltern am Albis

Das Mehrfamilienhaus an der Seewadelstrasse 9 in Affoltern am Albis wurde im Jahr 1961 erstellt. Aufgrund der strukturellen Nachteile des bestehenden Gebäudes und einer detaillierten Beurteilung, hat die Eigentümerschaft (Private) entschieden, den Altbau durch einen Ersatzneubau mit 14 Wohnungen zu ersetzen.

Der Ersatzneubau ist ein kompaktes dreigeschossiges Gebäude mit einem dreiseitig rückspringenden Attikageschoss. Das Gebäude liegt parallel entlang der Seewadelstrasse. Von der Strasse abgewendet, auf der Südostseite des Gebäudes, befinden sich die Terrassen/Balkone der Wohnungen. Die Tiefgarage ist über eine überdachte Rampe von der Strassenseite her erschlossen. Pro Geschoss sind vier Wohnungen durch das innenliegende Treppenhaus mit Aufzug erschlossen. Der Nasszellenkern ist kompakt und zentral in der Gebäudemitte angeordnet.

Die Konstruktion des Gebäudes ist eine Mischbauweise. Der Treppenhauskern und die Wohnungstrennwände werden vom Unter- bis zum Attikageschoss in Stahlbeton ausgeführt. Die Geschossdecken sind ebenfalls, mit Ausnahme der obersten Dachkonstruktion, in Stahlbeton ausgeführt. Die Betondecken werden entlang der Fassade mit Betonstützen statisch abgestützt. Die Außenwände und die Dachkonstruktion vom Attikageschoss sind in Holzbauweise ausgeführt, mit einem hohen Vorfabrikationsgrad. Alle tragenden Innenwände mit Ausnahme im Dachgeschoss werden in Backstein oder Beton und alle nicht tragenden Innenwände in Gipsleichtbau ausgeführt.

An Stelle einer verputzten Fassadenhaut wurde allseitig eine vorgehängte hinterlüftete Fassadenkonstruktion mit einer solaraktiven Glasbekleidung verwendet.



Abbildung 2: Der Ersatzneubau Seewadelstrasse in Affoltern am Albis

### 1.3. Projekt NettoNull CO<sub>2</sub>, Zürich

Der Ersatzneubau steht kurz vor Baubeginn. Das 6-geschossige Gebäude mit Dachgeschoss umfasst 36 Wohnungen und liegt in einem ehemaligen Sumpfgebiet. Durch den Verzicht eines Untergeschosses konnte auf viel Graue Energie verzichtet werden. Das Erdgeschoss ist betoniert und weißt eine spezielle Bodenkonstruktion auf, damit keine Fundation im Grundwasser vorgenommen werden müssen.

Die Ober- und das Dachgeschoss werden in Holz-Elementbauweise ausgeführt. Die Photovoltaikfassade wurde zusammen mit einer Künstlerin entwickelt.



Abbildung 3: Ersatzneubau NettoNull CO<sub>2</sub> in Zürich

# **Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Holzfassaden mit integrierter Lüftung und Kleinst- Wärmepumpe**

Samuel Breuss  
Energieeffizientes Bauen/UIBK  
Innsbruck, Österreich

Mattias Rothbacher  
Ingenieurbüro Rothbacher GmbH  
Zell am See, Österreich

Fabian Ochs  
Energieeffizientes Bauen/UIBK  
Innsbruck, Österreich



# **Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit vorgefertigten Holzfassaden mit integrierter Lüftung und Kleinst-Wärmepumpe**

## **1. Einleitung und Motivation**

Bei der Sanierung von Geschoßwohnbauten, welche häufig kleine Wohnungen mit sehr inhomogener Wärmeversorgung aufweisen (Gas-, Öl- oder Stückholz-Einzelöfen, Elektroboiler usw., vgl. z.B. EU-Projekt Sinfonia) zeigt sich, dass eine Gesamtsanierung inklusive Umstellung auf zentrale Heizung und TWW-Versorgung mit z.B. Fernwärmeveranschluss, Biomassekessel (ggf. in Verbindung mit Solarthermie) oder zentrale Luft-, Erdreich- oder Grundwasserwärmepumpe i.d.R. nicht möglich ist. Gerade für die häufig im sozialen Wohnbau vorkommenden kleinen Wohneinheiten scheiden am Markt verfügbare dezentrale Lösungen aus Platz- und Kostengründen häufig aus.

Die erforderlichen Sanierungsrate für die Erreichung der Klimaschutzziele bei der dafür notwendigen Qualität und Geschwindigkeit kann nur durch serielle Sanierung z.B. mittels vorgefertigter Holzfassaden gelingen.

Um eine minimal invasive serielle Sanierung und einen Umstieg auf ein nachhaltiges Heizsystem im bewohnten Zustand zu ermöglichen müssen also möglichst kompakte Lösungen gefunden werden, die dann zumindest partiell vorgefertigt in die Fassade implementiert werden können. Dies kann die Integration von Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung, von Wärmepumpen bzw. Komponenten von Wärmepumpen oder auch eine Kombination aus beiden Einheiten beinhalten.

Die Herausforderung ist die architektonisch ansprechende Integration sowie die Einhaltung des Schallschutzes, sowohl in der Wohnung als auch im freien an der Grenze zur Nachbarbebauung.

Die Verlagerung der technischen Komponenten in die Außenfassade bringt den Vorteil mit sich, dass die Geräuschentwicklung zu einem großen Teil im Freien stattfindet. Dadurch ist im Gebäudeinneren grundsätzlich eine geringere Lärmelastung gegeben. In hoch verdichteten Gebieten ist eine sorgfältige Planung des Schallschutzes bzw. Nachbarschaftsschutzes erforderlich.

Eine wesentliche Aufgabe ist die Ermöglichung des Zugangs für Wartung und Reparatur z.B. über Laubengänge, Balkone oder ggf. über mobile Steiggeräte, Hebebühnen, etc..

## **2. Beispielgebäude**

Um ein breit anwendbares Sanierungskonzept entwickeln zu können und um die verschiedenen Möglichkeiten von fassadenintegrierten HLK-Systemen zu entwickeln und zu dimensionieren ist ein Referenzgebäude definiert worden, welches unter verschiedenen Randbedingungen in Bezug auf technische und nicht-technische Vorgaben und Randbedingungen untersucht werden kann.

Abbildung 1 zeigt das Referenzgebäude, ein typisches mehrgeschossiges Wohnhaus (MFH) mit zehn Wohnungen (d.h. zwei symmetrischen Wohnungen pro Etage). Die untersuchte Wohnung (Wohnnutzfläche 70,8 m<sup>2</sup>) besteht aus sechs Zonen: Küche (KÜ), Schlafzimmer (SZ), Korridor (KO), Bad (BA), Kinderzimmer (KZ) und Wohnzimmer (WZ). Dieses Gebäude wurde auf Basis von typischen Wohnungsgrundrissen bzw. Gebäudetopologien des EU-Projekts Sinfonia (in dem großflächig in Innsbruck und Bozen Sanierungslösungen umgesetzt werden) entwickelt. Der Grundriss des Gebäudes kam zuvor bereits beim «Component Award 2016» (Passivhausinstitut, 2018) zur Anwendung. Der Grundriss entspricht einer typischen kleinen Wohnung im sozialen Wohnbau. Es gibt keinen Technikraum und kaum Platz für Installationen innerhalb der Küche oder des Bads. Im Bad ist

ggf. Platz für einen kleinen Warmwasserspeicher über der Waschmaschine. Eine decken-hängende Lüftung kann in der Küche oder im Korridor untergebracht werden. Typischerweise finden sich auch Wohnungen, die noch mit Einzelöfen geheizt werden, d.h. ein wassergeführtes Heizsystem ist nicht vorhanden. Eine wohnungsweises Heizsystem ist in der Wohnung kaum unterzubringen.

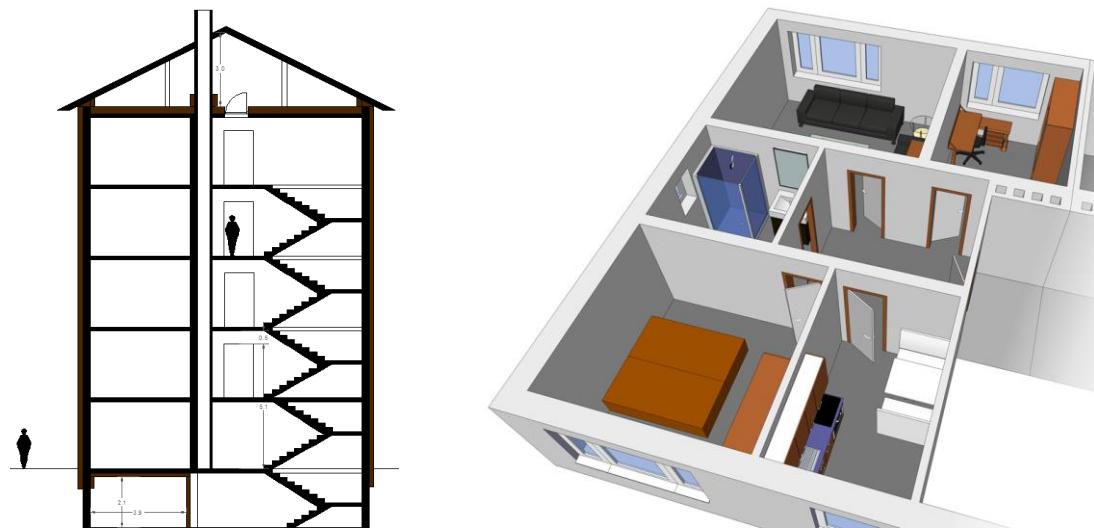


Abbildung 1: Mehrfamilienhaus Schnitt (links) (in Anlehnung an (Passivhausinstitut, 2018)), 3D Ansicht einer Wohnung (Wohnnutzfläche 70,8 m<sup>2</sup>) mit sechs Räumen (rechts); FFG Projekt SaLÜH!

### 3. Beispiele Fassadenintegrierter Komponenten

Bei Sanierungsprojekten ist der zur Verfügung stehende Raum oft begrenzt und typischerweise ist kein zusätzlicher Platz für HLK-Systeme vorhanden. Dadurch bietet sich die Fassadenintegration von Komponenten der Lüftung mit Wärmerückgewinnung oder Komponenten für die Heizung häufig als einzige Lösung an. Im Folgenden werden drei Beispiele gezeigt von Holzfassaden mit aktiven Komponenten.

#### 3.1. Holzfassadenelement mit Lüftung mit WRG

Es bietet sich an das Lüftungsgerät sowie die Luftverteilungskanäle so weit wie möglich in die vorgefertigte Holzfassade zu integrieren, wie in Abb.1.a gezeigt. Die mechanische Lüftungs- und Wärmerückgewinnungseinheit befindet sich innerhalb der Dämmschicht der neuen Gebäudehülle. Zugang von der Außenseite muss möglich sein. In diesem Beispiel werden die Zuluftkanäle mit der vorerwärmten Zuluft direkt nach innen geführt. Bei der Verlegung der Kanäle in der Fassade ist eine ordnungsgemäße Dimensionierung und Planung erforderlich, um einen hohen Druckverlust und hohe Wärmeverluste zu vermeiden.

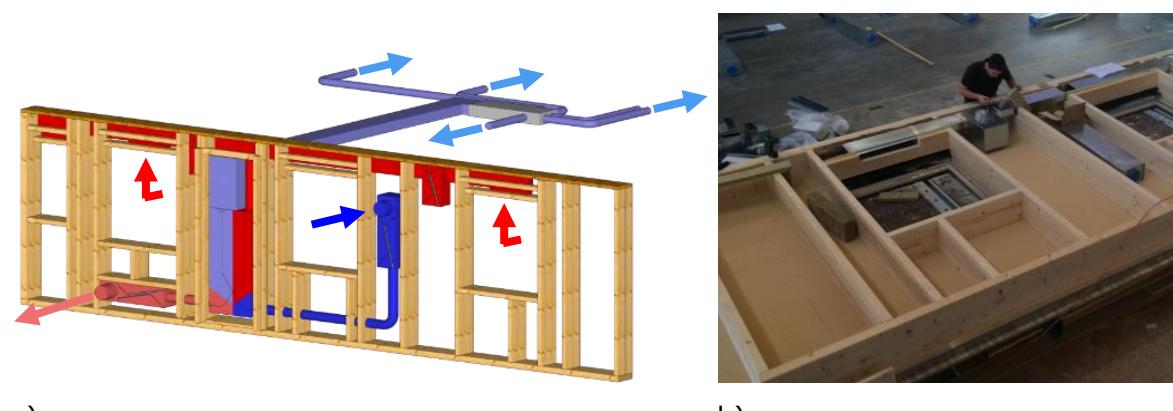
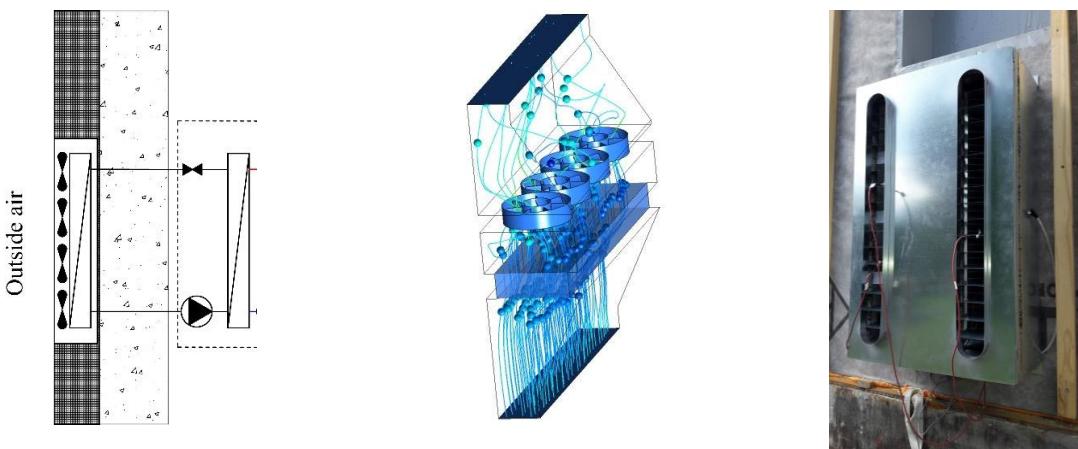


Abbildung 2: Holzfassade mit integrierter Lüftung mit WRG a) keine Abluft-Kanäle in den Wohnungen, Verteilung über die Fassade, Auslässe in den Fensterbänken. Ein Durchbruch für die Zuluft, Verteilung im Korridor b) Mock-Up der Fassadenintegrierten Lüftung während der Fertigung; fp7 Projekt iNSPiRe / Gumpf & Maier

### 3.2. Fassade mit integrierter Wärmepumpe-Außeneinheit

Eine vielversprechende Lösung sind sogenannte Mini-Split-Wärmepumpen, weil diese aufgrund der extrem hohen Stückzahl zu geringen Preisen verfügbar sind. Wärmepumpen mit kleinen Leistungen (im Bereich unter 2,0 kW) können kompakt und kostengünstig ausgeführt werden und bieten damit neue Möglichkeiten. Eine tatsächliche Alternative stellen diese Systeme aber nur dar, wenn die Akzeptanz dafür durch Modularisierung, verbessertes Design, architektonisch attraktive Integration in die Gebäudehülle und deutlich reduzierte Schallemissionen erhöht werden kann. Abbildung 3 zeigt einen Prototypen einer Fassadenintegrierten Außeneinheit mit 4 Axialventilatoren, wobei der Kompressor bei diesem Konzept sich in der Inneneinheit befindet. Bei kleinen Leistungen und entsprechend geringen Kältemittelmengen ist eine Ausführung mit dem alternativen Kältemittel R290 möglich (max. 150 g).



Schematische Darstellung der Split-Wärmepumpe mit fassadenintegrierter Außeneinheit

Optimierung der Luftführung und Minimierung der Schallemissionen

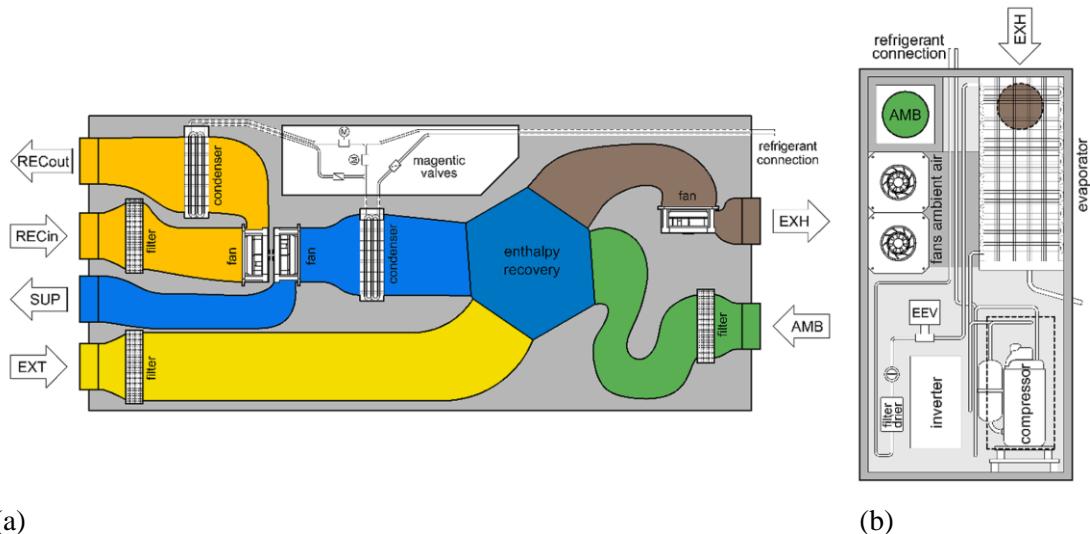
Mock-up eines Fassadenelements für serielle Sanierung in der PASSYS Testzelle (UIBK)

Abbildung 3: Fassade mit fassadenintegrierter Außeneinheit einer Split-Wärmepumpe; FFG Projekt FiTNeS / Drexel und Weiss

### 3.3. Kombinierte Lüftung mit WRG und Wärmepumpe

Insbesondere in den Sanierungsfällen bei denen kein wassergeführtes Heizsystem vorhanden ist, ist die Kombination von vorgefertigten Holzfassaden mit integrierter Lüftungs- und Wärmepumpeneinheit sinnvoll. Verschiedene Konzepte wurden entwickelt und getestet. Für kleine Leistungen im Bereich 1 bis 1,5 kW ist eine kompakte in die Fassade integrierte Einheit möglich auf Basis einer Zuluft-Abluft-Wärmepumpe in Verbindung mit einer Lüftung mit WRG. Für größere Leistungen (im Bereich 2,5 kW) sieht das Konzept eine Zuluft-/Fortluft-Wärmepumpe nach dem Prinzip eines Wärmepumpen-Splitgeräts vor, wobei die Inneneinheit z.B. deckenhängend in der Küche installiert wird und die Außeneinheit mit Kompressor in der Holzrahmenfassade vorinstalliert wird.

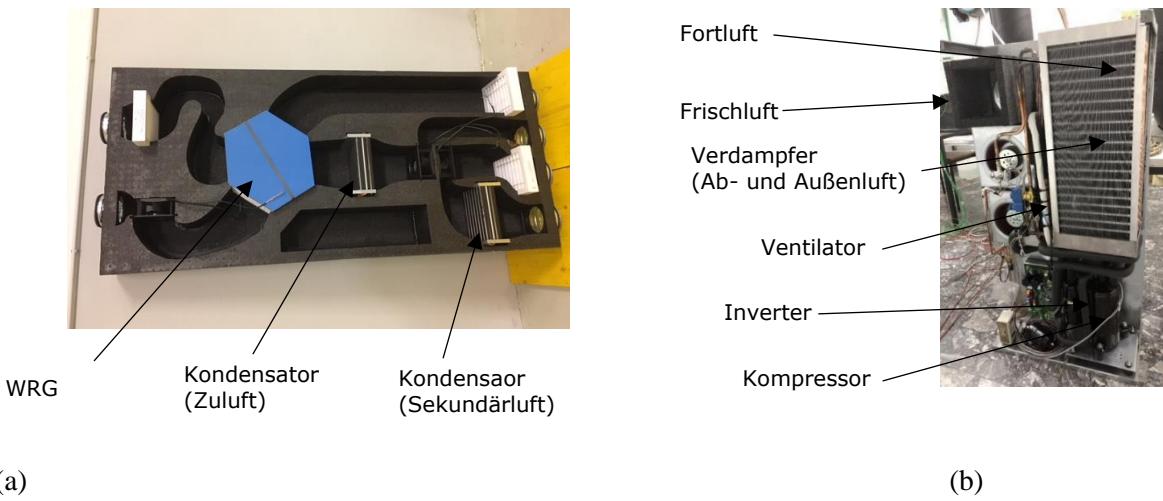
Abbildung 4(a) und Abbildung 5(a) zeigen eine Skizze bzw. ein Foto des Funktionsmusters des Innengeräts. Die fassadenintegrierte Außeneinheit (siehe Abbildung 4(b) und Abbildung 5(b)) umfasst den Verdampfer, den Kompressor und den Wechselrichter. Die Abluft strömt über den oberen Teil des Verdampfers. Während des Wärmepumpenbetriebs wird ein geringer Volumenstrom von 35 m<sup>3</sup>/h Umgebungsluft zur Kühlung des Kompressors und des Inverters aufrechterhalten. Bei Bedarf kann zusätzliche Umgebungsluft verwendet werden, um die Heizleistung zu erhöhen. Zur Steuerung der Überhitzung wird ein elektrisches Expansionsventil (EEV) eingesetzt. Der Verdampfer ist ein Platten-Rippen-Röhren-Wärmetauscher. Es fallen durch den Wärmepumpenbetrieb mit Fortluft erhebliche Mengen an Kondensat an, die entsprechend abgeführt werden müssen (bzw. es führt zur Vereisung des Verdampfers, entsprechend müssen Abtauzyklen berücksichtigt werden).



(a)

(b)

Abbildung 4: Schema der Innen- (a) und Außengeräte (b) der Split-WP mit fassadenintegrierter Außeneinheit einer Zuluft-Fortluft-Wärmepumpe mit Sekundärluftzirkulation; FFG Projekt SaLÜH!



(a)

(b)

Abbildung 5: Funktionsmuster (a) des Innengeräts mit Kompressor mit Wärme- bzw. Feuchteübertrager, Zuluftkondensator und Sekundärluftkondensator sowie integriertem Schalldämpfer und (b) der fassadenintegrierten Außeneinheit mit Verdampfer, Kompressor und Inverter; FFG Projekt SaLÜH! / Siko Energiesysteme

Ein Mock-Up einer fassadenintegrierten Außeneinheit wurde in der PASSYS Testzelle der UIBK zu Testzwecken installiert, siehe Abbildung 6. Mit diesem Versuch wurde einerseits die Handhabung bei der Installation der Holzrahmenfassade und der Split-Wärmepumpe getestet und andererseits die Funktionalität nachgewiesen. Eine gründliche Untersuchung der bauphysikalischen Details einschließlich der feuchtigkeitsdichten Ausführung ist erforderlich. Ein wichtiger Aspekt der Fassadenintegration ist die Zugänglichkeit und Wartung. Die geeignete Lösung hängt vom Gebäudetyp und insbesondere vom Grundriss ab und muss individuell nachgewiesen werden. Bei Gebäuden mit nicht mehr als vier bis fünf Stockwerken ist der Zugang von außen meist mit einer mobilen Hubarbeitsbühne möglich. Bei höheren Gebäuden oder wenn der Zugang von außen schwierig ist, kann ein Zugang über einen Balkon eine gute Möglichkeit sein.



(a)

(b)

(c)

Abbildung 6: PASSYS-Testzelle mit «Coldbox» (a) und Mock-Up eines vorgefertigten Holzfassadenelements mit integriertem Außengerät der Heizungs-Lüftungs-Wärmepumpe in der PASSYS-Testzelle der UIBK (b) Montage des Fassadenelements (c) (Ausführung: Holzbau Kulmer, Österreich); FFG Projekt SaLÜH! / Kulmer

## 4. Schallschutz

Insbesondere im hoch verdichteten städtischen, aber auch im ländlichen Bereich, treffen unterschiedlichste Interessen auf einander wodurch Nutzungskonflikte entstehen. Je höher der Verdichtungsgrad ist, desto wichtiger wird die Schaffung von ausgewiesenen Ruhebereichen.

Fassadenintegrierte Lüftungssysteme und Wärmepumpen müssen bereits in geringen Entferungen sehr niedrige Schallpegel verursachen, welche Bewohner und Nachbarn nicht störend wahrnehmen. Im Vergleich zu zentralen Lüftungssystemen und Luftwärmepumpen besteht der wesentliche Unterschied darin, dass die abgestrahlte Schallleistung mehrerer Geräte auf die gesamte Fassade verteilt wird. Im Zuge einer Sanierung kann die gleichmäßige Belastung aller Bewohner zu einer wesentlich höheren Akzeptanz beitragen.

Wesentlich bei der schalltechnischen Auslegung dezentraler Anlagen ist die Auswahl von Geräten mit möglichst geringer Schallentwicklung. Der Bewohner in der geringsten Entfernung darf durch die Anlage nicht übermäßig belastet werden.

Die TA Lärm definiert Immissionsrichtwerte im Freien und im Gebäudeinneren, sowohl für den Tag- als auch für die Nachtzeit. Den kritischen und somit für die schalltechnische Beurteilung maßgeblichen Fall stellt der Nachtzeitraum dar. Für reine Wohngebiete ist 0,5 m vor dem nächstgelegenen Fenster eines schutzbedürftigen Raumes ein Beurteilungspegel von 35 dB(A) als Gesamtimmission zulässig. Wird der Immissionsrichtwert um mindestens 6 dB unterschritten, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass der hinzukommende Immissionsanteil irrelevant gering ist. Anforderungen für Innenräume sind in der DIN 4109 und in der VDI 4100 geregelt.

Aus dem zulässigen Immissionspegel im Freien, der Entfernung zum nächstgelegenen Immissionsort  $s_m$  und dem Raumwinkelmaß  $K_0$  aus der Aufstellsituation kann der höchstzulässige Schallleistungspegel von fassadenintegrierten Geräten ermittelt werden. Zuschläge für Ton- oder Informationshaltigkeit sind zusätzlich zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Orientierungswerte für den zulässigen Schallleistungspegel für einen Immissionsanteil von 29 dB(A)

Entfernung zum Immissionsort	Raumwinkelmaß $K_0$ in dB		
	«freie Aufstellung»	«vor einer Wand»	«in einer Ecke»
$s_m$ in m	zulässiger Schallleistungspegel in dB(A)		
1,0	37	34	31
2,0	43	40	37
3,0	46	43	40
4,0	49	46	43

Diese Orientierungswerte zeigen, dass für die Akzeptanz von fassadenintegrierten Lüftungsanlagen und Wärmepumpensystemen nur Geräte geeignet sind, welche eine geringe Geräuschentwicklung möglichst ohne Tonhaltigkeit aufweisen.

In einer möglichst frühen Planungsphase sind mögliche Aufstellungsorte unter Berücksichtigung der Lage der Fenster von schutzbedürftigen Räumen und reflektierender Oberflächen zu definieren. Für komplexe Aufstellungssituationen, zum Beispiel in Innenhöfen, werden gegebenenfalls schalltechnische Prognoseberechnungen erforderlich. Zur Sicherstellung des Innenraumschutzes ist neben der Luftschallabstrahlung des Gerätes auch die Körperschallübertragung über Bauteile zu beachten.

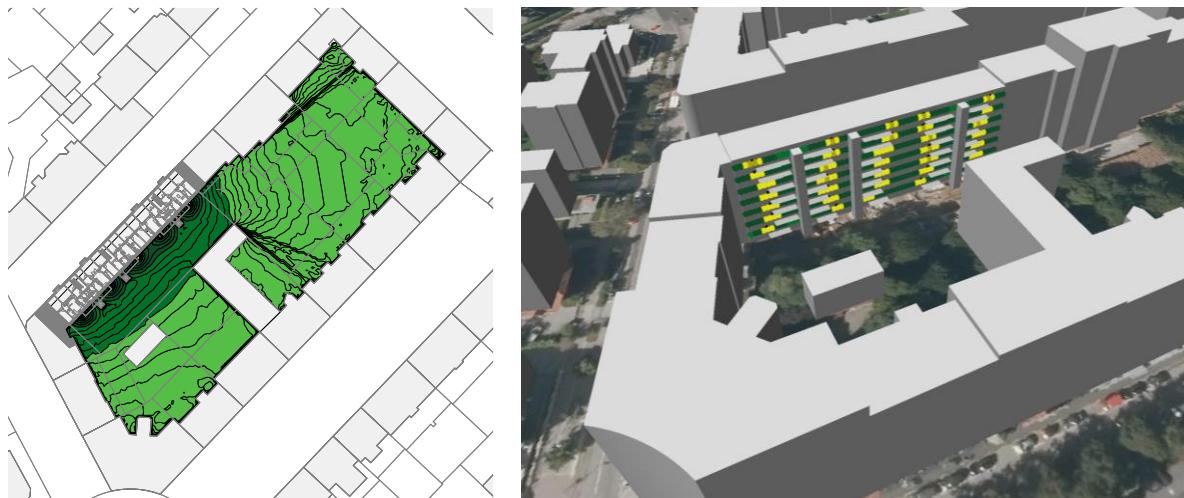


Abbildung 7: Beispielhafte Simulation der Schallausbreitung in einer Innenhofsituation;  
FFG Projekt FiTNeS / Rothbacher

## 5. Schlussfolgerung

Zur Steigerung der Sanierungsrate sind neue minimalinvasive und skalierbare Sanierungsverfahren erforderlich, die innovative Sanierungssysteme für die thermische Hülle inkl. Lüftung mit Wärmerückgewinnung und erneuerbare Wärmeversorgung auf Basis von Wärmepumpen vereinen. Standardisierung und industrielle Vorfertigung von Fassadenelementen ermöglichen eine Reduktion der Kosten bei gleichzeitig niedrigem Aufwand in situ und einer höheren Qualität.

Ein ganzheitlicher und systematischer Ansatz ist erforderlich um die Aspekte der Bauphysik (Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz) lösen zu können, die Effizienz zu optimieren und damit die Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen zu maximieren. Es bleibt eine Herausforderung die Kosten zu minimieren, wobei diese über den Lebenszyklus betrachtet werden sollten. Industrialisierung (serielle Sanierung) wird als entscheidender Schritt dabei gesehen. Die architektonische Gestaltung und ein ansprechendes Design ist Voraussetzung für eine hohe Akzeptanz.

## 6. Referenzen

Die gezeigten Beispiele wurden im Rahmen folgender geförderter Forschungsprojekte entwickelt:

- [1] EU fp7 iNSPiRe: <https://inspire-fp7.eu/>
- [2] FFG SdZ SaLÜH!: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/salueh-sanierung-von-mehrfamilienhaeusern-mit-kleinen-wohnungen-kostenguenstige-technische-loesungsansaetze-fuer-lueftung-heizung-und-warmwasser.php>
- [3] FFG SdZ FiTNeS: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/fitnes.php>

# **TES - Maßanzug für den Wohnungsbau**

**Gebäudemodernisierung mit vorgefertigten Fassadenelementen  
in Holztafelbauweise (TES)**

Alexander Gumpf  
Gumpf & Maier GmbH  
Binswangen, Deutschland



# TES – Maßanzug für den Wohnungsbau

## 1. Gebäu demodernisierung mit vorgefertigten Fassadenelementen in Holztafelbauweise (TES)

Ist es möglich, ein Gebäude, welches das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat, auf den Stand eines Neubaus zu modernisieren, anstatt es abzureißen und neu zu bauen? Die TES Methode gibt darauf eine klare Antwort: Wird das Bestandsgebäude bei einer Modernisierungsmaßnahme ganzheitlich betrachtet und eine tiefgreifende Sanierung durchgeführt, so können Wohnqualität, Nutzungseigenschaften und der Energieverbrauch eines Neubaus erreicht werden. Dabei spart der Bauherr gegenüber einem Ersatzneubau nicht nur bei Baukosten und Bauzeit. Sondern auch der ökologische Fußabdruck der Maßnahme wird auf ein Minimum reduziert, da die bestehende Bausubstanz zum größten Teil erhalten bleibt.

Dass die TES Methode auch im großstädtischen Umfeld erfolgreich angewendet werden kann, zeigte die 2017 durchgeführte Modernisierung in der Unertlstraße in München-Schwabing. Auf unkonventionelle Weise wurde bei den beiden Reihenhäusern der Gebäudemerkmal 5 die Modernisierung mit einer vorgefertigten Holzbaufassade (straßenseitig) und einer WDVS Sanierung (hofseitig) verbunden. Während die Fassadensanierung straßenseitig nach zwei Wochen abgeschlossen war, zogen sich die Arbeiten auf der Hofseite über einen deutlich längeren Zeitraum, mit Unterbrechung wegen eines frühen Wintereinbruchs. Die Fassadengestaltung mit dem TES System erlaubte eine große architektonische Freiheit und die direkte Abtragung der Lasten aus den Balkonen in den Fassadenelementen, während hofseitig wenig Spielraum für eine Neugestaltung war. [Huß 2017]



Abbildung 1: Straßenansicht zweier Wohnhäuser in München, vor und nach der Modernisierung

### 1.1. Nachhaltige Modernisierung mit System

Die TES Modernisierung wurde bereits 2008 an der Technischen Universität München in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Forschung und Holzbaupraxis entwickelt. Das System ist insbesondere auf den Gebäudebestand der 1950er bis 80er Jahre ausgerichtet, welcher bedingt durch zumeist geringen Baustandard einen hohen Energieverbrauch und geringe Nutzungsqualität aufweist. Seit den ersten Anwendungen wurde das TES stetig weiterentwickelt und wird kontinuierlich für die Gebäu demodernisierung genutzt.

Zur Rentabilitätsbeurteilung einer TES Modernisierung ist der gesamte Lebenszyklus der Maßnahme zu betrachten. Hier kommen die geringen Wartungskosten und lange Lebensdauer der Fassadenelemente zum Tragen, welche insbesondere bei Anwendung einer diffusionsoffenen, hinterlüfteten Holzfassade mit einem dauerhaften mineralischen Anstrich

konventionellen Systemen weit überlegen sind. Zudem kann eine räumliche Erweiterung des Gebäudes in einem Zuge mit der Modernisierung erfolgen. Die zusätzlichen Einnahmen aus der so hinzugewonnenen Nutzfläche führen zu einer schnelleren Amortisation der Modernisierungskosten. Für den Bauherren zahlt sich die Entscheidung für eine tiefgehende Sanierung mit der TES-Methode somit auf mehrere Weise aus: Das Gebäude befindet sich nach kürzest möglicher Bauzeit in einem Neubauzustand, wodurch Mietausfälle minimiert und die neue Lebensdauer des Gebäudes maximiert werden. Risiken und Unsicherheiten während der Bauphase werden durch eine vorausgehende, vollständige und integrale Planung minimiert. Die Wartungs- und Betriebskosten nach der Modernisierung sind geringer als zuvor und geringer als bei konventionellen Sanierungsmaßnahmen. Und nicht zuletzt wird durch den Erhalt der Bestandssubstanz und die Verwendung nachhaltiger Baustoffe ein wichtiger Schritt hin zu einer ökologisch verträglichen Baumaßnahme gegangen.

## **1.2. Integraler Planungsprozess: Grundlage der vorgefertigten Bauweise im Bestand**

Bauaufgaben im Bestand sind im Allgemeinen mit großen Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung von Kosten und Dauer der Baumaßnahme behaftet. Großteils ist dies damit verbunden, dass Entscheidungen erst auf der Baustelle getroffen werden. Dagegen ist die Voraussetzung zur Anwendung vorgefertigter Fassadenelemente, dass zunächst eine vollständige Werkplanung erfolgen muss, um die Elemente herstellen und montieren zu können.

Die Modernisierung mit vorgefertigten Holzbauelementen basiert daher auf einem integralen, umfassenden Planungsprozess, bei dem im Vorfeld zur Ausführung alle Gegebenheiten und die entsprechenden baulichen Lösungen festzulegen sind. In den Planungsprozess sind alle Beteiligten einzubeziehen: Architekten, Haustechnik-, Brandschutz- und gegebenenfalls weitere Fachplaner [Lattke 2018]. Ebenfalls sollte möglichst früh im Planungsprozess das ausführende Holzbauunternehmen oder ein erfahrener Holzbauingenieur mit in die Planung einbezogen werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die architektonischen, baurechtlichen und konstruktiven Anforderungen an die Modernisierungsmaßnahme eingehalten werden und eine holzbautechnisch optimierte Lösung erstellt wird. Zentrales Element der integralen Planung bildet das Bestandsmodell, welches für alle Planungsbeteiligten als Grundlage dient. Somit ist die TES Modernisierung für eine Planung mit BIM (Building Information Modeling) prädestiniert, da die maßgebenden Elemente bereits vorhanden sind: Die Planung und Ausführung folgen einem definierten, systematischen, digitalisierten Workflow, die Planung basiert auf einem dreidimensionalen Modell und es sind mehrere Akteure beteiligt, deren Zusammenarbeit auf engem Raum – in den Fassadenelementen – gut abgestimmt und kollisionsfrei erfolgen muss.

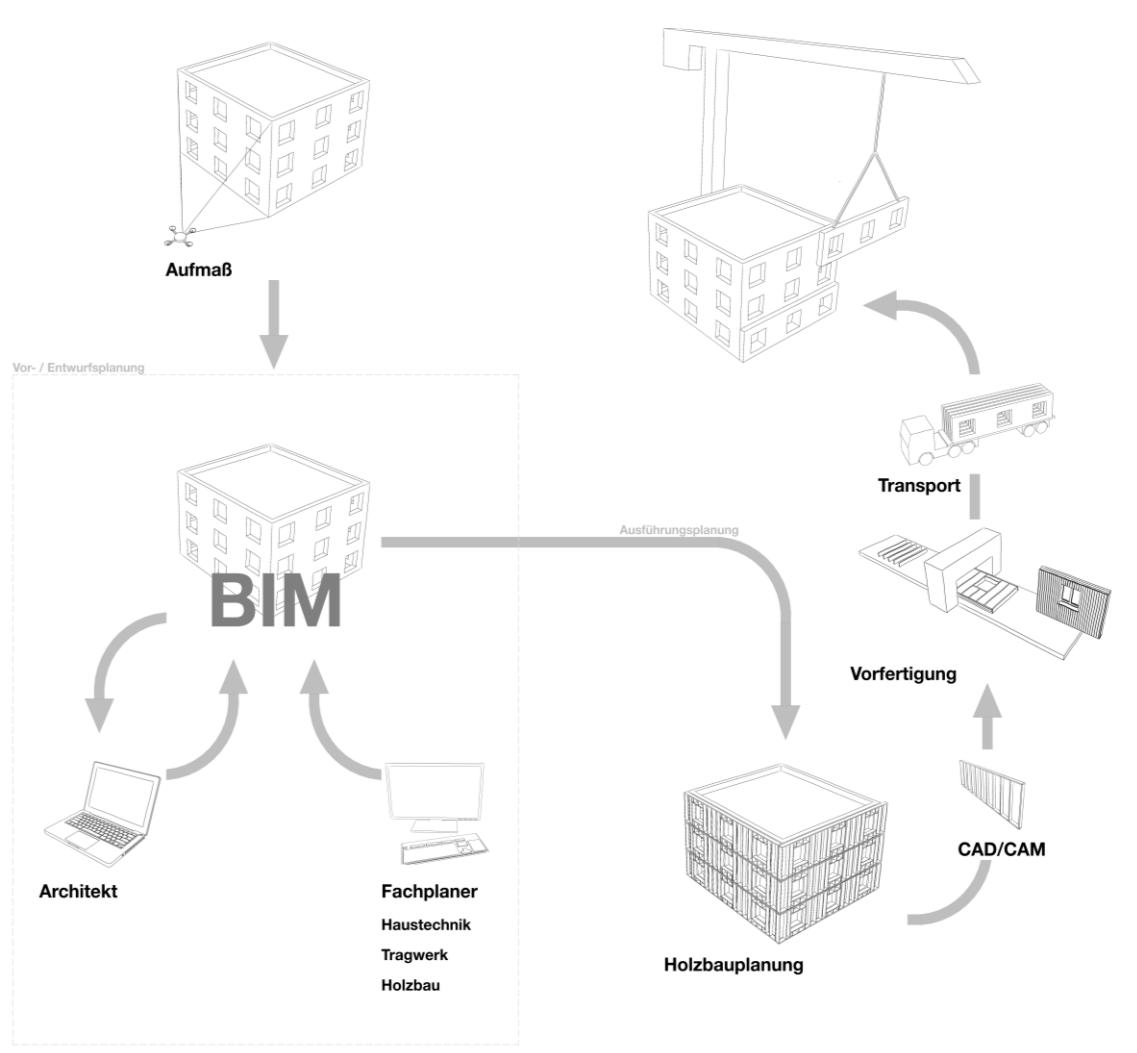


Abbildung 2: TES Prozessgrafik: Aus dem digitalen Aufmaß entsteht das Bestandsmodell, welches die Grundlage für den folgenden, integralen Planungsprozess bildet. Vom Aufmaß bis zur Montage folgt die Modernisierung mit dem Timber Element System (TES) einem systematischen, digitalen Workflow.

### 1.3. Konstruktive Holzbaulösungen für die Modernisierung

Die Konstruktion der TES Fassadenelemente orientiert sich zunächst an der Struktur des bestehenden Gebäudes: An der Größe und Lage der Fensteröffnungen, an den Gebäudeoberflächen und -kanten sowie an der Lage der Deckenplatten und weiterer für die Befestigung der Elemente maßgebender tragender Bauteile.

Die bestehenden Fenster werden zumeist kurz vor Anbringen Fassadenelemente von innen entfernt. Da die bestehenden Fensteröffnungen nicht zwangsläufig in einheitlicher Größe und lotrecht ausgeführt sind, wird ein gemitteltes Fenstermaß bestimmt, so dass die neuen Fenster einheitlich ausgeführt werden können. Um die innere Fensterlaibung auf den Fensterrahmen führen zu können, werden dabei die neuen Fenster kleiner ausgeführt als die bestehenden Fenster. Die Verkleinerung der Fensteröffnungen und die zusätzliche Laibungstiefe führen somit zu einem geringeren Tageslichteinfall, welcher in der Planung zu berücksichtigen ist. Jedoch ist die Prämisse der TES Modernisierung, den Bestand möglichst nicht zu verändern, um die Störung und die Bauzeit vor Ort so gering wie möglich zu halten.

Die für eine TES Modernisierung in Frage kommenden Gebäude weisen in der Regel schwerwiegende Wärmebrücken auf. In den meisten Fällen sind diese auf durchgehende auskragende Geschoßdecken, wie Balkone oder Loggien zurückzuführen. Um die Wärmebrücken zu entfernen, werden die Balkone entweder abgerissen oder mit in die neue Hülle eingebunden. So kann eine Vergrößerung der Wohnfläche erreicht werden. Um die verloren gegangenen Balkonflächen zu ersetzen, können neue Konstruktionen wie gestützte Stahlbalkone vor das Gebäude gesetzt oder Einzelbalkone mit thermisch getrennten

Anschlüssen ausgeführt werden. Die Holztafelbauweise ermöglicht es beispielsweise, Stahlkonstruktionen direkt an die Holzständer anzuschrauben, ohne dabei Wärmebrücken zu erzeugen.

Neben der Reduktion von Wärmebrücken ist die Luftdichtigkeit maßgebend für den Energiebedarf und ist somit im Zuge der TES Modernisierung sorgfältig zu planen, auszuführen und zu prüfen. Je nach Zustand des Bestandsgebäudes wird die Luftdichtigkeit durch die bestehende Außenwand, die rückseitige Beplankung der Fassadenelemente oder durch eine Folie erfüllt, die um das Bestandsgebäude gehüllt wird. In jedem Fall ist ein sorgfältiger, luftdichter Anschluss zwischen Element und bestehendem Gebäude erforderlich. Insbesondere ist ein Augenmerk auf den luftdichten Anschluss in den Fensterlaibungen und an Durchdringungen zu richten.

Grundsätzlich bestehen an TES Elementen die Brandschutzanforderungen gemäß nichttragender Außenwände im Sinne der Bauordnung. Somit muss auf und in den Fassadenelementen eine Brandausbreitung ausreichend lang begrenzt sein. Die Ausführung aus brennbaren Baustoffen ist zudem in den Gebäudeklassen 4 und 5 nur zulässig, wenn die Fassade als raumabschließendes Bauteil feuerhemmend ist (W-30B). Die Oberflächen müssen schwerentflammbar sein, wobei normalentflammable Dämmstoffe und Unterkonstruktionen zulässig sind, wenn die oben genannte Anforderung an eine Begrenzung der Brandausbreitung nicht verletzt wird. Eine Abweichung in Form von Holzverkleidungen ist möglich, wenn diese durch eine entsprechende konstruktive Ausführung kompensiert wird. (vergleiche [Gräfe et al. 2014], S. 22 ff.)

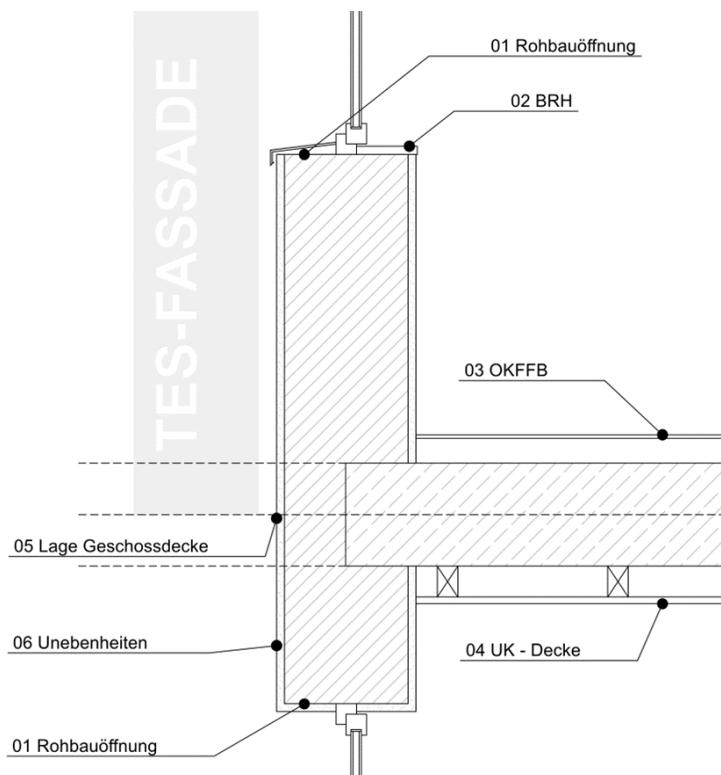


Abbildung 3: Maßgebende Punkte, die während der Bestandsaufnahme vermessen und im Bestandsmodell erkennbar sein müssen



Abbildung 4: CAD/CAM Holzbauplanung der Fassadenelemente auf Basis der Punktfolge des Laserscans



Abbildung 5: Montage TES Element

#### **1.4. Digitaler Workflow von der Bestandsaufnahme bis zur Montage**

Grundlage für die Modernisierung mit einer TES-Fassade ist eine umfassende Bestandsaufnahme, die mit einer grundlegenden Beurteilung des Gebäudezustandes beginnt. Dazu muss eine genaue Untersuchung der Materialien, besonders in den tieferen Schichten, sowie der Gründungsverhältnisse und Tragfähigkeit erfolgen. Gesundheitsgefährdende Stoffe, wie Asbest, können so frühzeitig erkannt und bei der späteren Maßnahme entsprechend entsorgt werden. Die horizontalen Kräfte auf die neue Fassade aus Wind und annehmender Schiefstellung werden in der Regel geschoßweise in die Deckenplatten eingeleitet, während vertikale Kräfte bis zum Fußpunkt der Fassade durchgeleitet werden. Durch Auszugsversuche wird die Tragfähigkeit der bestehenden Konstruktion und die erforderliche Art von Verbindungsmitteln bestimmt. Die vertikalen Lasten, die aus dem

Gewicht der TES-Fassade resultieren, werden in den meisten Fällen über eine Konsole an der Stirnseite der Kellerdecke oder über ein vorgestelltes Streifenfundament direkt in den Sockel eingeleitet und abgetragen. Folglich ist es sinnvoll, bereits in diesem ersten Schritt einen Eindruck von den vorhandenen Bodenverhältnissen zu erlangen. Im weiteren Verlauf wird ein dreidimensionales Bestandsmodell erstellt, welches die Grundlage für die weitere Planung und Ausführung der TES Fassade bildet. Da Planunterlagen des Bestandsgebäudes, sofern sie vorhanden sind, nicht mit der notwendigen Genauigkeit den gebauten Zustand wiedergeben, ist ein Aufmaß erforderlich. Durch das digitale Aufmaß kann die Gebäudegeometrie und die Lage der tragenden Struktur genau erfasst werden. Dabei sind Messtoleranzen in Abhängigkeit von Art des Bauteils einzuhalten, um die Übereinstimmung zwischen Bestandsgebäude und neuer Fassade wie zwischen Stempel und Abdruck zu gewährleisten. Vor allem auf Vor- und Rücksprünge, Größe und Ausrichtung von Öffnungen sowie die Lage der Geschossdecken und der Dachkanten muss ein besonderes Augenmerk bei der Vermessung gelegt werden.

Bei der Vermessung muss die erforderliche Präzision gewährleistet sowie möglicherweise eingeschränkte Zugänglichkeit und Verschattung von Gebäudeteilen bewältigt werden. Bewährt hat sich die Kombination verschiedener Aufmaßmethoden, wie das Aufmaß einzelner Punkte mit einem Tachymeter in Verbindung mit einem 3D-Laserscan. Mit dem Tachymeter werden dabei einzelne, ausgewählte Punkte mit einer hohen Genauigkeit und guten Übersichtlichkeit im Modell vermessen. Durch den 3D-Laserscan können dagegen bessere Aussagen über die Unebenheit von Oberflächen und somit über die notwendigen Toleranzen zwischen Bestand und neuer Fassade getroffen werden, jedoch auf Kosten der Übersichtlichkeit durch die große Anzahl der vorhandenen Punkte. Besonders reibungslos kann das Aufmaß durch direkte Kopplung eines Tachymeters und einer Holzbauplanungssoftware erfolgen, da das Bestandsmodell ohne weitere Nachbearbeitung und Interpretation sofort sichtbar ist und die weitere Planung der Fassade direkt in der gleichen Software und an dem gleichen Modell stattfinden kann. Zur Beurteilung der Unebenheiten können in diesem Fall einzelne Fassadenpunkte zur Kontrolle vermessen werden.

Die Planung der Fensteröffnungen erfordert die Vermessung bestehenden Öffnungen mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$  mm. Die Unebenheiten und Toleranzen der bestehenden Außenwand liegen oft im Bereich von mehreren Zentimetern und sollten mit einer Genauigkeit von  $\pm 4$  mm erfasst werden. Um diese Toleranzen auszugleichen wird ein umlaufender Holzbalken an die Stirnkanten der Geschossdecken geschraubt. Der Spalt, der so zwischen Bestandswand und der neuen TES-Fassade entsteht, wird mit Dämmstoff gefüllt. Dieser Montagebalken dient allerdings nicht nur zum Ausgleich von Toleranzen, sondern vor allem der Ausrichtung und Befestigung der TES-Elemente. Je nach Gebäudetyp, Befestigungsmöglichkeit und statischer Anforderung kann der Montagebalken und somit auch das TES-Element horizontal über ein Geschoss oder vertikal über mehrere Geschosse angebracht werden.



Abbildung 6: Digitales Gebäudeaufmaß mit 3D Laserscan

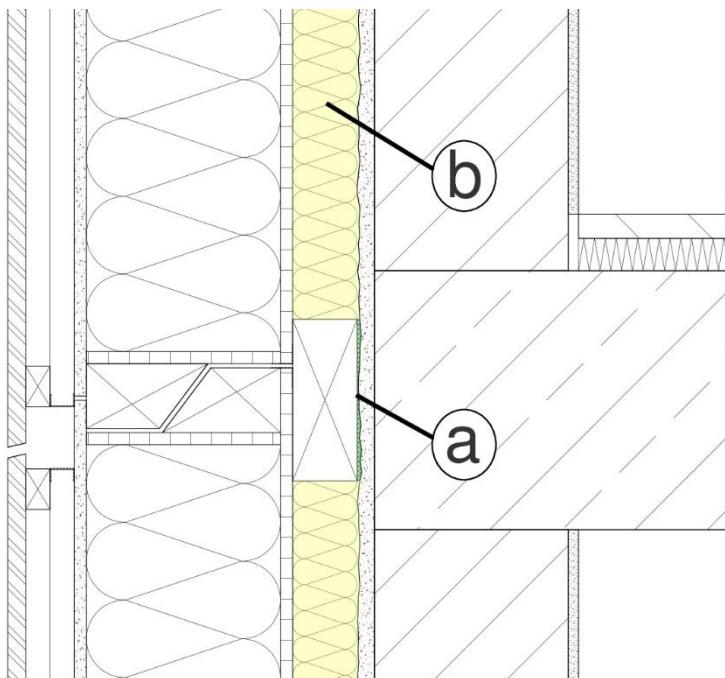


Abbildung 7: Ausgleich der vorhandenen Toleranzen am Bestandsgebäude (a) Die Montagebalken werden durch Abstandhalter ausgerichtet (b) Der verbleibende Hohlraum wird vor Anbringen der Elemente mit Mineralwolle gefüllt

## 1.5. Elementierung und maximaler Vorfertigungsgrad

Die Vorfertigung beinhaltet die Holzrahmenkonstruktion mit innerer und äußerer Beplanung, Dämmung, Unterkonstruktion für die Fassadenbekleidung und wenn möglich die Fassadenbekleidung selbst. Bei anderen Fassadenvarianten müssen die Restarbeiten, wie das Aufbringen der letzten Putzschicht oder das Anbringen der Fassadenplatten nach der Montage der TES-Elemente erfolgen. Daneben werden Fenster und Sonnenschutz in der Vorfertigung montiert. Ebenfalls bereits in der Praxis eingesetzt wurden Elemente, in die haustechnische Komponenten integriert wurden. Diese können dezentrale Lüftungsgeräte

mit Wärmerückgewinnung sein, Lüftungsschächte oder auch Elektro- und Wasserleitungen. Besonders hervorzuheben ist dabei die Möglichkeit, ein Schachtelement herzustellen, das über die TES Fassade den zentralen Haustechnikraum mit den einzelnen Stockwerken verbindet. Durch die Fertigung in der geschützten Umgebung der Werkshalle können komplizierte Anschlüsse ergonomisch und effizient eingebaut werden. Auf der Baustelle wird das Schachtelement in kurzer Zeit montiert und muss lediglich noch an den vorbereiteten Anschlüssen verbunden werden.

Die Elementgröße orientiert sich an den Gegebenheiten aus Geschoss Höhe, Fassadenrucksprünge, möglicher Transportgröße und zulässigem Elementgewicht. Das Ziel ist eine Ausführung mit möglichst wenigen Elementen, da eine größere Elementanzahl direkt mit längeren Produktionszeiten und erhöhtem Logistischen Aufwand verbunden ist. Daraus resultieren in der Regel horizontale Elemente mit einer Höhe von einem Geschoss und einer Länge bis zu 12 Metern.

Dass die genannten Anforderungen auch zu anderen Lösungen führen können, zeigt die Modernisierung mit vertikalen Fassadenelementen in der Unertlstraße. Die straßenseitige Fassade des Reihenmittelhauses ist 17 Meter breit, 18,9 Meter hoch und weist durch den durchgehenden Zwerchgiebel zudem einen Fassadenrucksprung auf. Durch die vertikale Ausrichtung der Elemente konnte somit die Anzahl der notwendigen Fassadenelemente und damit die Bauzeit vor Ort optimiert werden. Die Elemente wurden wie horizontale Elemente gefertigt und erst auf der Baustelle aufgerichtet. «Das führt in der Vorfertigung dazu, dass die Fenster um 90° gedreht eingebaut werden müssen, was aber keine großen Schwierigkeiten bereitet. Die Elemente werden komplett in der Horizontalen vorgefertigt und erst auf der Baustelle in die Vertikale gehoben.» berichtet Alfred Bühler, Leitung der Arbeitsvorbereitung bei der Gumpp & Maier GmbH. Damit die Belastung durch Biegung beim Drehen der Elemente nicht überschritten wurde, musste ein Kipplaster eingesetzt werden, um die Elemente zunächst auf 45° anzuheben, bevor sie weiter mit dem Kran angehoben wurden.

Die Fügung der Elemente erfolgt nach dem Prinzip des Stufenfalzes. Jede Schicht ist am Elementstoß etwas versetzt, wodurch in Verbindung mit der Pressung durch das Elementgewicht die erforderliche Dichtigkeit erreicht wird. Zusätzliche Dichtungen im Elementstoß werden nur benötigt, wenn die OSB Platte an der Elementrückseite die Luftdichtigkeit des gesamten Gebäudes leisten soll. Da die Gummidichtungen den Einbau erschweren, sollten sie nur bei zwingendem Erfordernis eingesetzt werden.



Abbildung 8: vertikaler Elementstoß



Abbildung 9: horizontaler Elementstoß

## 1.6. Logistik des Bauens im Bestand mit vorgefertigten Holzbauelementen

Der Bauablauf einer TES-Modernisierung ist an einen strikten Zeit- und Montageplan gekoppelt. Im ersten Schritt wird der Sockelbereich für die Lastabtragung der TES-Fassade vorbereitet. Das kann durch ein neues Streifenfundament vor der bestehenden Kellerwand oder durch eine Stahlkonsole in der Stirnkante der Kellerdecke erfolgen. Im nächsten Schritt werden die ersten zwei Lagen des Fassadengerüsts aufgestellt und im Anschluss die Bauchbinden eingemessen und mit Schwerlastankern oder Betonschrauben montiert. Der Abstand zwischen der bestehenden Außenwand und dem Fassadengerüst sollte mindestens 50 cm betragen, um das Einheben und das Montieren der Elemente zu gewährleisten.

Nach Anbringen der Montagebalken wird die restliche Fassade flächig mit Mineralwolle bekleidet, um den Hohlraum zwischen TES-Fassade und der bestehenden Außenwand zu schließen und so die Vorgaben an Brand- und Feuchteschutz sicher zu stellen. Kurz vor der Montage der TES-Elemente werden jeweils die betreffenden Bestandsfenster ausgebaut. Nach dem Befestigen der Elemente mittels Holzbauschrauben durch den Obergurt in die Montagebalken können bereits die Laibungen im Inneren geschlossen werden, während bereits die nächsten Elemente montiert werden. Falls notwendig kann auf diese Weise in kurzer Zeit mit nur einmaligem Betreten der Wohnung die neue Fassade und der Fensteraustausch realisiert werden, um die Störung der Bewohner zu minimieren. Die Modernisierung im bewohnten Zustand soll in der folgenden Betrachtung noch einmal beleuchtet werden.

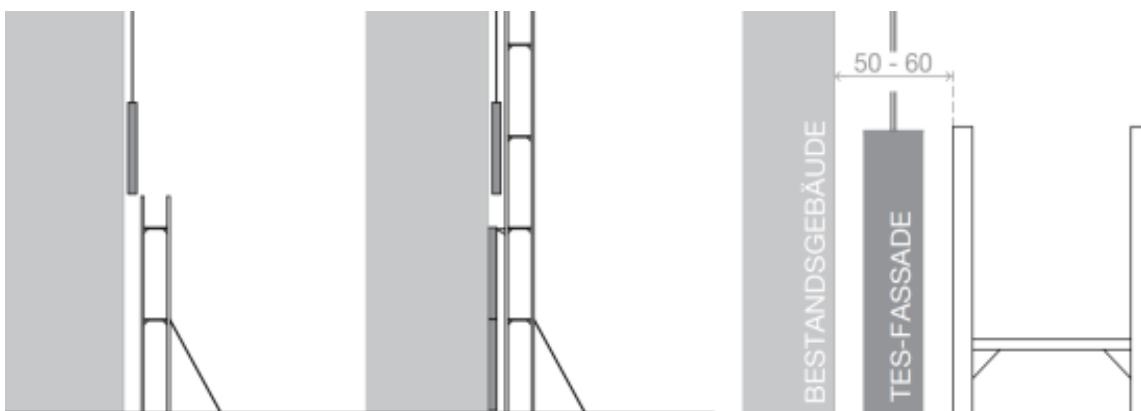


Abbildung 10: Montage der TES Elemente – das Gerüst wächst mit dem Baufortschritt mit

## 1.7. Maßgeschneiderte Lösung ausgerichtet auf Nachhaltigkeit und Effizienz

Mit der TES Methode steht ein systematisiertes Vorgehen zur Verfügung, um eine reibungslose, sichere und finanziell wie ökologisch nachhaltige Modernisierung erfolgreich durchzuführen. Die Grundlage dafür bilden die vollständige Ausführungsplanung im Vorfeld und die Zusammenarbeit in einem integralen Planungsprozess.

Das Ziel einer Modernisierung mit der TES Methode ist es, ein Gebäude, welches das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat, wieder auf einen Neubaustandard zu heben, wodurch das Gebäude eine neue Lebenszeit erhält. Energieverbrauch und Nutzungsqualität sollen mindestens dem erforderlichen Neubaustandard entsprechen. Das zeigt, dass die TES Methode nicht auf eine Minimallösung mit nur der nötigsten Investition für eine kurzzeitige Verbesserung ausgerichtet ist, sondern für Bauherren interessant ist, die eine nachhaltige Lösung anstreben. Die Modernisierung im genutzten oder bewohnten Zustand ist durch die kurze Ausführungszeit auf der Baustelle und durch die geringe Störung der Nutzer zwar möglich. Jedoch fallen durch die komplexere Aufgabe höhere Kosten, da im bewohnten Zustand Wohnungen nicht frei betretbar sind und erheblicher Koordinationsaufwand mit den Nutzern entsteht. Eine optimale Umsetzung ist daher nur im unbewohnten Zustand zu erreichen.

Die TES Fassadenelemente dienen als Trägerrahmen für eine breite Palette an Ausstattungsvarianten, von Isolierverglasungen über Sonnenschutz bis hin zu Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung. Je nach Bedürfnissen des Bestandsgebäudes kann dieses System individuell und doch in einem systematisierten Prozess auf die unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden.

## 2. Literaturverweise

- [1] [Huß 2017] Wolfgang Huß: Konventionell kontra Vorfertigung, in Deutsches Architektenblatt 11-17, planet c GmbH Düsseldorf 2017.
- [2] [Gräfe et al. 2014] Martin Gräfe et al.: Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2014.
- [3] [Lattke et al. 2009] Frank Lattke et al.: TES EnergyFacade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, TES Manual, TU München 2009.
- [4] [Lattke 2018] Frank Lattke: Lösungen für die Gebäudemodernisierung, in Atlas Mehrgeschossiger Holzbau, Detail Business Information GmbH München 2018.

# **Einfach massiv – monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern**

Anne Niemann  
Technische Universität München  
München, Deutschland



# Einfach massiv – monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern

## 1. Hintergrund

Die Komplexität der Konstruktionen und Gebäudetechnik steigt seit Jahrzehnten stetig. Dies betrifft die Anforderungen an Standsicherheit, Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutz, Hygiene und Gesundheit wie auch den allgemeinen Nutzerkomfort. Das äußert sich in einer fast unüberblickbaren und weiter steigenden Zahl an Normen und Baugesetzen. Das damit anvisierte Ziel der Qualitätssicherung wird oft nicht erreicht: Die Folge der Komplexität ist eine hohe Fehlerquote in Planung und Ausführung sowie eine Überforderung von Bauherren und Nutzern. Daher stellt sich die Frage: «Geht das nicht auch einfacher?»

## 2. Das Forschungsprojekt Einfach Bauen

Seit 2017 untersucht im Forschungszentrum Einfach Bauen der Technischen Universität München ein interdisziplinäres Team unter der Leitung von Prof. Florian Nagler, wie man die Komplexität im Bauen reduzieren kann. Der Anspruch ist, Strategien für einfach gebaute Gebäude zu entwickeln, die – über einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet – gedämmten Konstruktionen und sogar Niedrigenergiehäusern sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich überlegen sind. Gefördert wird das mehrstufige Forschungsvorhaben durch das Programm «Zukunft Bau» [1] des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

### 2.1. Grundlagenforschung

Ziel im ersten Schritt war es festzustellen, welche baulichen Maßnahmen einen entscheidenden Einfluss auf das Innenraumklima haben [2]. Wie kann die Architektur so optimiert werden, dass es auch ohne den Einsatz von viel Technik im Winter angenehm warm und im Sommer nicht zu heiß wird?

Ausgangspunkt der Untersuchungen waren die heute hochentwickelten Konstruktionsmaterialien Massivholz, Leichtbeton und hochwärmemedämmendes Mauerwerk als schichtenarme bzw. monolithische Wandaufbauten.

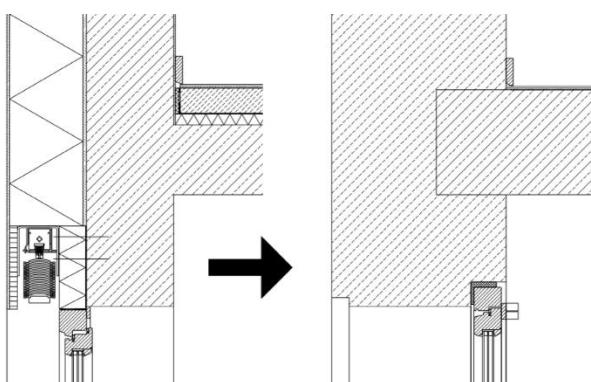


Abbildung 1: Schematische Darstellung des vereinfachten Wandaufbaus in Beton

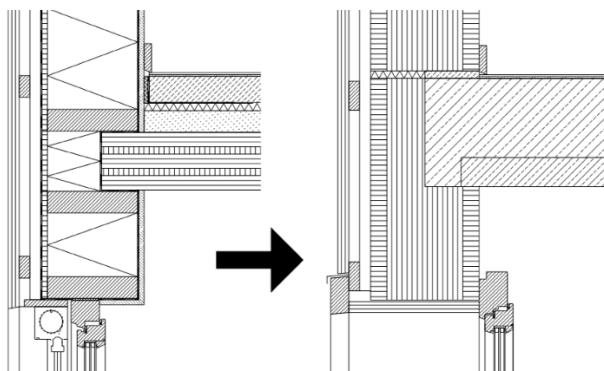


Abbildung 2: Schematische Darstellung des vereinfachten Wandaufbaus in Holz

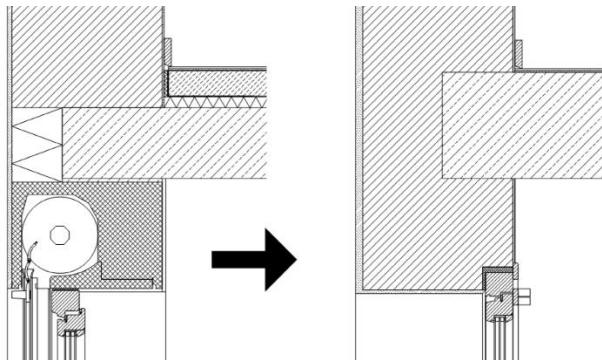


Abbildung 3: Schematische Darstellung des vereinfachten Wandaufbaus in Mauerwerk

Ausgehend von einem 18 m<sup>2</sup> großen Basis-Raummodell wurden in einer Computersimulation Parameter wie Geometrie, Fenstergröße, Glasart und Außenwanddicke verändert. Die Kombination von 81 verschiedenen Geometrien, vier Himmelsrichtungen, drei Bauweisen und drei Glasarten ergab knapp 3000 Varianten. In der Auswertung zeigte sich, dass Raumvarianten mit reduziertem Hüllflächenanteil, thermischen Speichermassen, großen Raumhöhen und optimierten Fensterflächen sich als optimal bezüglich geringem Heizwärmebedarf und reduzierter Überhitzung im Sommer erwiesen.

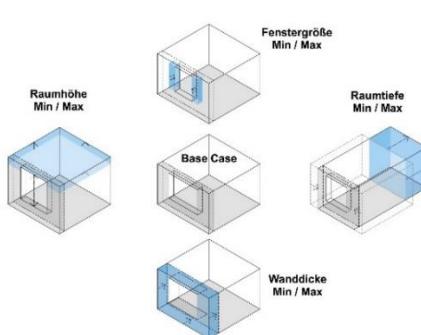


Abbildung 4: Jeweils ein Parameter der Grundvariante wurde schrittweise verändert

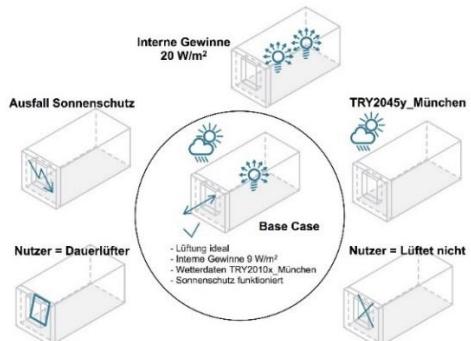


Abbildung 5: Untersuchung der Robustheit durch die Veränderung der Randbedingungen

Diese rein auf die baulichen Faktoren ausgerichtete Untersuchung lieferte klare Ergebnisse. Doch was passiert, wenn sich die bislang konstant gehaltenen Randbedingungen, wie beispielsweise das Wetter oder das Nutzerverhalten, ändern? Ein System wird als robust definiert, wenn es unter Idealbedingungen nicht unbedingt das bestmögliche Ergebnis erreicht, dafür aber unsensibel auf sich verändernde Eingangsgrößen reagiert.

In der Robustheitsuntersuchung hat sich gezeigt, dass das Lüftungsverhalten des Nutzers den größten Einfluss auf den Heizwärmebedarf im Negativen wie im Positiven hat. Im Sommer bestimmen das Wetter und die internen Gewinne vorrangig die Überhitzung. Insgesamt zeigen sich die einfachen Bauweisen robuster gegenüber Einflussnahme durch den Nutzer als die parallel untersuchten Raummodelle mit Standard- und Niedrigenergiekonzept. Die Kosten verhalten sich analog dazu.

## 2.2. Ergebnis der Forschung

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse die anfangs gestellte These, dass einfache Wohngebäude mit hochwertiger, suffizienter Architektur, robuster Baukonstruktion und reduzierter Gebäudetechnik hinsichtlich Umweltwirkung und Lebenszykluskosten sowohl Standardwohngebäuden, als auch Niedrigenergiehäusern überlegen sind. Einfach Bauen bedeutet, ein Gebäude bereits in den ersten Planungsschritten durch eine Vielzahl von Entscheidungen robust und langlebig zu gestalten:

- kompakte Gebäudeform
- einschichtige Wand- und Deckenkonstruktionen
- klimatisch träge Bauteile durch thermische Speichermasse
- angemessene Fensterflächen – kein Sonnenschutz – Nutzerlüftung
- wenig Aufwand für den Betrieb durch geringe Komplexität des Gebäudes
- handwerkliche Fügung der Bauteile
- Verzicht auf Hilfsstoffe und materialfremde Sonderbauteile
- konsequente Trennung von Gebäude und Techniksystemen

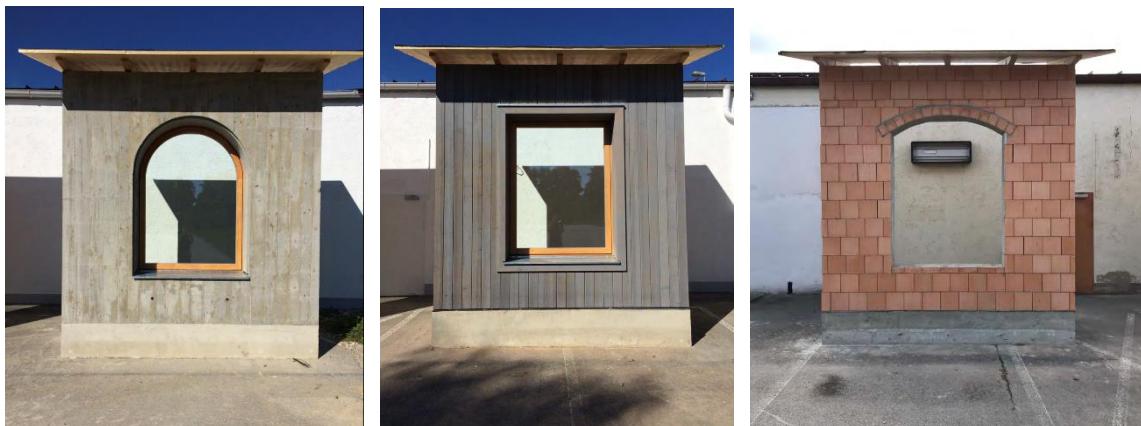


Abbildung 6: An drei 1:1 Modellen wurden exemplarische Details (Sockel, Öffnungen) und materialgerechtes Konstruieren erprobt. Foto: TUM

## 2.3. Die drei Forschungshäuser



Abbildung 7: Straßenansicht der drei Forschungshäuser im Bauzustand; Foto: Max Kratzer

Die erforschten Grundprinzipien des einfachen Bauens wurden in einem Leitfaden [3] zusammengefasst und kamen beim Bau von drei Forschungshäusern durch Florian Nagler Architekten in Bad Aibling zur Anwendung.

Entstanden sind drei material- und klimagerecht konstruierte dreigeschossige Wohngebäude in den Bauweisen Massivholz, Leichtbeton und wärmedämmendem Mauerwerk. Um Stürze und damit Materialwechsel und aufwändige Details zu vermeiden, leiten sich die Fensterformen von den Eigenschaften des Außenwandmaterials ab. Die Entscheidung für monolithische Wand- und Deckenkonstruktionen wurde bereits in der Antragsphase gefällt. Grund hierfür war der Wunsch, durch eine einschichtige Bauweise die Komplexität der Gebäude in der Planungs- und Bauphase, aber auch während der Instandsetzung und dem Rückbau zu reduzieren. Durch die Optimierung von Raumgeometrie, Fensterfläche und Speichermasse konnte das Haustechniksystem sehr einfach gehalten werden: Die Wärmeerzeugung erfolgt über ein vor Ort vorhandenes Biogas-Blockheizkraftwerk mit einer Wärmeübergabe an den Raum über Heizkörper. Fensterfalzlüfter sorgen in Kombination mit Ablüftern in den Badbereichen für eine kontrollierte Grundlüftung zum Feuchteschutz. Fensterlüftung je nach Laune des Nutzers bleibt jederzeit möglich. Die Häuser funktionieren ohne einen außen liegenden, variablen Sonnenschutz.

## 2.4. Monolithische Außenwandkonstruktionen

Üblicherweise bildet eine Schicht aus Mauerwerk, Stahlbeton oder Holz das Tragwerk und sorgt mit ihrer Masse für Schallschutz und thermische Trägheit. Die in der Regel außen angebrachte Schicht aus Dämmstoffen garantiert die Wärmeisolation der Außenwand. Den Abschluss bildet die Fassade als Gestaltungselement und wetterabweisende Schicht. Macht man sich nun Gedanken über die weitere Zukunft der Gebäude, stellen sich Fragen: Welcher Instandhaltungsaufwand entsteht, wenn verschiedene Schichten das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben? Sind Ersatzteile für das Gebäude auch zukünftig verfügbar? Kann ich die Teile des Gebäudes wiederverwenden oder Materialmischungen wieder voneinander trennen?

Unter der Devise «Einfach Bauen» werden deshalb folgende Ziele verfolgt:

- Wenige Bauteilschichten
- Sortenreine Verwendung mineralischer oder nachwachsender Rohstoffe
- Bauteile den Eigenschaften des Materials folgend zu robusten und langlebigen Konstruktionen fügen

Das monolithische Bauen umfasst allgemein einstoffliche Bauweisen aus Materialien wie Beton, Ziegel oder Holz. Der Begriff, übersetzt «aus einem Stein», stammt aus dem Griechischen und bezeichnet die Vereinigung verschiedener Funktionen, beispielsweise der Statik oder des Wärmeschutzes, in einem einzigen Bauteil. Dass die elementaren Funktionen des Bauwerks mit nur einem Bauteil erfüllt werden, grenzt das monolithische Bauen von mehrschichtigen Konstruktionsweisen ab [3].



Abbildung 8: Die drei verwendeten Außenwandmaterialien: Massivholz und Ziegel – jeweils mit Luftkammern, sowie Infraleichtbeton. Foto: Tilmann Jarmer

## 2.5. Massivholz

Für den Holzbau bedeutete dies die Wahl eines Vollholzwandbauteils, das die Anforderungen an die deutsche Energiesparverordnung (EnEV) erfüllen musste, und zwar mit möglichst wenig Ressourceneinsatz. Es gibt bereits ein zugelassenes Produkt auf dem Markt, das durch schmale, vertikale Schlitze in den vertikalen Mittellagen des Holzquerschnitts – einem Hohlkammerziegel ähnlich – Lufteinschlüsse ins Bauteil integriert.

Durch diese Luftpächen im Querschnitt ist eine Verringerung der Wärmeleitfähigkeit auf  $\lambda = 0,07 \text{ W/mK}$  möglich, womit ein U-Wert von  $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  bereits bei Wandelementen von einer Dicke von 23 cm erreicht wird. Allerdings zeigte sich in den Simulationen, dass nur ein Holz-Hybridbau robust genug ist, um in Bezug auf Speichermasse und Wirtschaftlichkeit mit Bauten aus Beton oder Mauerwerk mithalten zu können. Um die Anzahl der Übertemperaturgradstunden zu senken, wurde für den Holzbau daher eine Betondecke eingeplant.

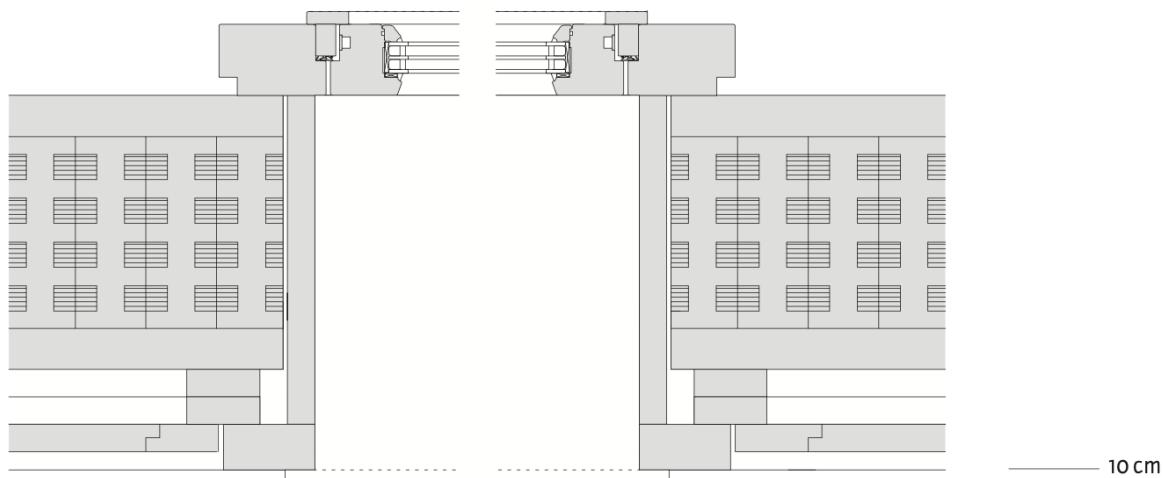


Abbildung 9: Ausführungsplanung für eins der drei Forschungshäuser für Bad Aibling. Architekt Florian Nagler hat hier Vollholzwandbauteile mit schmalen Schlitzen in den vertikalen Mittellagen verwendet. Einem Hohlkammerziegel ähnlich verringern die Lufteinschlüsse die Wärmeleitfähigkeit der Bauteile. (Florian Nagler Architekten)



Abbildung 10: Innenaufnahme des Holzhauses. Foto: Sebastian Schels

## 2.6. Überprüfung der Strategie

Das Konzept Einfach Bauen hat sich unter «Laborbedingungen» als erfolgreich herausgestellt. Doch wie gut funktioniert es im Praxistest? Schaffen die einfach gebauten Forschungshäuser das ganze Jahr über eine thermisch komfortable Aufenthaltsqualität und ist die dafür benötigte Energie verhältnismäßig? Um diese Fragen zu beantworten, erfasst das Forschungsteam im Zeitraum von 2021 bis Anfang 2023 eine Reihe von Daten [4]. Um das bauklimatische Verhalten der drei Bauweisen bewerten und vergleichen zu können, wird der thermische Komfort in den Innenräumen gemessen. In den Wohnungen im 2. Obergeschoss angebrachte Sensoren zeichnen die Komfortparameter Lufttemperatur, Luftfeuchte, Strahlungstemperatur, CO<sub>2</sub>-Gehalt, und Beleuchtungsstärke auf. Die Verbrauchsmessung untersucht die jeweiligen Verbräuche an Energie bzw. Energieträgern. Mit der Erfassung und Auswertung der Daten lässt sich überprüfen, ob der zuvor berechnete Energiebedarf in der Praxis erreicht wird. Eine Wetterstation auf dem Dach des Betonhauses liefert zuverlässig Echtzeitdaten zu Temperatur, Feuchte und Wind.

Durch das Bauteilmonitoring werden die Außenwandkonstruktionen auf die Parameter Feuchte-, Temperaturverlauf und Wärmestrom hin überwacht und aufgezeichnet, um die Dauerhaftigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dämmwirkung der angewendeten Materialien und Konstruktionslösungen bewerten zu können. Dazu werden im 2. OG an bzw. in den Außenbauteilen der Nord- und Westfassade Wärmeflussplatten und Feuchteselektroden angebracht.

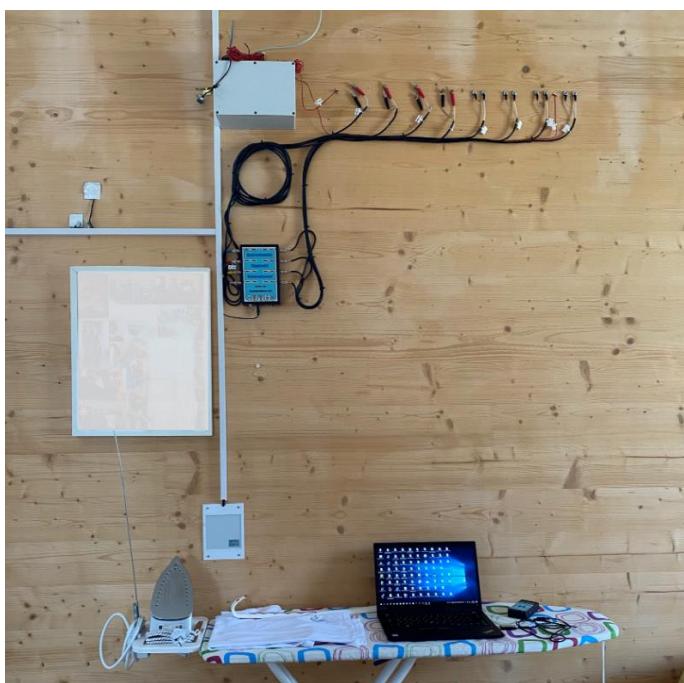


Abbildung 11: Bauteilmessung im Holzmassivhaus in Bad Aibling; Foto: TUM

## 3. Fazit

Viele Gebäude bleiben lange erhalten, auch wenn dies selten bei der Planung bedacht wird. Um sie langfristig nutzen zu können, sollten Veränderungen möglich und daher bereits im Planungsprozess angedacht sein. Flexible Grundrissstrukturen ermöglichen Wechsel in der Nutzung. Alterungsfähige Oberflächen garantieren die Langlebigkeit der Gebäude. Durch die Trennung von Haustechnik und Baukonstruktion können veraltete Techniksysteme leichter ersetzt werden. Monolithische Wandaufbauten reduzieren die Komplexität, vereinfachen die Bauabläufe und den Rückbau.

[1] [www.zukunftbau.de](http://www.zukunftbau.de)

[2] Nagler, F., et. al. (2018): Einfach Bauen – Abschlussbericht, TU München

[3] Einfach Bauen – ein Leitfaden, F. Nagler (Hrsg.), Birkhäuser 2021

[4] aktuelle Einblicke in die Forschung auf [www.einfach-bauen.net](http://www.einfach-bauen.net)

# **Klimaneutral, Kreislauffähig und Nachhaltig – eine Standortbestimmung**

# Die Verfügbarkeit an Rohholz

Prof. Dr. Andreas Bolte  
Thünen-Institut für Waldökosysteme  
Eberswalde, Deutschland



# Die Verfügbarkeit an Rohholz

## 1. Einleitung

In Deutschland hat sich laut der Ergebnisse der letzten Waldinventur im Jahre 2017 (Kohlenstoffinventur 2017) der gesamte stehende Derbholzvorrat auf 3,9 Milliarden Kubikmeter erhöht, das sind 358 m<sup>3</sup> pro Hektar. Kein anderes Land in der Europäischen Union hat vorratsreichere Wälder. Die wichtigsten Trends aus früheren Inventurperioden haben sich in der Periode 2012 bis 2017 fortgesetzt: Es gibt mehr Laubbäume, mehr alte und dicke Bäume, mehr Holzvorrat und mehr Totholz. Die Entwicklung geht weg von Nadelbaumreinbeständen hin zu standortgerechten, strukturreichen Mischwäldern ([1] Hennig et al. 2019). In den heimischen Wäldern liegt der Anteil von Nadelbäumen heute laut Kohlenstoffinventur 2017 bei rund 55 Prozent, während der Laubholzanteil von Bäumen bis zum Alter von 20 Jahren (Bäume ab 20 cm Höhe) bereits rund 57 Prozent der Gesamtfläche dieser Altersklasse erreicht ([2] Thünen-Institut 2022).

Die Folgen des Klimawandels mit den extremen Hitze- und Trockenjahren 2018 bis 2020 und begleitender Schaderregerbefall haben zur bisher größten Absterbedynamik in den Wäldern Deutschlands geführt. Dies betrifft insbesondere fichtendominierte Waldbestände, die den Großteil der ca. 280.000 ha flächig abgestorbene und wieder zu bewaldende Waldfläche stellen ([3] BMEL 2020). Zukünftig ist durch die Verschärfung der Witterungs- und Wetterextreme und die notwendige Waldumgestaltung zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel ein stark sinkender Anteil von nadelbaumdominierten Wäldern mit Fichte und Kiefer und ein steigender Anteil von Laubbäumen zu erwarten. Gleichzeitig werden von Entscheidungsträgern in der Bundes- und Landespolitik aus Klimaschutzgründen Nutzungsverzichte insbesondere in alten, naturnahen Buchenwäldern diskutiert, um die natürliche Kohlenstoff-Speicherungsoption von Wäldern zu stärken.

Welche Auswirkungen haben der Klimawandel, Kalamitäten, Waldumgestaltung und Nutzungsextensivierung auf die aktuelle und zukünftige Rohholz-Verfügbarkeit in Deutschland? Anhand von aktuellen Daten und Szenarien-Modellierungen sollen Tendenzen zur zukünftigen Verfügbarkeit von Rohholz auf nationaler Ebene abgeschätzt und bewertet werden.

## 2. Aktuelles und zukünftiges Schadholzaufkommen

Hitze, Trockenheit und Schaderregerbefall, insbesondere von Fichtenborkenkäfern (Buchdrucker und Kupferstecher), haben in Mitteleuropa zu einem Schadholzvolumen von schätzungsweise 300 Mio. m<sup>3</sup> Derbholz in den Jahren 2018 bis 2020 geführt (Abbildung 1). Hauptsächlich betroffene Baumart war die Fichte, regionale Schwerpunkte waren Deutschland und Tschechien, in denen fast 80% des Schadholzes anfiel. Obwohl einzelne fichtendominierte Regionen wie der Harz, das Sauerland, Thüringer Wald oder der Frankenwald großflächige Schadflächen aufweisen, kann man auf nationaler Ebene (noch) nicht von einem «Waldsterben 2.0» sprechen, weil bisher nur ca. 15% des gesamten Fichtenvorrats in Deutschland und weniger als 10% des Fichtenvorrats in Mitteleuropa von den Schäden betroffen sind. Neben der Fichte sind mit deutlichem Abstand Kiefer sowie Buche und Eiche von Schäden betroffen. Insbesondere bei der Buche sind zunehmende Schäden im Jahr 2021 zu beobachten ([4] BMEL 2022).

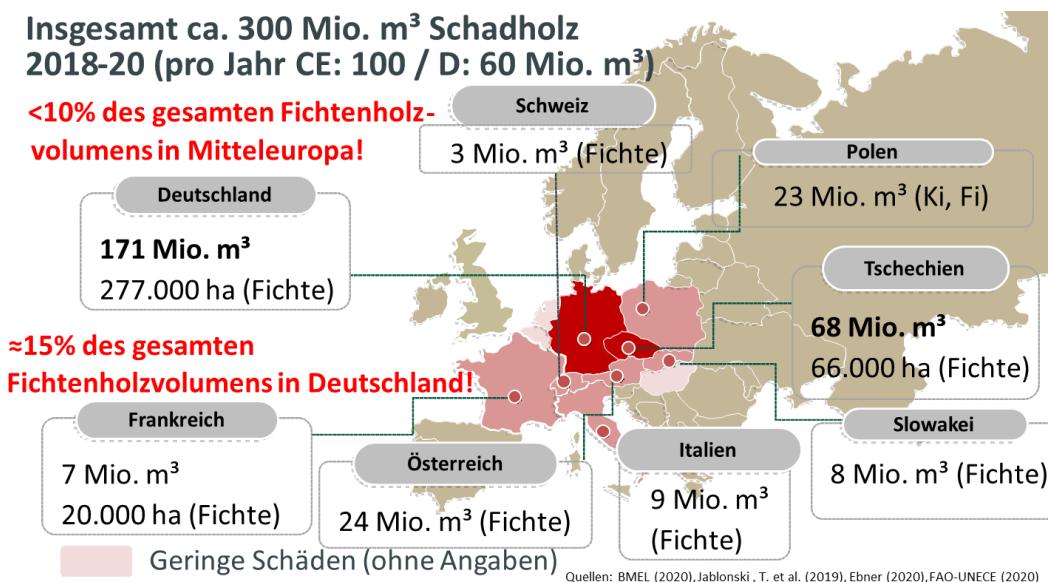


Abbildung 1: Grobe Schätzungen zum Schadholzaufkommen in Mitteleuropa in den Jahren 2018 bis 2020 (skandinavische Länder nicht berücksichtigt; [2] Bolte und Sanders, 2021, verändert).

In der Vergangenheit waren starke Winterorkane in den Jahren 1991 (Vivian/Wiebke), 1999 (Lothar), 2007 (Kyrill), 2015 (Niklas) und zuletzt 2018 (Friederike) Hauptursachen für hohe Schadholzanteile am Gesamteinschlag, wobei nach den Schadereignissen die Schadanteile wieder schnell sanken (Abbildung 2, links). Ab 2018 ist aber eine stark geänderte Schaddynamik zu beobachten, bei der Insektenschäden im Jahr 2020 zu einem bisherigen Rekord-Schadholzanteil von 75% (60 Mio. m<sup>3</sup>) geführt haben und mehrjährig hohe Schadanteile von 60% und mehr in den Jahren 2019 bis 2021 zu verzeichnen waren. Der Schadholzanteil ist auch der Treiber hoher Gesamtholzeinschläge in den letzten Jahren, die im Jahr 2021 eine Rekordhöhe von 83 Mio. m<sup>3</sup> erreicht haben ([5] Destatis 2022, Abbildung 2, rechts).

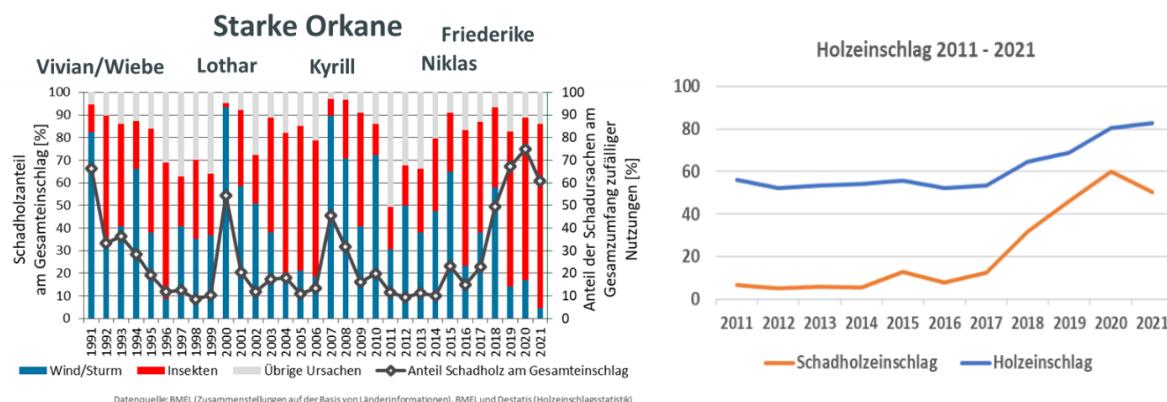


Abbildung 2: Anteil von Schadholznutzungen (schwarze Linie) und deren Ursachen (farbige Balken) am Gesamteinschlag 1991 bis 2021 (links); Gesamt-Holzeinschlag und Schadholzeinschlag von 2011 bis 2021 (rechts, Quelle: [5] Destatis 2022).

Das langjährige Mittel des Schadholzanteils am Gesamteinschlag lag von 1991 bis 2017 bei 22%, in den Jahren 2018 bis 2021 hat sich der Schadholzanteil mit über 63% fast verdreifacht. Angesichts der zunehmenden Verschärfung des Extremwetterung und Wetterlagen kann konservativ ein zukünftiger Schadholzanteil von mindestens 40% geschätzt werden.

### 3. Risiko-Bestände und Umbaubedarf

Aus den Erfahrungen der Trockenperiode 2018 bis 2020 lässt sich ein zukünftig erhöhtes Absterbe-Risiko von Beständen mit dominierender Fichte und Buche mit den Kriterien Höhenlage <600 m ü. NN (Fichte) und nutzbare Wasserspeicherkapazität (nWSK) < 90 mm pro 1 Meter Bodentiefe (Buche) überschlägig abschätzen (Abbildung 3, Tabelle 1, Bolte et al. 2021). Nach den Modellierungsergebnissen sind Wälder mit dominierender Fichte oder Buche auf einem Viertel der Gesamtwaldfläche in Deutschland (2,85 Mio. ha) einem hohen Absterbe-Risiko durch Trockenheit und Schaderregerbefall mit Schwerpunkt Fichtenwälder ausgesetzt. Strebt man auf diesen Flächen einen Waldumbau zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel bis zum Jahr 2050 an, müsste die Umbaufläche von derzeit ca. 22.000 ha auf 95.000 ha jährlich vervierfacht werden. Der dafür geschätzte erforderliche Kapitalbedarf umfasst schätzungsweise 14 bis 43 Milliarden Euro. Während den nächsten 30 Jahren ist durch den Waldumbau mit einem erheblichen Abbau insbesondere des Fichtenvorrats zu rechnen.

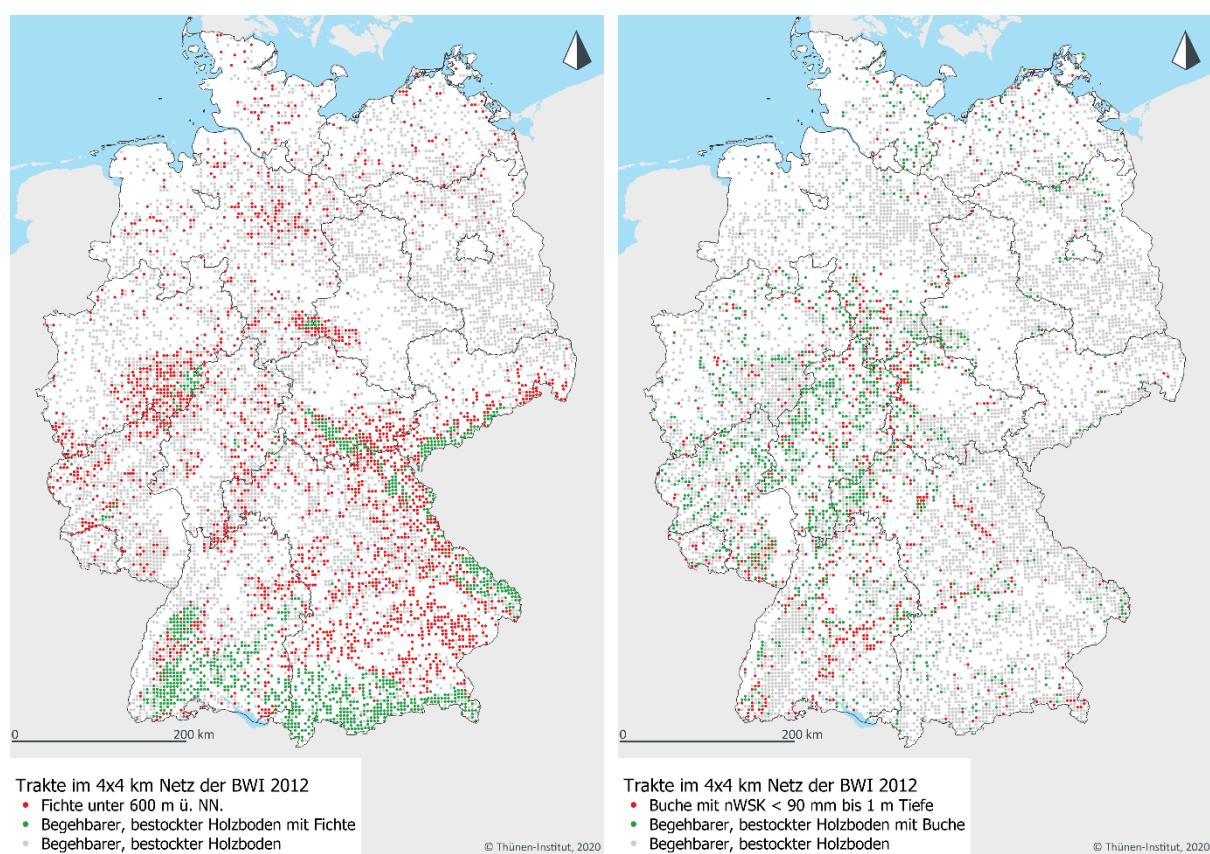


Abbildung 3: Risikostandorte mit führender Baumart Fichte bzw. Buche (BWI-Trakte, 4 km x 4 km), Risiko Fichte (links): Gelände Höhe unter 600 m ü. NN, Risiko Buche (rechts): nWSK unter 90 mm m<sup>-1</sup> Bodentiefe (Quelle: [2] Bolte et al. 2021).

Tabelle 1: Flächen und Derbholzvorräte auf Risikostandorten mit führender Baumart Fichte (Fichten-Typ) unter 600 Meter (ü. NN) und führender Baumart Buche (Buchen-Typ) mit einer maximal nutzbaren Bodenwasserspeicherkapazität (nWSK) von < 90 mm m<sup>-1</sup> in Deutschland. Die Prozentangaben (in Klammern) beziehen sich auf die Anteile an den Gesamtwaldflächen mit Fichten-Typ bzw. mit Buchen-Typ (Bolte et al. 2021).

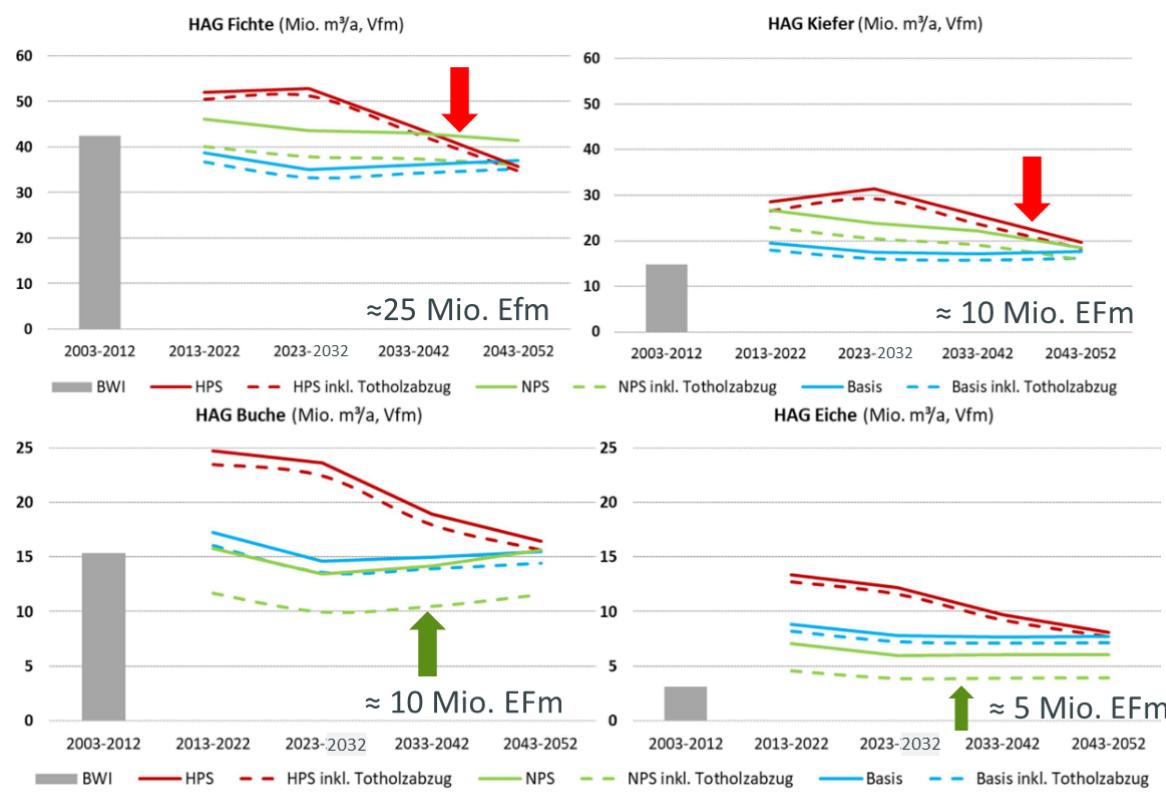
	<b>Fichten-Typ (führende Baumart Fichte unter 600 Meter ü. NN)</b>	<b>Buchen-Typ (führende Baumart Buche mit nWSK &lt; 90 mm m<sup>-1</sup>)</b>
<b>Fläche [ha]</b>	2.228.038 (69,9%)	622.526 (34,4%)
<b>Vorrat [Tsd. m<sup>3</sup>]</b>	884.218 (68,3 %)	220.286 (33,6%)

## 4. Tendenzen des zukünftigen Rohholzaufkommens

Die Holznutzungstendenzen der nächsten Jahre aufgrund der Schadsituation und zukünftiger Waldumgestaltung und Waldumbau ähneln den Annahmen der alternativen Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) auf Basis der Bundeswaldinventur 2012 (Abbildung 4, Oehmichen et al. 2017), ohne diese vollständig zu erfüllen:

- **Fichte/Kiefer:** Unfreiwilliges (Schad-)Holzpräferenzszenario (HPS, Abbildung 4) beim Nadelholz (insbesondere Fichte!) aufgrund sinkender Nadelbaumanteile durch Waldschäden, Waldumbau und ungünstige Alterklassenverteilung.
- **Buche/Eiche:** Keine «Laubholzschwemme» trotz steigender Waldanteile wegen zunehmender Extensivierung und Nutzungsaufgabe (Naturschutz-Präferenzszenario, NPS, Abbildung 4)

Kombiniert man diese Teile der jeweiligen Szenarien bleibt im Ergebnis das projizierte Holzaufkommen bis in die 2030er Jahre auf hohem Niveau und beginnt erst danach stark abzusinken, da dann die sinnvoll ausschöpfbaren Nadelholzpotenziale in dem entsprechenden Szenario zurückgehen. Bis 2050 sinkt das Aufkommen auf ca. 50 Mio. Erntefestmeter (Efm), was ca. 60% des heutigen Aufkommens entspricht. Allerdings sind hier klimawandelbedingte Zuwachseinbußen und steigende Absterberaten nicht eingerechnet, so dass ein weiterer Abschlag auf ca. 50% des heutigen Holzaufkommens in 2050 (40 Mio. Efm) realistisch erscheint. Zusätzlich sind hohe Schadholzanteile von 40% und mehr zu erwarten, sodass nur ca. 25 Mio. Efm Frischholz zu erwarten ist.



**Quelle:** Oehmichen et al. (2017), eigene Schätzungen

Abbildung 4: Tendenzen des zukünftigen Rohholzaufkommens der Holzartengruppen (HAG) Fichte, Kiefer, Buche und Eiche anhand verschiedener Nutzungsszenarien der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2012 (WEHAM, Szenarien: HPS, rot: Holzpräferenz-Szenario, Basis, grün: Basis-Szenario, NPS, blau: Naturschutz-Präferenz-Szenario, Vergleich, graue Säulen: Ergebnisse Bundeswaldinventur 2012, ([10] Oehmichen et al. 2017)). Die dargestellten Aufkommens-Werte jeweils unten rechts stellen abgeleitete Schätzungen nach den Entwicklungstrends für das Jahr 2050 sowie Überlegungen zu Abweichungen von den Szenarien-Trends dar und berücksichtigen die Umrechnung von Vorrats-Festmetern (Vfm) in Erntefestmetern durch Ernteeverluste (Efm = 0,75 Vfm).

## 5. Folgerungen

Das Rohholzaufkommen wird sich in den nächsten ca. 10 bis 15 Jahren vermutlich nicht verknappen, sondern auf hohem Niveau bleiben durch weiteren zu erwarteten Schadholz-Anfall insbesondere bei Fichte und die Waldumgestaltung zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Die danach zu erwartende, deutliche Verminderung des Rohholzaufkommens bis zum Jahr 2050 kann zu verstärkten Nutzungskonkurrenzen (stoffliche vs. energetische Verwertung), Zielkonflikte mit Stilllegungs- und Extensivierungswünschen aus naturschutzfachlichen Gründen und eine verstärkte Bedeutung von Holzimporten führen. Letzteres birgt die Gefahr von «Leakage», d.h. die verstärkte Holznutzung im Ausland mit einer Minderung des CO<sub>2</sub>-Speichers der dortigen Wälder und möglicherweise verstärkten illegalem Holzeinschlag. Wegen der starken Abnahme des Nadelholz-Aufkommens werden Nutzungsoptionen für die effiziente stoffliche Verwertung von Laubholz dringend benötigt. Eine fehlende stoffliche Verwertungsoption für Laubholz gefährdet auch Motivation der Waldbesitzer zum benötigten Waldanpassung. Um fehlendes Holzangebot aus dem Wald teilweise auszugleichen, sollten Erzeugungsoptionen von Industrieholz und ggf. Energieholz außerhalb des Waldes (Agroforstwirtschaft, Kurzumtriebsplantagen) stärker in den Fokus rücken. Eine konsequente Beimischung von trockenheitstoleranteren Nadelbaumarten wie Weißtanne, Küstentanne oder Douglasie in klimaangepassten Nadel-LaubMischwäldern und das Halten von Anteilen von Fichte in den höheren Mittelgebirgslagen und Kiefer im Tiefland ist zu empfehlen, um ein erwünschtes Maß an Versorgung mit Nadelrohholz sicherzustellen.

## 6. Literatur

- [1] Bolte, A. et al. (2021): Zukunftsaufgabe Waldanpassung. AFZ-DerWald 76, 4: 12-16.
- [2] Bolte, A., Sanders, T.G.M. (2021): Additive stressors call for adaptive forest management. In: Tomaszewski D, Jagodzinski AM (eds) Drzewa i lasy w zmieniającym się środowisku: Scientific conference; Kórnik-Poznań, 11-13 October 2021, Conference Proceedings. Gdańsk: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, pp 23-34
- [3] BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2020): Massive Schäden – Einsatz für die Wälder. Online unter: <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/wald-trockenheit-klimawandel.html> (25/09/2020).
- [4] BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (Hrsg.) (2022): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2021. BMEL, Bonn, 75 S.
- [5] Destatis (2022): Land- und Forstwirtschaft – Wald und Holz. Online unter: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz_inhalt.html) (03/05/2022).
- [6] Ebner, G. (2020): Erschreckendes Schadausmaß. Online: <https://www.holzkurier.com/rundholz/2020/06/erschreckendes-schadausmass.html> (14/09/2021).
- [7] FAO-UNECE (2020): Forest Products Annual Market Review 2019–2020. Online unter: <https://unece.org/forests/publications/forest-products-annual-market-review-2019-2020> (14/09/2021).
- [8] Hennig, P., et al. (2019): Rohstoffquelle Wald – Holzvorrat auf neuem Rekord. AFZ-DerWald 74, 14: 24-27.
- [9] Jabłoński, T. et al. (2019): Pine forest condition in Poland 2015 – 2018. Pine forests: current status, existing challenges and ways forward (Proceedings of International Scientific and Practical Conference) 12–13 June 2019 (Kyiv, Ukraine). Kharkiv, Planeta-print, 2019. 201 pp. Online: [1][https://www.researchgate.net/publication/335202181\\_PINE\\_FOREST\\_CONDITIONS\\_IN\\_POLAND\\_IN\\_2015-2018](https://www.researchgate.net/publication/335202181_PINE_FOREST_CONDITIONS_IN_POLAND_IN_2015-2018) (24/11/2019).
- [10] Oehmichen, K. et al. (2017): Die alternativen WEHAM-Szenarien: Holzpräferenz, Naturschutzpräferenz und Trendfortschreibung. Szenarienentwicklung, Ergebnisse und Analyse. Thünen Report 59: 75 S.
- [11] Thünen-Institut (2022): Waldfläche (gemäß Standflächenanteil) [ha] nach Baumaltersklasse und Baumartengruppe, Filter: Jahr=2017. Online unter: <https://bwi.info/Tabellenauswahl.aspx> (12/05/2022).

# **Ein Schritt Richtung Kreislaufwirtschaft**

Moritz Michelis  
Derix Gruppe  
Niederkrüchten, Deutschland



# Ein Schritt Richtung Kreislaufwirtschaft

## 1. Idee und Konzept

### 1.1. Einführung und Hintergrund

Die DERIX-Gruppe gehört zu den führenden Herstellern im Ingenieurholzbau. Sie ist stellt komplexe Hallentragwerke aus Brettschichtholz und tragende Bauelemente aus X-LAM (Brettspertholz) für Dach, Decke und Wand her und beschäftigt mehr als 260 Mitarbeiter an zwei Produktionsstandorten in Deutschland (Niederkrüchten und Westerkappeln) und drei weiteren Verkaufsniederlassungen (Hamburg, Hermeskeil und Lierderholthuis in den Niederlanden).

Die DERIX-Gruppe hat es sich zum Ziel gesetzt, den Holzbau voranzutreiben und damit eine Bauweise populär zu machen, die ein riesiges Klimaschutzpotenzial birgt. Den enormen ökologischen Vorteil, den Holz gegenüber anderen Baustoffen hat, vergrößert die DERIX-Gruppe zusätzlich, indem sie besonderen Wert auf ressourceneffiziente Produktionsabläufe, die Nutzung von erneuerbaren Energien und die Entwicklung von Cradle to Cradle Konzepten legt.

Aus diesem Grunde geht das Unternehmen nun einen weiteren, großen Schritt in Richtung Klimaschutz und Zirkularität: Die DERIX-Gruppe macht eine Rücknahme gebrauchter Holzbauteile für ihre Kunden ab sofort zum Standard.

### 1.2. Kreislaufwirtschaft beginnt jetzt

Anhand der Erfahrung mit zirkulär geplanten Projekten, geht die DERIX-Gruppe neue Wege und hat 2021 eine generelle Rücknahmeverpflichtung für alle Bauteile eingeführt. Diese Rücknahmeverpflichtung ist Bestandteil jedes Angebotes für Brettschichtholz- und X-LAM-Elemente. Durch diesen konsequenten Schritt können die qualitativ hochwertigen Holzbauteile der DERIX-Gruppe wiederverwendet werden.

Mit der Einführung einer Rücknahmeverpflichtung startet die DERIX-Gruppe die Umsetzung des aktuell viel beschworenen «Cradle to Cradle»-Prinzips, bei dem der verwendete Rohstoff von der «Wiege zur Wiege» weitergegeben und im Idealfall so Teil eines unendlichen Materialkreislaufs werden soll. Dieses zukunftsweisende Konzept ist maximal rohstoffschorrend, denn der Rohstoff wird einmal gewonnen und dann immer wieder eingesetzt.

Holz hat einen biologischen Kreislauf und durch die Rücknahmeverpflichtung entsteht mit der Zirkularität ein technischer Kreislauf. Eine maximale Kaskadierung nutzt den Rohstoff Holz optimal aus und bindet möglichst lange CO<sub>2</sub>. Gerade im Hinblick darauf, dass uns Rohstoffe nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, gewinnt diese neue Art des Produzierens und Wirtschaftens immens an Bedeutung. Holz ist bei nachhaltiger Forstwirtschaft immer wieder neu verfügbar - ganz im Gegensatz zu Beton und Zement, für deren Herstellung enorme Mengen an CO<sub>2</sub> freigesetzt und unumkehrbare Eingriffe in die Natur für die Gewinnung von Sand und Kies vorgenommen werden.

Geänderte Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die zurückzunehmenden Bauteile benötigen eine durchdachte Planung und zirkuläre Konzeption. Mit der Rücknahmeverpflichtung schafft es die DERIX-Gruppe, Anreize für Bauherren und Planer zu setzen, ihre Neubauten nach zirkulären Planungsansätzen auszurichten.



Abbildung 1: Rücknahmekreislauf von Massivholzelementen bei der DERIX Gruppe

## 2. Klimapolitische Aspekte

Die Errichtung von Gebäuden verursacht weltweit 11 Prozent der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen und ist für rund 55 Prozent des Abfallaufkommens verantwortlich [1][2]. Unsere Entscheidung, wie und womit wir unsere Gebäude errichten, wirkt sich also in beachtlichem Maße auf die Klimaentwicklung unseres Planeten aus: Bauen wir weiterhin ungebremst mit Stahl, Stein und Beton, werden wir die negativen Folgen des aktuellen Baubooms für unser Klima immer stärker zu spüren bekommen. Setzen wir jedoch auf das Bauen mit Holz, dann vermeiden wir nicht nur CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern kompensieren sie sogar: Holz entzieht der Atmosphäre CO<sub>2</sub> und lagert es ein. Bauen wir also unsere Gebäude aus Holz, so schaffen wir hiermit riesige Kohlenstoffspeicher und verhindern, dass das CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre Schaden anrichtet. Allerdings bleibt das gespeicherte CO<sub>2</sub> nur so lange im Holz gebunden, bis dieses verbrennt oder verrottet – dann gibt das Holz dieselbe Menge CO<sub>2</sub> wieder frei, die es zuvor gespeichert hat.

### Klimapolitische Aspekte beim Bauen mit Holz

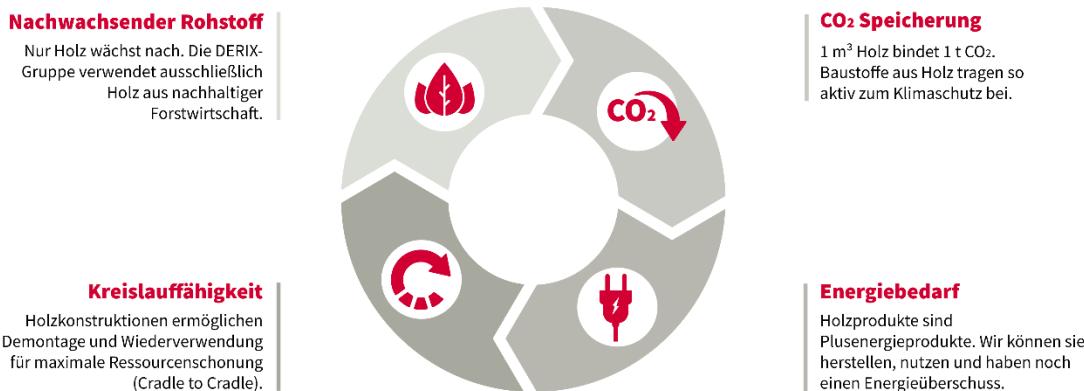


Abbildung 2: Klimapolitische Aspekte beim Bauen mit Holz (DERIX Gruppe)

Das gesamte Bauwesen sollte sich also zum Ziel setzen, die Lebensdauer aller Holzbauenteile maximal zu verlängern und die Kreislauffähigkeit einzuführen, um den positiven Effekt der CO<sub>2</sub>-Speicherung so lange wie möglich für den Schutz der Atmosphäre zu nutzen.

## 3. Cradle to Cradle Certified®: Gold für Derix

Die DERIX-Gruppe hat einen weiteren, wichtigen Meilenstein auf ihrem ambitionierten Weg zu maximaler Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung erreicht: Ihr Produkt DERIX X-LAM erhält die Zertifizierung «Cradle to Cradle Certified® Gold» und erreicht «Platinum» in der Kategorie «Material Health»\*.

Hiermit ist die DERIX-Gruppe das erste Unternehmen der Branche, das eine Cradle to Cradle Produktzertifizierung mit dem Zertifizierungslevel «Gold» erreicht und dieses im Bereich Materialgesundheit sogar noch übertrifft.

Cradle to Cradle Certified® ist ein weltweit anerkannter Produktstandard, der die Kreislauffähigkeit und Nachhaltigkeit von Produkten bewertet. Hierbei werden fünf Leistungskriterien zugrunde gelegt: Materialgesundheit («material health»), Kreislauffähigkeit («product circularity»), Luftreinheit & Klimaschutz («clean air & climate protection»), Wasser- & Bodenschutz («water & soil stewardship») und soziale Gerechtigkeit («social fairness»). Die Ergebnisse werden im Produktregister des «Cradle to Cradle Products Innovation Institute» auf einem Bewertungsbogen («Scorecard») dargestellt. DERIX X-LAM erreicht hier viermal «Gold» und einmal «Platinum».

\*Cradle to Cradle Certified® ist eine eingetragene Marke des Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

## 4. Cradle to Cradle: Referenzprojekte

### 4.1. The Cradle, Düsseldorf

Dieses Büro- und Gastronomiegebäude entsteht gerade im Düsseldorfer Medienhafen. Bei Konzeption, Planung und Bau werden alle Prozesse in Kreisläufen gedacht und entlang der gesamten Wertschöpfungskette zirkuläre Lösungen angestrebt. Wesentliche Bauelemente sind hier aus Holz und werden nach dem Prinzip «Design für Demontage» angefertigt: Durch reversible Verbindungen wird eine größtmögliche Kreislauffähigkeit durch Demontierbarkeit erreicht.



Abbildung 3: The Cradle | © Interboden GmbH &amp; Co, KG

## 4.2. ABN Amro Bank, Amsterdam

Der Pavillon «Circl» von ABN Amro trägt sein Konzept sogar im Namen – hier wurde der Zirkularitätsgedanke durchgängig umgesetzt: Von der Wahl des nachhaltigen Baumaterials über das Anmieten von Beleuchtung und Aufzügen, der Implementierung eines autarken Energiekonzepts und der Streichung alles Überflüssigen – konsequent bis in den Namen des Pavillons hinein.



Abbildung 4: «Circl» ABN Amro | © DERIX-Gruppe

## 4.3. Triodos Bank, Zeist

Auch beim Neubau der Triodos Bankzentrale standen Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit im Mittelpunkt der Planung. So besteht die Tragkonstruktion zu fast 100 Prozent aus Holz. Die fünf Etagen hohe Holzkonstruktion ist restlos demontierbar. Der Bauherr selbst betrachtet sein Gebäude als «Materialbank», denn die Bauteile können nach ihrer Demontage weiterverwendet werden.



Abbildung 5: Tridos Bank | © Bert Rietberg for J.P. van Eesteren and Derix

## 5. Quellen

- [1] Architecture 2030  
UN Environmental Global Status Report 2017  
<https://architecture2030.org/new-buildings-embody/>
- [2] Umweltbundesamt, 18.08.2020  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#deutschlands-abfall>

# **Urban Mining, ReUse und Holzbau**

3 Beispiele: ELYS, K118 & Unit Sprint

Oliver Seidel  
baubüro in situ ag  
Zirkular GmbH  
Basel, Schweiz



# Urban Mining, ReUse und Holzbau

## 1. insitu+Netzwerk und warum wir machen was wir machen

### 1.1. Das baubüro in situ & sein Netzwerk

Baubüro in situ arbeitet bereits seit über 20 Jahren nahezu ausschließlich im Bestand, mit dem Ziel, bestehendes zu nutzen, Abfall zu vermeiden, Ressourcen zu schonen und den Charme des Bestehenden zu bewahren.

baubüro in situ ag

**DENKSTATT**sàrl

**ZIRKULAR**

[UNTER] DESSEN

Wir organisieren Zwischennutzungen.

Das baubüro in situ arbeitet eng in einem Netzwerk mit gleichgesinnten Firmen zusammen und ergänzt sich mit diesen:

**Denkstatt sàrl** ist eine Art Projektentwickler und befasst sich auf verschiedenen Ebenen mit gegenwärtigen städtebaulichen Transformationsprozessen im urbanen und ruralen Kontext in der Schweiz und auch im Ausland. <https://www.denkstatt-sarl.ch>

**Unterdessein** organisiert Zwischennutzungen in Projekten, die in der Planung sind, aber schon leerstehen. Eine Win-Win-Situation für Zwischennutzer, Eigentümer und kulturelle Vielfalt. <https://www.unterdessen.ch/>

**Zirkular GmbH** steht als Fachplaner für zirkuläres bauen und Wiederverwendung den Architekten, Bauherren und Kommunen zur Seite. <https://zirkular.net/>

### 1.2. Warum machen wir das?

Das 21. Jahrhundert ist das Jahrhundert der Städte und Metropolen.  
(Dirk Messner heute Präsident Umweltbundesamt)

Bis 2050 wird sich die Bevölkerungszahl in den Städten weltweit verdoppeln.

Und dementsprechend auch die urbanen Strukturen.

Bis 2050 werden ca. 7 Milliarden in Städten leben. So viel Menschen wie heute auf der ganzen Welt!

Um die gesteckten Klimaziele zu erreichen können wir in der Form wie heute – mit Beton, Stahl und Aluminium – nicht weiterbauen.

(Beispiel MegaCity: Tokio (inkl. Yokohma u. Kawasaki), mit rd. 38 Mio. Einwohnern die grösste Metropole der Welt!)

Basel als Stadtkanton, umschlossen von Frankreich, Deutschland und dem Nachbarkanton Baselland, ist größtenteils gebaut und wir sind uns, heute einmal mehr, sicher, dass man Gebäude nicht einfach abreißen kann um sie anschließend wieder neu zu bauen.

Die Altbausubstanz stellt in der Schweiz die grösste Bauressource dar. Gleichzeitig generiert die Bautätigkeit mit 84% den mit Abstand grössten Teil des Abfallaufkommens in der Schweiz. Neben den grossen Mengen an Aushub- und Ausbruchmaterial (57 Mio. t bzw. 65% des gesamten Abfallaufkommens) generiert sie jährlich rund **17 Mio. t** (bzw. 19%) Rückbaumaterial.

Die Mengen an Rückbaumaterialien, die noch heute auf Deponien abgelagert oder in KVA verbrannt werden, sind mit über 5 Mio. t nach wie vor beachtlich.

Der Material-Fußabdruck (Raw Material Consumption, RMC) zeigt die Gesamtmenge der Rohstoffe, die in der Schweiz oder im Ausland benötigt werden, um die schweizerische Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen zu decken.

Zwischen 2000 und 2019 stellten die nichtmetallischen Mineralien mit durchschnittlich 43% die am meisten verbrauchte Materialkategorie dar. Sie werden hauptsächlich in der Baubranche eingesetzt (Sand, Kies usw.).

Quelle:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-rohstoffkonsum#die-wichtigsten-fakten>

### 1.3. Was heisst «Bauen im Kreislauf»?

Wie am Beispiel Basel-Stadt schon genannt, leben wir in einer gebauten Umwelt. Wir beginnen nicht von vorn.

An erster Stelle steht daher für uns die Verlängerung der Lebensdauer von Gebäuden, Bauteilen und Materialien durch Ihre Weiter- und Wiederverwendung.

In Kombination mit der Verwendung von Materialien mit einer möglichst geringen Umweltbelastung.

Und so zusammengefügt, dass sie zukünftig möglichst zerstörungsfrei rückbau- und wiederverwendbar sind.

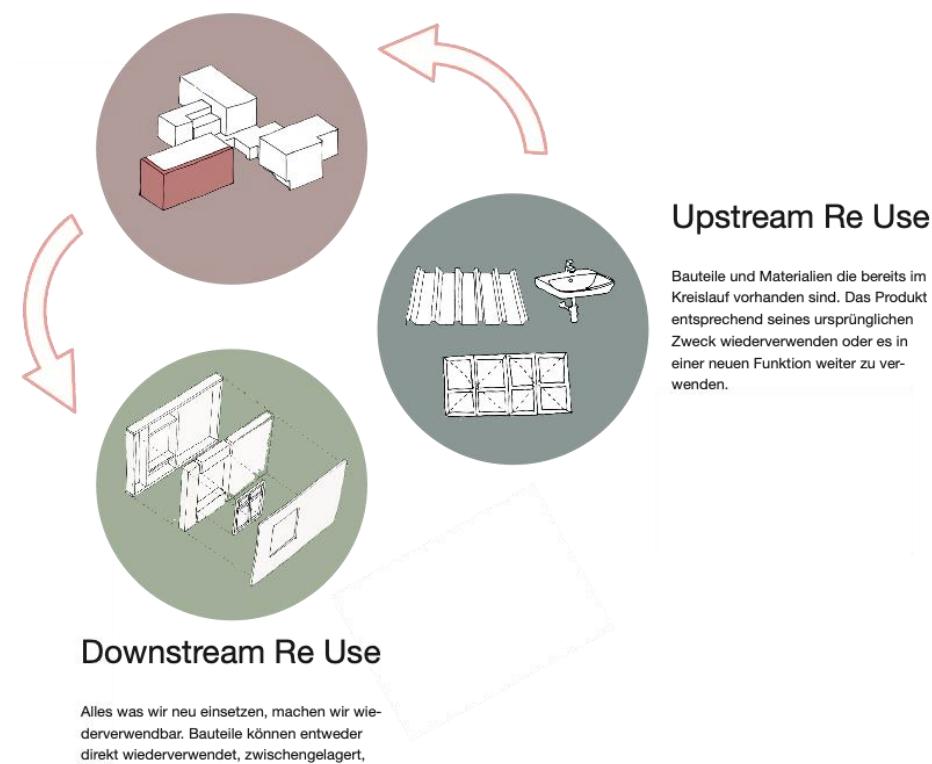


Abbildung 1: Was heisst zirkuläres Bauen – Zirkular GmbH

### 1.4. Warum Kreislaufwirtschaft?

Das Konzept der ökologischen Belastungsgrenzen wurde am **Stockholm Resilience Centre** entwickelt.

Die Überschreitung der Grenzen gefährdet die Stabilität unseres Ökosystems und die Lebensgrundlagen der Menschheit.

Die Kreislaufwirtschaft ist hier eingebettet zu betrachten und soll Teil der Lösungsfindung sein.

Kreislaufwirtschaft hat einen Einfluss auf diverse Bereiche und soll nicht seiner selbst Willen, sondern in dem Zusammenhang betrachtet werden.

**Klima:**

40% CO<sub>2</sub> Ausstoss durch das Bauwesen > hin zu Verwendung von Material, das CO<sub>2</sub> speichert statt emittiert!

**Biodiversität:**

Landnutzungsfragen bei Deponie und Ressourcengewinnung (z.B. Kiesabbau). Und Biodiversitäts-Fussabdruck des CH-Bauwesens im Ausland (siehe Studie BAFU).

## Ökologische Belastungsgrenzen

nach Will Steffen et al. 2015

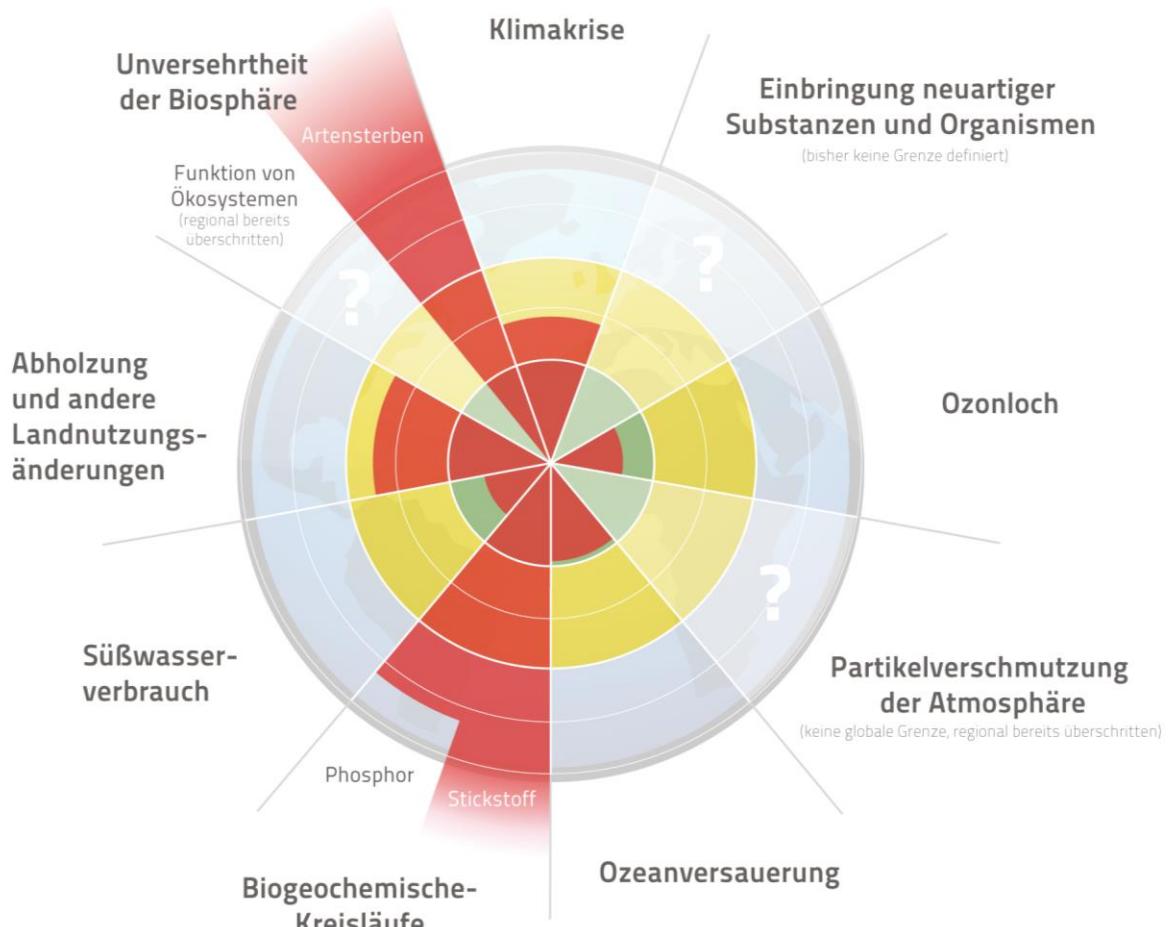


Abbildung 2: Ökologische Belastungsgrenzen – Felix Jörg Müller – Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=83268977>

### 1.5. CO<sub>2</sub> balancing of reuse

In Deutschland und der Schweiz sind wir Recycling-Weltmeister. Dadurch werden zwar Ressourcen gespart, aber kaum Energie gespart und dementsprechend auch kaum CO<sub>2</sub> vermieden.

Das Erhalten und Weiternutzen von Gebäuden verursacht am wenigsten Abfall und CO<sub>2</sub>, braucht am wenigsten Energie und schont am meisten Ressourcen. Reparaturen und Instandhaltung fallen dabei kaum ins Gewicht.

### 1.6. Abhängigkeiten

Seit Corona und aktuell mit dem Ukraine-Krieg wissen wir, wie abhängig wir von der Weltwirtschaft sind und wie schnell diese aus den Fugen gerät.

20/21 sind die Holzpreise in Europa dramatisch gestiegen (über 400%).

Grund dafür: Waldbrände, Käferbefall in den kanadischen Wäldern und Corona-Einschränkungen. Kanada ist wichtigster Holzlieferant der USA.

USA und der asiatische Markt haben kurzerhand auf den europäischen Markt zugegriffen, was zu Knappheit und drastischen Preiserhöhung geführt hat.

Die aktuelle Situation mit dem Ukraine-Krieg zeigt nicht nur, dass wir uns mit der Politik der letzten Jahre in grössere, fossile Abhängigkeit begeben haben, sondern damit auch den Ausbau regenerativer Energieerzeugung fahrlässig vernachlässigt haben und Aufgrund von Lieferengpässen das so schnell garnichtaufholen und verbessern können.  
Der Kampf um die Energie ist längst im Gang!

## 1.7. Wieviel ist 1 Tonne CO<sub>2</sub>?

Für viele ist es immer noch sehr abstrakt, wenn man von Tonnen CO<sub>2</sub> spricht.

Was ist viel? Was ist wenig?

- 1 Tonne CO<sub>2</sub> entspricht einem 8m x 8m x 8m-Volumen gefüllt mit reinem CO<sub>2</sub>!
- Eine Buche muss 80 Jahre wachsen um 1 Tonne CO<sub>2</sub> aufzunehmen;
- Ein Mittelklassewagen stößt auf 4'900km 1 Tonne CO<sub>2</sub>;
- Ein Flug von Frankfurt nach Lissabon verursacht 1 Tonne CO<sub>2</sub> – pro Person!
- Aber: Man kann mit einer 1t CO<sub>2</sub> 80'000 km mit dem Zug fahren!

In Deutschland wurden 2016 pro Kopf und Jahr 8,9 t CO<sub>2</sub> verursacht. In der Schweiz sind es sogar 11 t!

Um nur das +2C-Klimaziel zu erreichen sollte der Pro-Kopf-Jahresverbrauch zukünftig nicht mehr als 2,3 t CO<sub>2</sub> betragen.

## 2. 3 Projekt mit ReUse und Holzbau

### Re-Use Fassade ELYS

PROJEKT  
Umbau

ORT  
Lysbüchel Basel

BAUHERRSCHAFT  
Immobilien Basel-Stadt



### Aufstockung K118

PROJEKT  
Umbau / Aufstockung

ORT  
Lagerplatz Winterthur

BAUHERRSCHAFT  
Stiftung Abendrot

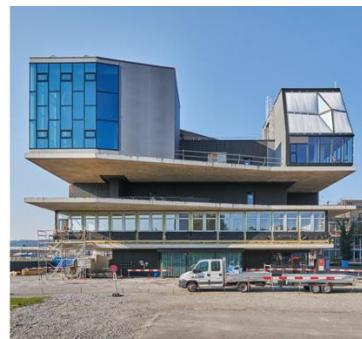


### Büroeinbau UNIT SPRINT

PROJEKT  
Neubau Büroeinheiten

ORT  
NEST Dübendorf

BAUHERRSCHAFT  
Forschungsinstitut EMPA



baubüro in situ | ZIRKULAR

Abbildung 3: 3 ReUse-Projekt – baubüro in situ ag\_Zirkular GmbH

## 2.1. Re-Use Fassade ELYS, Basel



Abbildung 4: ReUse-Projek ELYS, Basel – baubüro in situ ag

Das Projekt «ELYS» liegt nördlich in Basel, im Lysbüchelareal an der Elsässerstrasse zur Grenze nach Frankreich. Das Lysbüchel ist eines der großen Transformationsareale im Stadtkanton Basel-Stadt.

Bis Mitte 2016 hatte hier noch die Supermarktkette COOP ihr Verteilzentrum mit Grossbäckerei für die gesamte Nordwestschweiz.

Neu teilen sich 3 Eigentümer das Areal:

### Immobilien Basel-Stadt (IBS)

Die IBS lässt mit unserem Projekt ca. die Hälfte des Gebäudebestand bestehen. Die anderen Gebäude werden aufgrund schlechter Umnutzbarkeit abgerissen und machen Platz für neue Wohnüberbauungen.

### Stiftung Habitat

Auf dem Teil der Basler Stiftung Habitat wird in erster Linie gemeinnütziges Wohnen (Genossenschaften) unterstützt. Hier wird auch das ehem. COOP-Getränkelaager für Wohnzwecke umgebaut.

### SBB

Auf der Parzelle der Schweizer Bundes Bahn (SBB) sollen Wohn- und Gewerbebeflächen entstehen, stadtauswärts Richtung Industriezone mit steigendem Gewerbeanteil.

Bei diesem Projekt haben wir erstmals versucht das bestehende Gebäude max. mit gebrauchten Bauteilen und Materialien wieder zu ergänzen: Rd. 1'200m<sup>2</sup> Fassade komplett aus gebrauchtem Material zu bauen.



Abbildung 5: «Urbane Mine Lysbüchel» Unmengen an KS-Steinen

Das Gesamtprojekt begann erstmal mit umfangreichen Abbruchmassnahmen. Aufgrund der Massen an Bauteilen und Material, die auf dem gesamten Areal abgebrochen wurden, war für uns klar, dass wir unser Projekt mit gebrauchtem Material ergänzen wollen, welches wir direkt aus der Urban Mine vor Ort gewinnen.

Beim Rückbau des jüngsten Gebäudes (2003) konnten wir, für unser ReUse-Projekt H118 in Winterthur, einen grossen Teil der Stahlkonstruktion für die Gebäudeaufstockung gewinnen.

Am Beispiel eines einzelnen Bauteils, sieht man bereits, wieviel CO<sub>2</sub> durch einen neuen Stahlträger freigesetzt wird und wieviel sich durch die Wiederverwendung einsparen lassen. Dabei fällt z.B. der Transport nur minimal ins Gewicht. Und auch das sanieren bzw. auffrischen eines Stahlprofils liegt im Vergleich zu neu unter 30%.

#### How to save emissions with reuse?

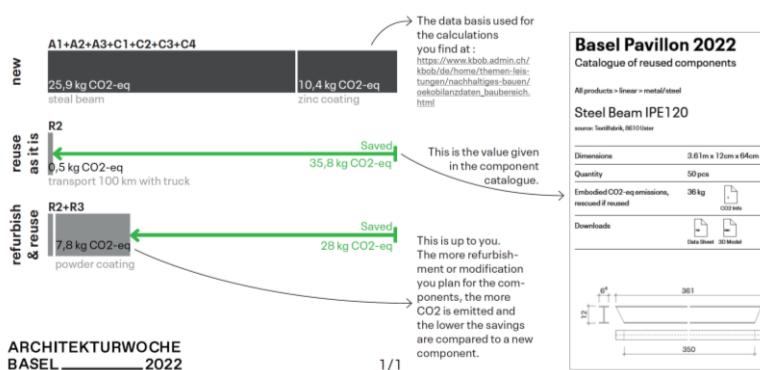


Abbildung 6: CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Wiederverwendung am Beispiel Stahlträger – «Neu vs. ReUse»



Abbildung 7 und 8: ELYS Teilrückbau des Gebäudes 215b zur Freilegung der gegenüberliegenden Fassade > neue Primarschule

Um die Fassade der neue Primarschule freizulegen, war zuerst ein Teilrückbau unseres Gebäudes 215b über 2 Stützenfelder notwendig. Ursprünglich war hier eine Zufahrtsstrasse geplant. Um einerseits einen verkehrsfreien Bereich zwischen den Gebäuden zu schaffen und gleichzeitig Abbruch zu vermeiden wurde die Decke über dem 1.UG in diesem Zwischenbereich belassen.

Auf unserer Seite (rechts) entstand ein offenes Gebäude!

Die Bauherrschaft erhoffte sich durch die Verwendung gebrauchten Materials Kosteneinsparungen, was wir nicht bestätigen konnten. Mit der Aussage, dass die Kosten gleich wie bei einem Neubau liegen werden, wurden wir zuerst mit einem «MockUp» beauftragt, um die Machbarkeit abzuklären.

An diesem 1:1-Modell konnten wir nicht nur die Einhaltung aller Vorschrift und Gesetze klären, sondern auch gleich die Verfügbarkeit benötigter Materialien und Bauteile prüfen.

Die erfolgreiche Präsentation des fertigen MockUps war dann der Startschuss dieses ReUse-Projekts und gleichzeitig der Beginn der Bauteilsuche unter Termindruck für 1200m<sup>2</sup> Fassade.

Ein Holzrahmenbauweise aus ReUse entpuppte sich als geeignete Lösung. Holz war in Form von Pfetten, Sparren und Leimbindern um Basel herum aus verschiedensten Aufstockungen und Sanierungsprojekten verfügbar.

Der Bedarf an rd. 200 Fenster konnte von 10 verschiedenen Fensterbauern gedeckt werden. Neuwertige Fenster mit aktuellen U-Werten, die aus unterschiedlichsten Gründen im Lager geblieben waren und nach einer gewissen Zeit entsorgt worden wären.

Für den Wärmeschutz wollten wir gebrauchte Dämmung direkt vom eigenen Areal einsetzen, um Transport und das recyclichen zu sparen. Die Gebäude der 60er und 70er Jahren waren jedoch kaum gedämmt.

Schlussendlich wurden 150m<sup>3</sup> Steinwoll-Dämmreste verbaut, die bei den Baustoffhändlern gesammelt werden und zum recyceln zum Hersteller gehen. Dort wurde in 2 Wochen 4 Containern gefüllt. Wir konnten zwar nicht den Transport, aber so das energieaufwendige recyclichen sparen.

Die neue Fassade sollte sich lt. Stadtbildkommission den Bestehenden anleihen. Wir hatten Trapezbleche in allen Farben zur Verfügung, nur nicht in grün!

Durch die Dachsanierung mussten aber die grüne Trapezbleche der Dachaufbauten demontiert werden. Diese wurden dann durch beige Bleche eines Rückbaus ersetzt, so dass die grünen für unsere Außenfassade zur Verfügung standen.

Nicht zuletzt konnten wir die unterschiedlich grossen Bodengitterroste der Backstrassenheizung für unsere verschiedenen Fenster verwenden.

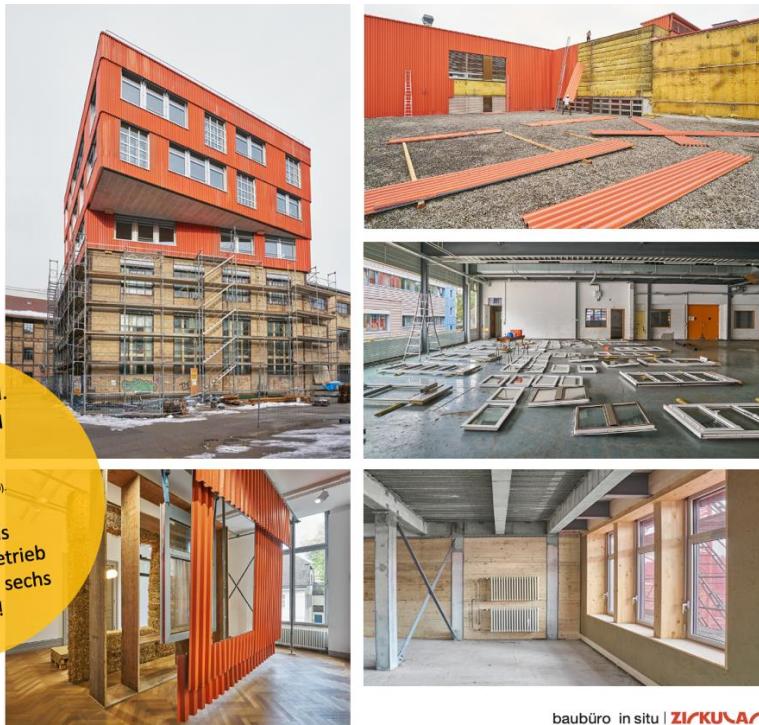
## 2.2. Aufstockung K118, Winterthur

### Aufstockung K118

PROJEKT  
Umbau / Aufstockung

ORT  
Lagerplatz Winterthur

BAUHERRSCHAFT  
Stiftung Abendrot



baubüro in situ | ZIRKUS AR

Abbildung 9: ReUse-Projekt K118, Winterthur – baubüro in situ ag

Auch dem «Lagerplatz» in Winterthur, der Stiftung Abendrot (Pensionskasse) und Teilgrundstück des ehem. Burckhardt+Sulzer-Areals, sollte das Gebäude K118 aufgestockt werden. Während auf dem benachbarten Teilgrundstück grösstenteils abgerissen wurde und Ersatzneubauten entstanden, wurde hier mit ETH und ZHAW ein Projekt geplant, mit dem Ziel diese Aufstockung mit einem Maximum an gebrauchten Bauteilen, Materialien und möglichst ökologischen, neuen Materialien umzusetzen.

Wie erwähnt, konnte für die Aufstockung die Stahlkonstruktion des rückgebauten Gebäudes 207 vom Lysbüchel Basel verwendet werden. Der Statiker hatte für die gebrauchte Konstruktion mehr Reserve eingerechnet, um auf der sicheren Seite zu sein.

Um später die Stahlprofile besser einer Wiederverwendung zuführen zu können, wurden diese nicht gekürzt. Daraus resultierend entstand auf der Ostseite eine Überstand, woraus nicht zuletzt der unverwechselbare Charme das Gebäudes entstand. Ein gutes Beispiel, wie ReUse den Gestaltungsprozess beeinflusst.

Die Decken wurden mit gebrauchten Stahl-Trapezblechen hergestellt.

Die Aussenstahltreppe wurde vom Rückbau des Orionhochhauses in Zürich gewonnen. Diese hat die Geschoss Höhen der Aufstockung bestimmt. Über einen massiven Treppensockel erfolgt die Anpassung an das Terrain

Die Fenster wurden sowohl vom Oriongebäude als auch von den Rückbauten des Nachbargrundstücks gewonnen werden.

Die Fenster mit den nicht mehr zeitgemässen U-Werten konnten zum Teil im Systemnachweis kompensiert werden. Die gebrauchten Industriefenster waren allerdings energetisch zu schlecht und wurden darum doppelt, als Kastenfenster eingebaut.

Auch der Rückbau der Ziegler-Druckerei in Winterthur stellte sich als dankbare «Urbane Mine» dar. Hier konnten in der Nähe zusätzliche Fenster, die orange Fassadenverkleidung der Aufstockung und der gesamte Dachaufbau gewonnen werden.

Auch hier wurden für die Aussenhülle Holzrahmenelemente aus gebrauchtem Holz vorgefertigt, die mit Stroh gedämmt und innenseitig nur noch mit Lehm verputzt werden mussten. Auch für Innenwände, Türen, Böden teilweise Haustechnik inkl. Sanitärkeramik etc. wurde weitestgehend auch gebrauchte Bauteile und Material verwendet, wodurch ein ReUse-Anteil von 70% erreicht, 50% CO<sub>2</sub>eq im Vergleich zu Neubau eingespart und schlussendlich die Richtwerte der SIA 2040 um 30% unterschritten wurden.

Aus diesem Projekt resultieren, neben dem ELYS, viele Erfahrungen und Berechnungen u.a. aus der Zusammenarbeit mit der ETH, die als Grundlage für unsere weiteren Projekte dienen und sich nach und nach entwickeln.

### 2.3. Büroeinbau Unit Sprint im NEST, Empa, Dübendorf



Abbildung 10: Unit Sprint ReUse & Design for dissamblly, NEST Empa, Dübendorf  
Zirkular GmbH\_baubüro in situ ag

Bei der EMPA gab es in der Corona Zeit dringenden Bedarf an zusätzlichen Einzelarbeitsplätzen, die schnellst möglich erstellt werden mussten.

Diese Aufgabenstellung wurde noch mit dem maximieren von ReUse und Design for Disassembly ergänzt.

Die Herausforderung bestand nun darin, 200m<sup>2</sup> Bürofläche in extrem kurzer Bauzeit zu erstellen, dazu schnellst möglich gebrauchte Materialien und Bauteile zu finden und so zu fügen, dass diese am Ende der Nutzungsdauer wieder demontier- und wiederverwendbar sind.

Unser Vorteil war, dass wir in unseren bisherigen Projekten nicht nur einige Erfahrungen gesammelt hatten, sondern auch noch passende Bauteile zur Verfügung stand.

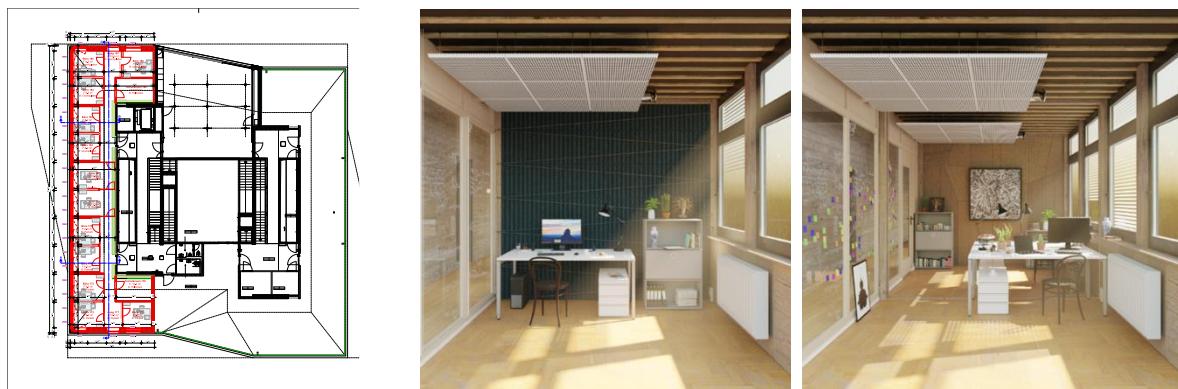


Abbildung 11: Grundriss Unit Sprint (links), Visualisierungen Einzelbüro «Covid» (mitte)+ Doppelbüro «Post-Covid» (rechts)

## Fenster

Vom Projekt K118 waren noch 23 Stück 3-fach verglaste Aluminiumfenster mit thermisch getrennt Rahmen vorhanden, die sich für die Bürostruktur bestens eigneten. Diese waren auch vorher in einem Bürogebäude verbaut, welches abgerissen wurde.

Zusätzlich wurde wieder 2 Lagerfenster von einem Fensterbauer eingebaut. Diese wurden lediglich mit einer kleinen Rahmenverbreiterung an die bestehenden Fensteröffnungen angepasst. Hiermit sollte versucht werden mit wiederverwendeten Fenstern oder bestehenden Lagerfenstern auf bestehende Öffnungen oder durch ein Gestaltungskonzept gleiche Öffnungen einer Lochfassade eingehen zu können.

Drei Werkfenster mit schlechtem U-Wert wurden auf zwei unterschiedliche Weisen verbaut: Zum einen 2 Fenster hintereinander nach Vorbild des Kastenfensters. Hier war Tauwasser ausfall im Zwischenbereich ein Thema und wurde schlussendlich durch unterschiedliche Dichtigkeit der 2 Elemente gelöst.

Bei einem weiteren Fenster wurden mit dem Glashersteller GlasSolutions aus Kreuzlingen, Partner beim NEST, unterschiedlich Verglasungsaufbauten ausprobiert, die im Betrieb gemessen werden. Hierbei war es wichtig, dass die bestehenden Gläser der 2-fach Verglasung mit Blick auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz weiterverwendet wurden.

## Holz

Auch ein Lagergebäude wurde zeitlich passend rückgebaut. Die Holzkonstruktion des Daches aus Leimbindern war nicht nur bestens für unser Projekt geeignet, sondern konnte auch den gesamten Holzbedarf decken. Dank der Großen Dimensionierung der Leimbinder konnten diese längs aufgesägt werden, so dass daraus je 4 neue, für uns passende Holzprofile für eine Modulbauweise entstand.

Aufgrund der Modulbauweise konnte das Projekt größtenteils in der Halle des Holzbauers vorgefertigt werden und vor Ort einfach mit einem Gabelstapler zwischen die bestehenden decken eingeschoben werden.

## Dämmung

Gebrauchte Dämmung hatten wir selbst noch vorrätig und auch bei der EMPA waren große Menge verschiedener Dämmmaterialien von Versuchen vorhanden.

Es wurden 3 verschiedene Wandaufbauten mit Stroh-, Steinwoll- und Aerogel-Dämmung erstellt. Stroh als ökologisches, kompostierbares Material, Steinwolle als wiederverwendbares und recycelfähiges Material. Aerogel ebenfalls wiederverwendet und mit einer fast 4x besseren Dämmleistung als mineralische Dämmung. Entsprechend konnte hier eine Außenwand mit nur 10cm Dämmstärke gebaut werden.

## Fassade

Die Fassade hätte mit den Granitplatten eines ehem. Bankgebäudes in Dübendorf verkleidet werden sollen. Und auch die Haustechnik hätte vollumfänglich dort gewonnen werden können.

Leider wurde hier nach einiger Zeit klar, dass der Rückbau der Bank mit unserem engen Terminplan nicht übereinstimmte und wir uns von diesem Idealrückbauprojekt verabschieden mussten.

Die Fassadenlösung wurde schlussendlich aber einfacher und besser: Die Holzverschalung, die bisher den Kern des Gebäudes verkleidet hatte, musste im 1.OG für unseren Einbau demontiert werden. Dadurch wurde diese frei und deckt unseren m<sup>2</sup>-Bedarf genau ab. Es war statisch die bessere Lösung und gestalterisch bereits Teil des Gebäudes.

### **Innenwände**

Aus einem ehem. Pharmagebäude in Basel konnten wir Glastrennwände mit Türen ebenfalls sehr gut zurückbauen, da die Elemente sorgfältig miteinander verschraubt waren. Die Anzahl der Elemente passte exakt auf die Unit Sprint. Diese Elemente dienen als Wand zwischen den Büros und den Gängen.

Nicht zuletzt eine Wand aus Ausschuss-Dachziegeln direkt vom Hersteller, mit Lehm gemauert und somit wieder rückbaubar, wirkt schalldämmend und teilt die Unit Sprint in 2 Hälften.

### **Böden**

Nachdem für den Bodenaufbau auch Fassadengranitplatten bzw. auch ein Lehmboden geplant war, kam man nicht zuletzt aufgrund der Holzbauweise auch hier auf Parkettböden. Bei einem weiteren Rückbauprojekt in Dübendorf konnte direkt eine große Menge Parkett gewonnen werden. Es stellt sich heraus, dass es miteinander verleimte Fertigparkettbretter waren, die nicht einzeln zu entnehmen waren. Ca. 3 Bretter bleiben immer zusammen. Diese wurden dann auch so ausgebaut und dann in 3 verschiedenen Varianten in der Unit Sprint eingesetzt:

Im Gangbereich wurde das Parkett unverändert wieder eingebaut – als einfachste und günstigste Variante. Bei der zweiten Variante wurden die drei miteinander verleimten Parkettbretter in die gleiche Breite zu Kassettenparkett geschnitten, seitlich genutet, geschliffen und geölt und abwechselnd quer und längs verlegt.

Und als dritte Variante die Bretter mit 45° gekürzt und als «französisches Fischgratparkett» verlegt.

### **Temporäre Bürotrennwände**

Die Module wurden als Doppelbüros gebaut, was sie auch langfristig sein sollen. Für die Corona Zeit müssen diese jedoch zu Einzelbüros temporär getrennt werden.

Diese temporären Trennwände wurde aus den klassischen 50x50cm Teppichfliesen erstellt, die unzähligen Mengen in Großraumbüros eingesetzt werden. Die Fliesen haften nur auf dem Untergrund und sind so extrem leicht rückbaubar.

Gebogen, senkrecht aneinandergereiht und zwischen 2 Wänden eingespannt, dazwischen zur Stabilisierung mit liegenden Schichten, ergibt dass nicht nur eine erstaunlich stabile und gleichzeitig leichte Wandkonstruktion. In Kombination mit einer aufgerollten Teppichfliese, in die gebogene eingesteckt, erreicht man einen erstaunlich guten db-Wert, der sich für temporäre Bürotrennwände eignet.

Zusätzlich haben wir Wände aus Büchern erstellt, die ursprünglich mit großen Mengen gleichformatiger Fehldruck-Bücher ausgeführt werden sollten. Es stellt sich raus, dass die EMPA-Bibliothek aufgeräumt und massenhaft alte Bücher und Zeitschrift aussortiert hatte. So wurden natürlich die Wände mit den eigenen Büchern gebaut, was aufgrund der unterschiedlichen Formate eine Herausforderung war.

Bei der einen Variante greifen die Buchdeckel abwechselnd von vorn und hinten, horizontal versetzt, wie bei einem «wilden Verband» ineinander. Dadurch entsteht eine in sich sehr stabile Wand. Allerdings ist eine Luftdurchlässigkeit, und damit auch die Schalldurchlässigkeit nicht zu vermeiden.

Mit einer ordentlichen Reihung von gleichhohen Büchern, die ebenfalls ineinandergreifen und horizontal mit Teppichfliesen «abgedichtet» sind, sieht es dagegen deutlich besser aus. Durch die unterschiedlichen dicken der Bücher lassen sich die definierten Rahmen sogar exakt und dicht ausfüllen.

### **Haustechnik**

Bei der Haustechnik mussten wir einen Rückschlag hinnehmen. Nachdem es kurzzeitig so aussah, dass wir die Haustechnik komplett mit rückgebauten Elementen abdecken können, hat sich das dann leider doch zerschlagen.

Glücklicherweise befand sich dann aber doch noch ein Monoblock in unserem Lagerbestand gebrauchter Bauteile. Und zusätzlich konnten dann auch noch Akustikdeckenelemente gebraucht bezogen und mit Heiz-/Kühlelementen aufgewertet werden.

Zum Schluss darf ich zum Themas Wiederverwendung noch auf das folgenden neue Buch hinweisen:

Hier sind die Erkenntnisse und Erfahrungen zum Thema Wiederverwendung, mit Beispielen und Beiträgen von baubüro in situ und Zirkular, für Interessierte und Nachahmer festgehalten.



Abbildung 12: Neues Buch «Bauteile wiederverwenden»

## **Sponsoren und Aussteller**



binderholz Bürogebäude Baruth I D

Hotel MalisGarten, Zell am Ziller I A

Wohnbau 'Haus auf Stelzen' Tillystraße, Regensburg I D

Jugendgästehaus Gerlosplatte, Krimml I A

## Komplettanbieter für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte Massivholzbaulösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettsperrholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressspanpaletten und -klötzte | Biobrennstoffe | Pferdestreu

**Weil wir es lieben, wenn  
Ihr Plan funktioniert.**

[www.egger.com/digitaleplanung](http://www.egger.com/digitaleplanung)



Kostensenkung, Zeitersparnis, Planungssicherheit und höhere Qualität – so lautet der Plan. Mit unseren geprüften und zertifizierten Konstruktionen ist das möglich. Einfach die bewährten Bauteile in den passenden digitalen Datenformaten herunterladen und in Ihr BIM- oder CAD-System integrieren. **Mit der EGGER Planungshilfe geht Ihr Plan auf.**

**MEHR AUS HOLZ.**

**E EGGER**

# Die Software für den Holzbau.

Durchgängige Holzbauplanung auf der Basis von AutoCAD® und Revit® vom Entwurf über die Maschine bis hin zur Montage – konsequent 3D und BIM-konform.

## Flexible offsite construction software.

Consistent timber construction planning based on AutoCAD® and Revit® from design to manufacturing to assembly – consistently 3D and BIM compliant.

Mit unseren innovativen Lösungen hsbDesign, hsbMake und hsbShare unterstützen wir seit mehr als 30 Jahren erfolgreich Unternehmen in den Bereichen Zimmerei & Holzbau, Holzrahmenbau, Fertighausbau, BSP, Ingenieurholzbau sowie Modulbau.

Mit hsbDesign erstellen Sie basierend auf einem Architekturmodell die umfassende Holzbauplanung und Arbeitsvorbereitung – durchgängig und ohne Informationsverlust. Das Produktionsleitsystem (MES) hsbMake ermöglicht Ihnen einen digitalen und somit papierlosen Produktionsprozess. Aufträge werden automatisiert durch das individualisierte System gesteuert, jeder Arbeitsplatz erhält zur richtigen Zeit die richtigen Informationen im richtigen Format. Anschließend teilen Sie Ihre Projekte mit allen Projektbeteiligten über unsere cloud-basierte Lösung hsbShare.

With our innovative solutions, hsbDesign, hsbMake, and hsbShare, we have successfully supported companies in carpentry, timber construction, metal & timber frame construction, prefabricated house construction, CLT, timber engineering and modular construction for 30+ years.

With hsbDesign, you can create comprehensive timber construction planning and work preparation based on an architectural model – consistently and without loss of information. The manufacturing execution system (MES) hsbMake enables you to create a digital and thus paperless production process. The individualized system automatically controls orders; each workstation receives the right information in the right format at the right time. You then share your projects with all project participants via our cloud-based solution, hsbShare.



# ISOCELL

ISOCELL GmbH & Co KG  
Gewerbestraße 9  
5202 Neumarkt am Wallersee | Österreich  
Tel: +43 6216 4108-0 | Fax: +43 6216 7979  
office@isocell.at  
WWW.ISOCELL.COM

## DAS KLEBEBAND OHNE LINER – FÜR DIE SCHNELLE VERLEGUNG

Das AIRSTOP SOLO Klebeband ist leicht dehnbar und optimal zur luftdichten Verklebung. Der Spezialträger verfügt über eine hochwertige Acrylatklebebeschichtung.



● HARMONISCHE HOLZOPTIK

● WOHNGESUND  
LÖSUNGSMITTELFREI  
INNENRAUM-QUALITÄT  
GETESTET

### EINSATZBEREICHE

- Verklebung von Dampfbremsen und -sperren
- Verklebung von OSB und MDF im Innen- und Außenbereich
- Übergänge und Anschlüsse an Holz, Mauerwerk und Metalle

### VORTEILE

- **PATENTIERTE SPEZIALFOLIE**  
Quer von Hand reißbar  
Längs reißfest durch Faden-gelege
- **FEINTUNING SPEZIALFOLIE**  
Ruckfreies, geschmeidiges Abrollen  
Einfachste Verarbeitung
- **LINERFREI**  
Schneller zu verarbeiten  
Spart Zeit und Entsorgungskosten
- **PERFEKTE HAFTUNG UND VERARBEITUNG**



Leicht reißbar



Linerfrei



Schnell zu verarbeiten



DIN 4108-11 inkl. Alterung  
DIN 4108-7  
ÖNORM B 8110-2  
SIA 180

ÉMISSIONS DANS L'AIR INTÉRIEUR*			

WWW.ISOCELL.COM

# Hardie® Panel Fassaden

Damit Sie ihre Pläne nicht nur optisch, sondern  
auch wirtschaftlich in die Tat umsetzen können.  
**It's Possible™**

VERSCHRAUBUNG  
FAIRBLICK  
AUCHE PÄSST

3m

NICHT BRENNBAR,  
A2, sl-d0

Fordern Sie ein  
kostenloses Muster an:  
[www.jameshardie.de](http://www.jameshardie.de)



Hardie® Panel  
Fassadentafeln

**15 Jahre**  
Garantie

 JamesHardie™

# Bester Schutz vor Bauschäden und Schimmel

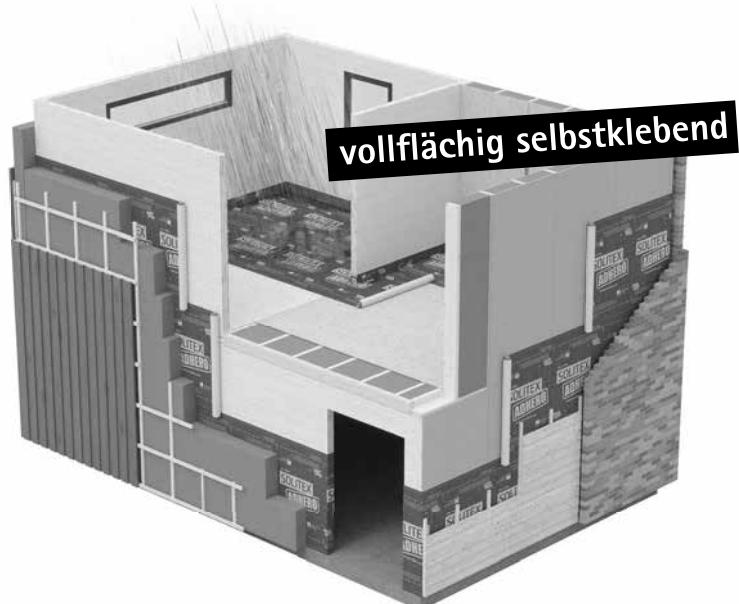
Luftdichtung und Witterungsschutz

## SOLITEX® ADHERO

Hält Ihre Konstruktion trocken.

Diffusionsfähiges und maximal schlagregendichtetes System.  
Extrem alterungs- und hitzebeständig.

*Haftet sofort auf tragfähigen Untergründen.*



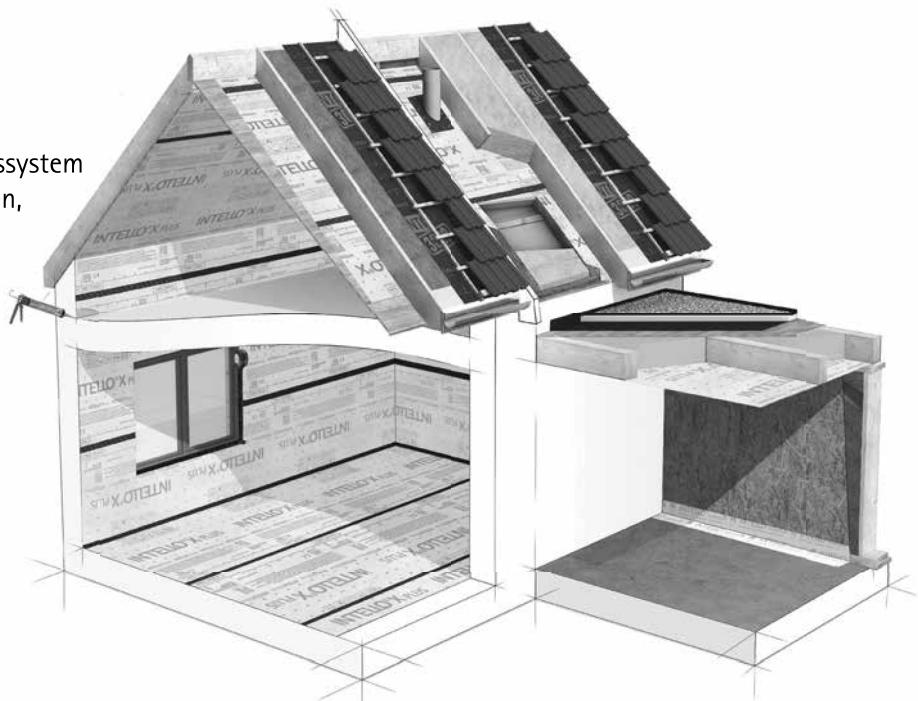
Intelligentes Luftdichtungssystem

## INTELLO® X

Eine Bahn mit X Einsatzmöglichkeiten

Allround Hydrosafe® Hochleistungs-Dampfbremssystem  
für Aufsparren- und Zwischensparrendämmungen,  
Dachsanierung von außen.

*Feuchtevariabel, bewitterbar, UV beständig*



## pro clima – und die Dämmung ist perfekt

Das komplette Profi-System für die sichere Gebäudedichtung. Über 30 Jahre Erfahrung in Forschung und Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service. Für besten Schutz gegen Bauschäden und Schimmel.

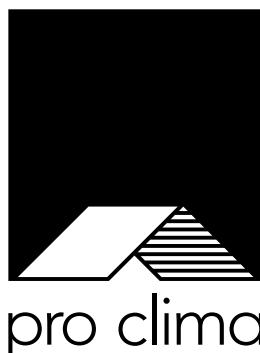


### pro clima WISSEN

Planungshandbuch zeigt genau wie es geht  
Über 400 Seiten Details, Konstruktionen, Bauphysik,  
Systeme u. v. m.

Kostenfrei anfordern  
0 62 02 - 27 82.0, [info@proclima.de](mailto:info@proclima.de),  
[proclima.de/wissen](http://proclima.de/wissen)

[proclima.de](http://proclima.de)



Fokus

# Qualität & Innovation

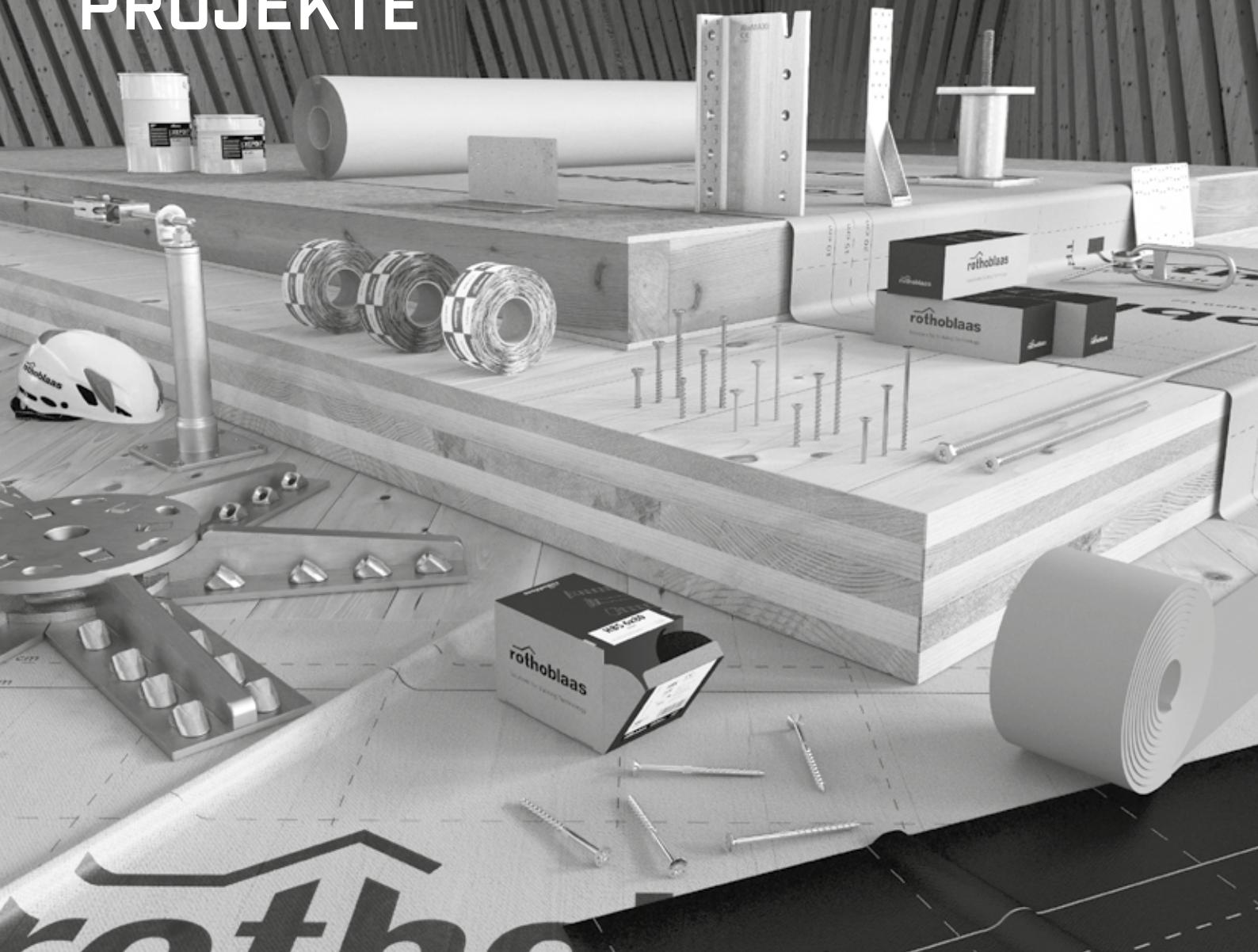
**HASSLACHER  
NORICA TIMBER**

From wood to wonders.



**Führender Lieferant**  
von Systemlösungen für  
den modernen Holzbau

# DIE RICHTIGE LÖSUNG FÜR IHRE PROJEKTE



## ■ VERBINDUNGSTECHNIK

## ■ LUFTDICHTHEIT UND BAUABDICHTUNG

## ■ SCHALLDÄMMUNG

## ■ ABSTURZSICHERUNG

## ■ WERKZEUGE UND MASCHINEN

Rothoblaas hat sich als multinationales Unternehmen der technologischen Innovation verpflichtet und avancierte innerhalb weniger Jahre zum weltweiten Bezugspunkt im Bereich Holzbau und Sicherheitssystemen. Dank unserem umfassenden Sortiment und einem engmaschigen und technisch kompetenten Vertriebsnetz sind wir in der Lage, unseren Kunden unser Know-how im Bereich Holzbau zur Verfügung zu stellen und Ihnen als starker Partner zur Seite zu stehen. All diese Aspekte tragen zu einer neuen Kultur des nachhaltigen Bauens bei, die auf die Steigerung des Wohnkomforts und die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgelegt ist.

Für weitere Informationen:  
[www.rothoblaas.de](http://www.rothoblaas.de)



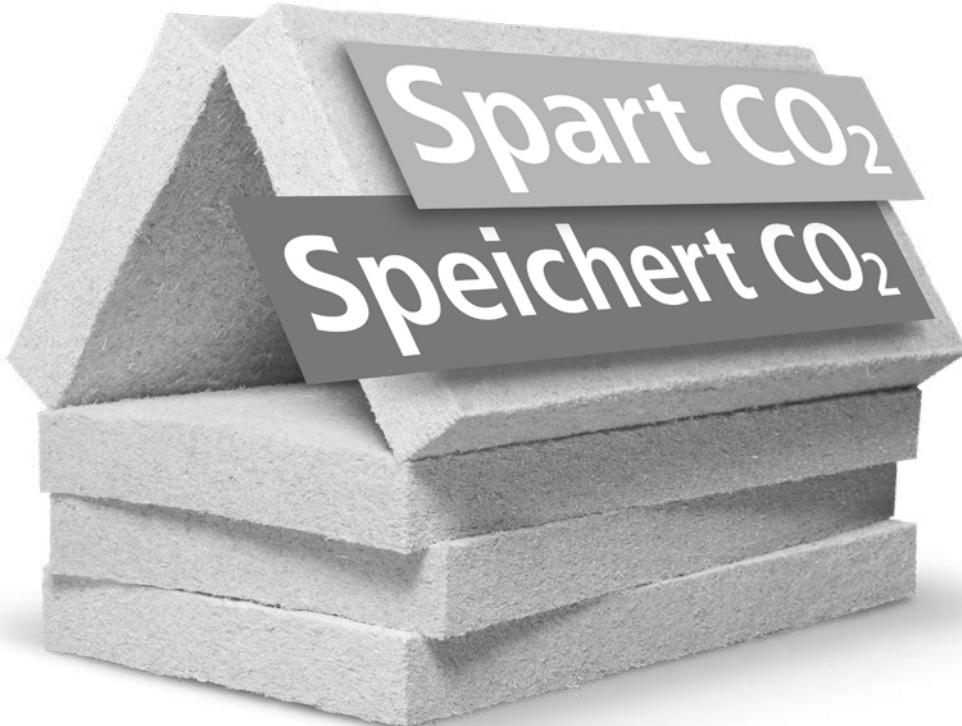
 **rothoblaas**

Solutions for Building Technology



## Die Klimadämmung

**Spart CO<sub>2</sub>**  
**Speichert CO<sub>2</sub>**



[www.steico.com/flex](http://www.steico.com/flex)

## Natürlich dämmen mit Holzfaser

### Gebäude werden zu großen Kohlenstoffspeichern

In Holzfasern sind große Mengen CO<sub>2</sub> gespeichert. Denn bei seinem Wachstum setzt ein Baum kein CO<sub>2</sub> frei, sondern bindet große Mengen CO<sub>2</sub>. Wird sein Holz stofflich genutzt, so bleibt es gespeichert. 85 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>3</sup> speichert die STEICOflex 036. Das macht sich in der CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Gebäudes stark bemerkbar.

### Wärmespeicherung schützt vor Überhitzung

Aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherfähigkeit schützt die STEICOflex 036 an sonnigen Sommertagen vor Überhitzung des Gebäudes. Denn die von außen in die Dämmschicht eindringende Hitze kann nur sehr langsam vordringen. Wenn es draußen Nacht und kühlt wird, fließt die gespeicherte Hitze größtenteils wieder nach außen zurück und strahlt ab.

### Gesundes Raumklima wird unterstützt

Die Diffusionsoffenheit und Feuchtespeicherfähigkeit der STEICOflex 036 gleicht Feuchtespitzen in der Raumluft aus und unterstützt ein angenehmes, gesundes Raumklima. Zudem ist die STEICOflex 036 aus frischem Nadelholz hergestellt und enthält keine bedenklichen Zusatzstoffe. Das Institut für Bauökologie Rosenheim (IBR) empfiehlt sie.

### Holz stammt aus nachhaltiger Forstwirtschaft

Nachhaltig bewirtschaftete Wälder ergänzen die CO<sub>2</sub>-Speicherung von Holz zu einer hochwirksamen Klimaschutzstrategie: Junge Bäume ersetzen die geernteten und binden neues CO<sub>2</sub>. Deshalb stammt das Holz zur Herstellung der STEICOflex 036 ausschließlich aus FSC- und PEFC-zertifizierter Forstwirtschaft.

### Schützt die Konstruktion

Die STEICOflex 036 ist zum einen diffusionsoffen und kann zum anderen viel Feuchte aufnehmen, zwischenspeichern und wieder abgeben, ohne dass sich ihre Dämmfähigkeit dabei ändert. Dadurch bleiben Dämmschicht und Konstruktion länger trocken – und das ist die beste Garantie gegen Feuchteschäden und für ein langes Gebäudeleben.

### Jetzt Gratismuster bestellen



**λ<sub>D</sub> 0,036 Niedrigste Wärmeleitfähigkeit unter den Naturdämmstoffen**

# Gemeinsam stärker – mit Collano

Collano entwickelt clevere Systeme, neue Lösungen und Produkte für aussergewöhnliche Klebstoff-Verbindungen. Mit profunder Kenntnis verschiedenster Substrate und Hybridwerkstoffe sowie einem speziellen Fokus auf den modernen Holzbau eröffnet Collano dem Baugewerbe die ganze Breite an Klebeverbindungen.

[www.collano.com](http://www.collano.com)



**Collano AG**

Neulandstrasse 3  
CH-6203 Sempach Station  
Switzerland

T +41 41 469 92 75

[info@collano.com](mailto:info@collano.com)

[www.collano.com](http://www.collano.com)



## ERLUS Nachkaufgarantie

### Dachziegel 20 Jahre lang nachbestellen

Sie planen einen Anbau und das Modell soll dasselbe sein? Sie brauchen einzelne Dachziegel, weil ein Sturm sie vom Dach gefegt hat? Dafür gibt es jetzt die ERLUS Nachkaufgarantie! Mit diesem Angebot sind Sie für Dachreparaturen und -sanierungen gerüstet: ERLUS gewährt die Nachkaufgarantie 20 Jahre lang ab Kaufdatum für Flächenziegel und keramisches Zubehör aus dem Standardsortiment\*. So verlängern wir den Lebenszyklus Ihres Daches, schonen Rohstoff- und Energieressourcen und leisten einen nachhaltigen Beitrag für unsere Umwelt.

Unser Beitrag für mehr Flexibilität und Nachhaltigkeit – diese Modelle können Sie 20 Jahre lang nachkaufen:



E 58 S



E 58



E 58 SL



E 58 SL-D



E 58 RS\*



E 58 MAX\*



Karat®



Karat® XXL



Karat® XXL-D



Linea®



Level RS®



Forma®



Scala®



Falzziegel



Großfälzziegel



Großfälzziegel XXL®



Reformpfanne SL



Reformpfanne XXL®



Hohlfalz SL



Hohlfalz SL-D



Monaco



Mönchpfanne



Mönch- / Nonnenziegel



Bierschwanzziegel

# #HolzKannDas

Natürlich. Nachwachsend.

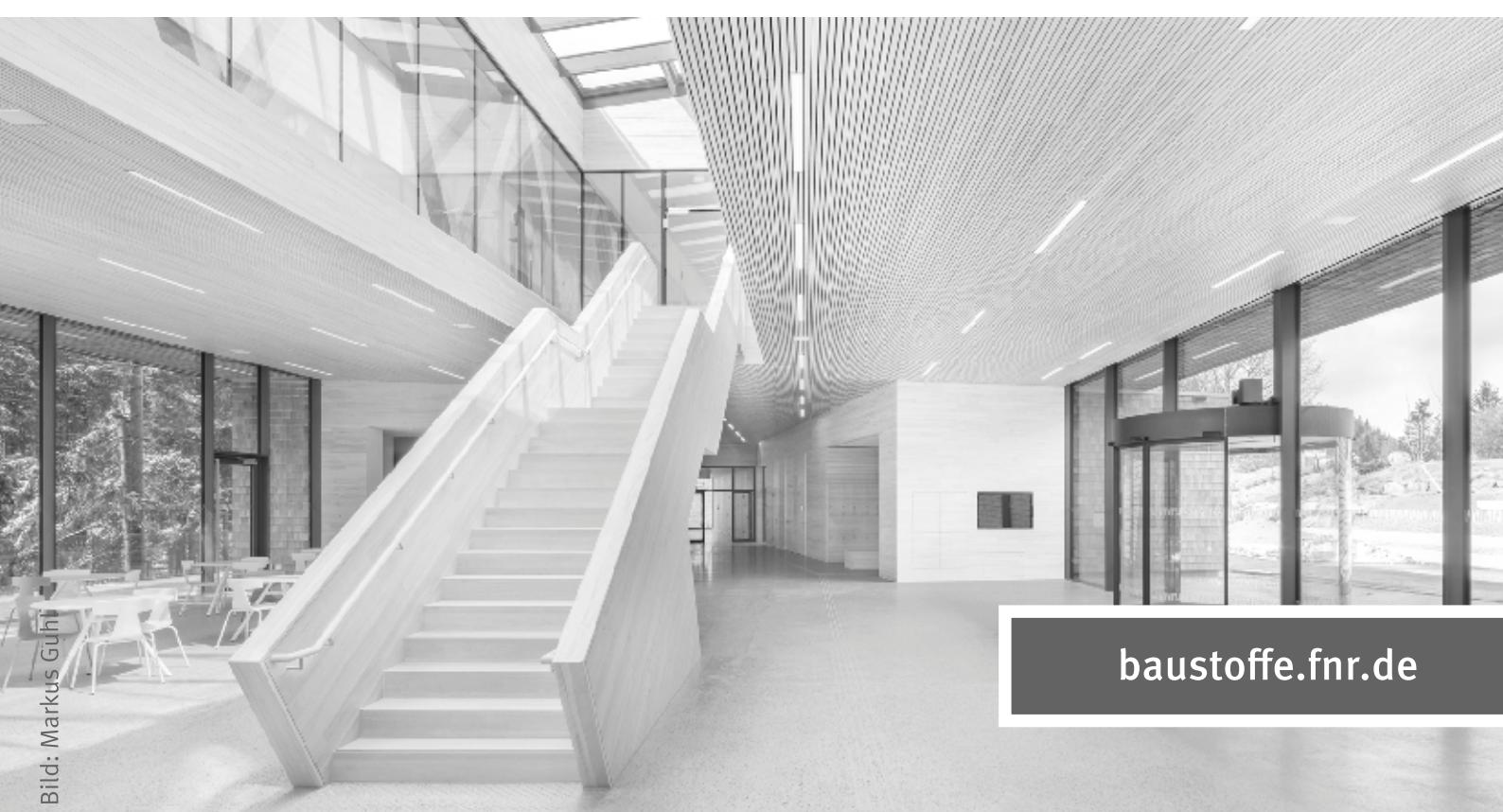


Bild: Markus Gühr

[baustoffe.fnr.de](http://baustoffe.fnr.de)

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V.

**Wir fördern klimafreundliche  
Innovationen für die  
holzbasierte Wirtschaft  
im Auftrag des BMEL**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**KLH®**



**WIR FREUEN  
UNS AUF  
IHREN BESUCH**

**Unser Ansprechpartner für Deutschland:**

**ABA HOLZ**  
*van Kempen GmbH*

**ABA HOLZ VAN KEMPEN GMBH**  
Streitheimer Straße 22 | 86477 Adelsried  
[info@aba-holz.de](mailto:info@aba-holz.de) | [www.aba-holz.de](http://www.aba-holz.de) | [www.klh.at](http://www.klh.at)

- PIONIER IN DER HERSTELLUNG VON BRETTSPERRHOLZ
  - MEHR ALS ZWEI JAHRZEHNTEN ERFAHRUNG
  - DAS ORIGINAL MIT MEHR ALS 38 000 PROJEKTEN WELTWEIT
  - INTERNATIONALES PROJEKTMANAGEMENT
  - LÖSUNGSORIENTIERTER PROJEKTPARTNER
  - VON STATISCHER VORBEMESSUNG BIS ZUR WERKPLANUNG

**KLH MASSIVHOLZ GMBH** | 8842 Teufenbach-Katsch | Gewerbestraße 4  
Tel +43 (0)3588 8835 | office@klh.at | www.klh.at



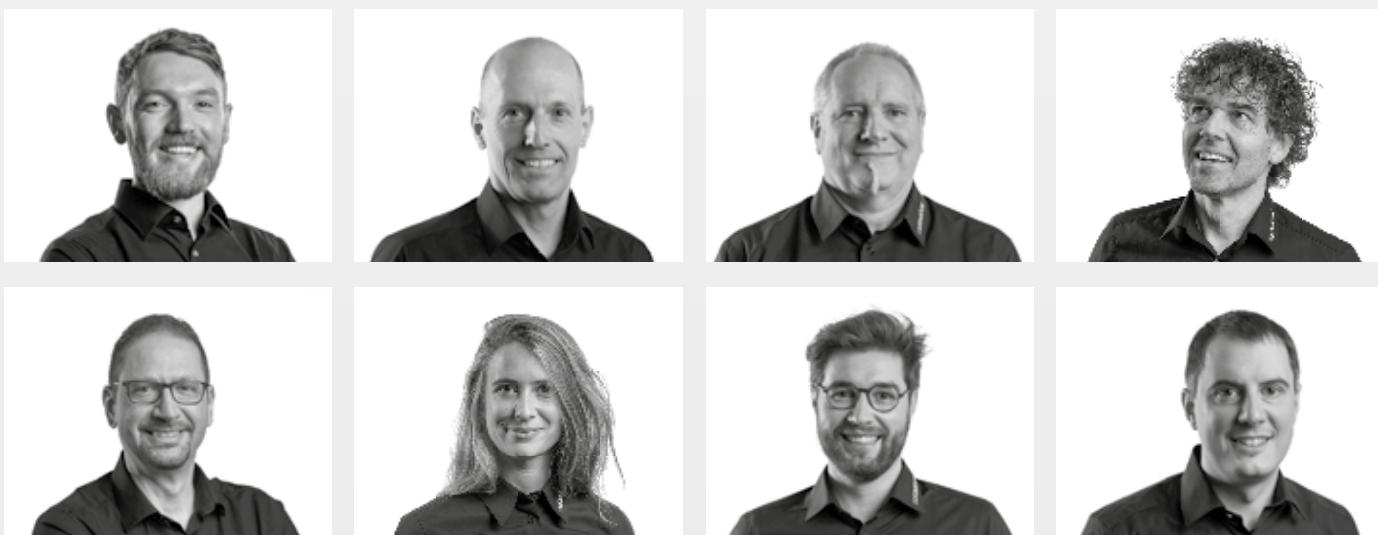
## Alles in einem Element:

- |  |                        |   |              |
|--|------------------------|---|--------------|
|  | Statik - tragend       |  | Schallschutz |
|  | Feuerwiderstand 90 min |  | Raumakustik  |
|  | Ästhetik               |  | Wärmeschutz  |
|  | Ökologie               |  | Top-Beratung |

Interessiert?

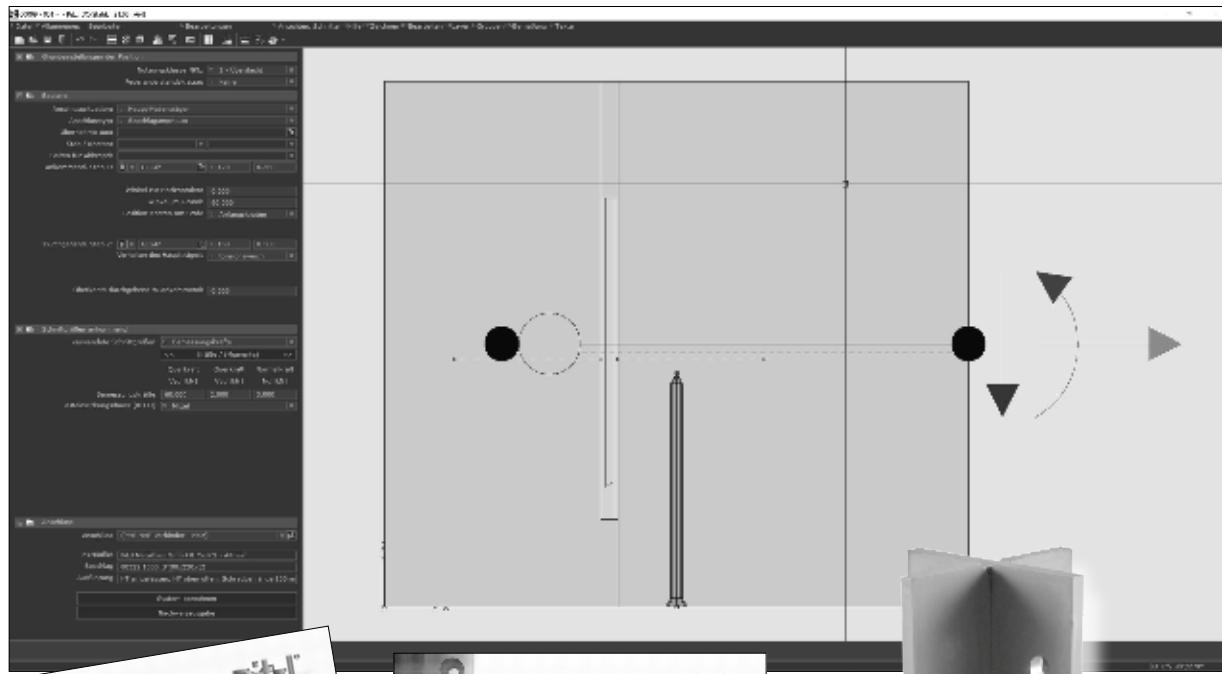
Kontaktieren Sie unser  
Beratungsteam:

+41 71 353 04 10  
[beratung@lignatur.ch](mailto:beratung@lignatur.ch)



# Pitzl-DC Statik

## Einfach und schnell zur sicheren Bemessung Ihrer Holzverbindung



Innovative Holzverbindungssysteme für höchste Ansprüche.  
Pfostenträger | Verbinder | Balkonsäulen | Zaunsäulen | Werkzeuge | Schallschutz

**Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG**  
Siemensstraße 26, 84051 Altheim  
Telefon: +49 8703 93460  
[www.pitzl-connectors.com](http://www.pitzl-connectors.com)





© Stefan Müller/Johannisgärten, Berlin

# Bauen Sie besser mit Holz.



© Garbe Immobilien-Projekte/Roots, Hamburg



© Hans Jürgen Landes/Typensporthallen, Berlin

**RUBNER**



NEU

# Wetguard: Transparente Feuchteschutz- Membrane von SIGA

**SIGA Wetguard ist die neue vollflächig selbstklebende Feuchteschutz-Membrane und kann bereits werkseitig, in der Vorfertigung, oder auf der Baustelle montiert werden.**

SIGA Wetguard 200 SA schützt vorgefertigte Holzelemente zuverlässig vor Feuchtigkeit und Beschädigungen während Lagerung, Transport, Montage und der Bauphase und verhindert damit Feuchteschäden wie Verfärbungen im Sichtbereich oder Spannungen und Massungenauigkeiten durch Aufquellen der Elemente.

## Über Wetguard

SIGA Wetguard ist diffusionsfähig und mit einer rutschfesten und wasserdichten Spezialbeschichtung ausgerüstet. Das robuste Vlies schützt vor mechanischer Beschädigung und der vollflächig aufgebrachte SIGA-Hochleistungsklebstoff sorgt für sichere Haftung auf Holzoberflächen. Mit der transparenten Optik von SIGA Wetguard bleiben nicht nur

im Werk angebrachte Markierungen oder Durchdringungen sichtbar, sondern auch die charakteristische Oberflächenstruktur des Werkstoffes Holz.

Die Folie ist robust gegenüber mechanischer Belastung und auch bei Nässe rutschfest. Der formstabile Träger ermöglicht einfaches, schnelles und faltenfreies Verlegen und ist sofort dicht verklebt. SIGA Wetguard ist in drei Produktdimensionen (1560mm / 780mm / 390mm x 50m) erhältlich. Für spezielle Anwendungen können nach Kundenwunsch verschiedene Dimensionen und Ausführungen hergestellt werden.

SIGA Wetguard sorgt für maximale Sicherheit über den gesamten Bauablauf und erspart dem Handwerker zusätzliche Arbeitsschritte und Zeit. Damit ist sie die ideale Abdichtung während der Bauzeit, ob für einfache oder herausfordernde Holzbauprojekte.



**VELUX®**

Dachfenster

## **VELUX Lichtlösungen**

### **Auf ganzer Länge erhelltend**

Fensterflächen vom Boden bis fast zur Decke optimieren den Tageslicht-Einfall und schaffen Bezug zur Umgebung. VELUX Lichtlösungen bieten:

- Neue Größenvielfalt
- Besseren Ausblick nach unten
- Fast durchgehende Glasflächen durch schmalen Übergang zwischen Dachfenster und Zusatzelement
- Einsatz von Schwingfenster oder Klapp-Schwing-Fenster

[www.velux.de/lichtloesungen](http://www.velux.de/lichtloesungen)



**West Fraser**

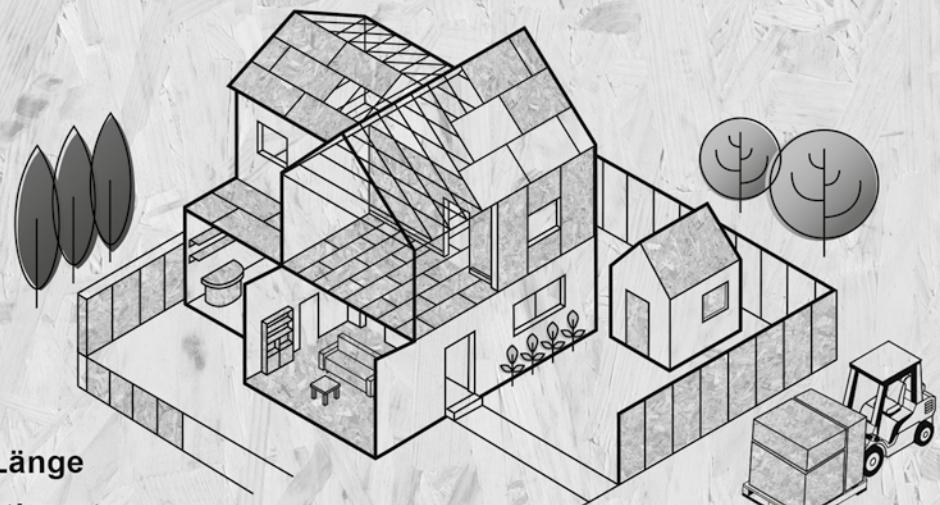
**DACH + HOLZ**  
5. - 8. JULI in Köln  
**Stand 7.406**



## **Lernen Sie uns neu kennen!**

Auf der DACH + HOLZ erleben Sie uns (vormals Norbord) zum ersten Mal auf einer Fachmesse unter dem Namen West Fraser. Im neuen Design präsentieren wir Ihnen Bewährtes und Neues, so auch unsere klimafreundliche SterlingOSB. Besuchen Sie uns – und lassen Sie uns neue Chancen gemeinsam nutzen!

- Nachhaltig
- Klimafreundlich
- Formaldehydfrei verleimt
- Niedrige VOC Emissionen
- Große Formatvielfalt – bis 5 m Länge
- OSB/3 & OSB/4 als Standardsortiment
- Zuverlässige Lieferlogistik



 **SterlingOSB® Zero®**

Mit Sicherheit umweltfreundlich bauen



[www.SterlingOSB.de](http://www.SterlingOSB.de)  
Tel. 00800 67226783  
(kostenfrei D/A/CH)



# GEBÜNDELTE HOLZBAU-KOMPETENZ

Innovative Holzbau-Systeme aus einer Hand

Die Unternehmen der Knauf Gruppe bündeln ihre individuellen Kompetenzen, um sowohl kleinen Zimmereien als auch großen Holzbaubetrieben und Fertighausanbietern aufeinander abgestimmte und geprüfte Lösungen aus einer Hand bieten zu können.

So sorgen wir für Planbarkeit, Zuverlässigkeit und Ausführungssicherheit – sowohl auf der Baustelle als auch im seriellen Fertigungsprozess – und bieten Ihnen mit unserem auf den Holzbau spezialisierten Vertriebsteam persönlichen Kontakt auf Augenhöhe.



# Die neue Dimension beim Wohn- und Objektbau

wohngesund, wirtschaftlich und innovativ



ZimmerMeisterHaus  
So geht Holzbau

Maximale Qualität und Vertrauen durch die Manufakturen der  
ZimmerMeisterHaus-Gruppe, Deutschlands Nr. 1 beim individuellen Holzhausbau

📍 Olof-Palme-Ring 25, 14822 Borkwalde ☎ 033845-40945 📩 info@arche-naturhaus.de

[www.arche-naturhaus.de](http://www.arche-naturhaus.de)

Effektive Lösungen für Dach, Fassade und Boden.

# DämmRaum clever schaffen.



Schneller. Einfacher. Nachhaltiger.

Mit den DämmRaum-Elementen schaffen Sie im Handumdrehen eine perfekte Unterkonstruktion für Ihre Dämmung. Nachhaltige Lösungen für Dach, Fassade und Boden.

B+M HolzWelt GmbH  
77767 Appenweier  
T +49(0)7805 9685-0  
[www.bm-holzwelt.de](http://www.bm-holzwelt.de)  
[www.daemmlraum.de](http://www.daemmlraum.de)

# 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 Hinterfütterung
  - Höhenausgleich
  - Kleine Baustelleneinrichtung
- [www.compono.de](http://www.compono.de)  
[www.balkendecke.de](http://www.balkendecke.de)



## *Qualität und Image im Innenausbau stärken*

**Der Bundesverband Innenausbau, Element-, und Fertigbau e.V. (BIEF)** ist der Fachverband für alle im schlüsselfertigen Innenausbau tätigen Unternehmen. Wir bündeln die technischen Querschnittsthemen der am Innenausbau beteiligten Gewerke und sichern gemeinsam mit unseren Mitgliedern eine hohe Qualität.

Die Ansprüche an einen Innenausbauer sind hoch. Immer noch wird unterschätzt, in welchem Ausmaß der Innenausbauer die Qualität eines Bauwerks beeinflusst. Ein optisch sehr schön verlegter Parkettboden ist wenig wert, wenn durch falsche Planung und Anschlussausführung der Schallschutz einer Wohnungstrenndecke vernichtet wird. Wird bei der Ausführung einer Wandverkleidung die Luftdichtheit der Gebäudehülle nicht gewährleistet oder bestehende Bauteile in ihrer Luftdichtheit verletzt, können Feuchteprobleme bis hin zur Schimmelbildung die Folge sein. Die falsche Auswahl von Bau- und Dämmstoffen oder deren falsche Verarbeitung kann zu erhöhten Emissionen mit der Folge mangelhafter Raumluftqualität führen. Die Liste ließe sich fast endlos fortsetzen.

Der Bundesverband Innenausbau, Element- und Fertigbau e.V. (BIEF) will diesen Herausforderungen an den Innenausbau begegnen und wirbt um weitere Mitglieder.

Mit einer Verbandsmitgliedschaft beim **Bundesverband Innenausbau, Element-, und Fertigbau e.V.** genießen Mitglieder **Vorteile**:

- ✓ Informationen zu Fach- und Querschnittsthemen des Innenausbaus
- ✓ Plattform für Mitgliaderaustausch zu Problemstellungen der Betriebs- und Baupraxis
- ✓ Platzierung unternehmens- sowie branchenspezifischer Themen in der Politik
- ✓ Imagegewinn in der Öffentlichkeit, u.a. durch mögliche Mitgliedschaft in der Qualitätsgemeinschaft Innenausbau
- ✓ Netzwerk mit Ansprechpartnern und Zugang zu Projektpartnern

### **Kontakt:**

Michael Neues

Bundesverband Innenausbau, Element- und Fertigbau (BIEF) e.V.

c/o HDH e.V.

Dorotheenstr. 35

10117 Berlin

E-Mail: [michael.neues@holzindustrie.de](mailto:michael.neues@holzindustrie.de)

[www.innenausbau.org](http://www.innenausbau.org)

# 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).

Bestes Klima mit DX-Klimadecke  
Heizen/Kühlen (DX-THERM) und Lüften (DX-AIR)



Unterstützungsfreie  
Verlegung



Stabiler und kraftschlüssiger  
Deckenverbund in kürzester Zeit  
durch DX-Schloss



Spannweiten bis 7m



Hoch belastbar bei  
geringem Eigengewicht



Glatte, ebene Untersichten,  
Verputzen entfällt



Hohlräume lassen sich  
ideal für Versorgungs- und  
Kabelkanal nutzen

Mehr auf [www.dennert-hybridbau.de](http://www.dennert-hybridbau.de) oder Info-Line 09552 71-148

Dennert Baustoffwelt GmbH & Co. KG, Veit-Dennert-Str. 7, 96132 Schlüsselfeld



Der Deutscher Forstwirtschaftsrat (DFWR) ist die Vertretung aller mit der Forstwirtschaft und dem Wald befassten Akteure in der Bundesrepublik Deutschland und setzt sich für die Interessen und Belange einer nachhaltigen Forstwirtschaft ein. Die Mitgliedsorganisationen des DFWR vertreten den Privat-, Staats- und Körperschaftswald mit etwa zwei Millionen privaten und öffentlichen Waldbesitzenden, die mit der Forstwirtschaft verbundenen berufsständischen Verbände, forstliche Forschungseinrichtungen und weitere mit der Erhaltung und Förderung des Waldes und der Forstwirtschaft befasste Organisationen.



sich für die Interessen und Belange einer nachhaltigen Forstwirtschaft ein. Die Mitgliedsorganisationen des DFWR vertreten den Privat-, Staats- und Körperschaftswald mit etwa zwei Millionen privaten und öffentlichen Waldbesitzenden, die mit der Forstwirtschaft verbundenen berufsständischen Verbände, forstliche Forschungseinrichtungen und weitere mit der Erhaltung und Förderung des Waldes und der Forstwirtschaft befasste Organisationen.



Die Forst- und Holzwirtschaft ist der „Hidden Champion“ des Klimaschutzes: Ihre Leistung ist der Öffentlichkeit bisher kaum bekannt. Das will das beim DFWR angesiedelte Projekt KliWaBe mit der Kampagne „Klimaschutz AG“ ändern. Diese ist ein fiktives Unternehmen unter Führung des exzentrischen CEOs Elon Ast. Die zahlreichen Akteure der Forstwelt, wie Waldbesitzer, Förster und Holzverarbeiter werden als Mitarbeiter dieser AG dargestellt. Das Projekt wird aus dem Waldklimafonds der Bundesregierung gefördert, gemeinsam getragen vom Bundesministerium für Umwelt und dem für Landwirtschaft.

## Sie wollen Schülerinnen und Schülern ihren Betrieb vorstellen?

Wir bieten Ihnen **kostenlose Schulungen** für holzverarbeitende **Betriebe** zu den Themen „Betriebserkundung mit Schulklassen“ und „Klimaschutz durch nachhaltige Holznutzung“ an. Gehen Sie mit Schulklassen auf eine „Expedition Carbon“.



Entdecken Sie außerdem unsere **kostenlosen Bildungsmaterialien** zur „Expedition Carbon“ unter [www.bildungsserver-wald.de](http://www.bildungsserver-wald.de) !



Die Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e. V. engagiert sich als anerkannter Naturschutzverband für die Belange des Wald- und Naturschutzes, gleichzeitig aber auch für waldschonende Nutzung. Alle Infos und Kontakt zum Projekt unter: [www.sdw.de/kliwabe](http://www.sdw.de/kliwabe)





# AUS GUTEM HOLZ

VIGAM: DAS WELTWEIT EINZIGE BRETT SCHICHTHOLZ AUS EICHE MIT CE-ZEICHEN FÜR TRAGENDE ZWECKE

## Ihr Spezialist für hochwertige Holzprodukte

Holzbalken ist nicht gleich Holzbalken. Die langjährige Erfahrung der **GRUPO GÁMIZ** mit Edelhölzern hat dazu geführt, dass wir die Eigenschaften jeder einzelnen Holzart genauestens kennen. Das VIGAM Brettschichtholz aus Eiche eignet sich sowohl für tragende als auch dekorative Zwecke und sorgt für höchste ästhetische Ergebnisse mit ausgezeichneten Festigkeitseigenschaften. Im Jahr 2013 hat die **GRUPO GÁMIZ** als erster Hersteller weltweit das CE-Zeichen für die Herstellung von Brettschichtholz aus Eiche als Holzbauelement erhalten.

[www.grupogamiz.com](http://www.grupogamiz.com)





**Enno Roggemann**



# INNOVATION IST DIE BESTE TRADITION.

**Unsere Unternehmenshistorie ist eine Erfolgsgeschichte mit Zukunft.**

Bereits seit 1948 gehören wir, das Traditionunternehmen Roggemann, zu den führenden Anbietern in der Holzbranche – und das nicht nur in Wandlitz: Heute werden unsere nachhaltigen Produkte bundesweit an professionelle Partner aus Handwerk, Handel und Industrie geliefert.

Sowohl Planer als auch Anwender schätzen unsere Lieferstärke und unser umfassendes Fachwissen. Getreu dem Motto „Alles aus einer Hand“, bietet die Firmengruppe Enno Roggemann ein umfangreiches

Angebot sowohl rund um den Holzbau, als auch darüber hinaus.

Ebenfalls in ganz Deutschland finden Sie unsere Ausstellungshäuser mit inspirierenden Interieurs, die traditionsreiche Handwerkskunst mit zukunftsweisenden Designs vereinen: Wer in Wandlitz OT Basdorf hochwertige Türen und Böden „von morgen“ bestaunen möchte, ist im Steinweg 16 herzlich willkommen.

**Enno Roggemann GmbH & Co. KG  
Holzimport – Holzhandel  
Steinweg 16, 16348 Wandlitz OT Basdorf  
Telefon 033397 – 7 88 – 0**

Immer eine  
**STARKE**  
**VERBINDUNG**

### SYSTEMINNENECKE CLT

Eines unserer neuen Produkte ist die Systeminnenecke CLT. In Kombination angewendet ermöglicht sie eine starke Verbindung von Wandknotenpunkten. Zudem ist die Systeminnenecke eine unschlagbare Lösung für Holz – Holz Verbindungen.



Anwendungsbeispiel der **Systeminnenecke CLT** mit der **KonstruX**

### KONSTRUX VOLLGEWINDESCHRAUBEN

KonstruX Vollgewindeschrauben maximieren die Tragfähigkeit einer Verbindung durch den hohen Gewindeausziehwiderstand in beiden Bauteilen. Beim Einsatz von Teilgewindeschrauben begrenzt der wesentlich geringere Kopfdurchziehwiderstand im Anbauteil die Tragfähigkeit der Verbindung.



KonstruX, Senkkopf verzinkt

### HEBEANKER HEBE**FIX** & KUGELTRAGBOLZEN

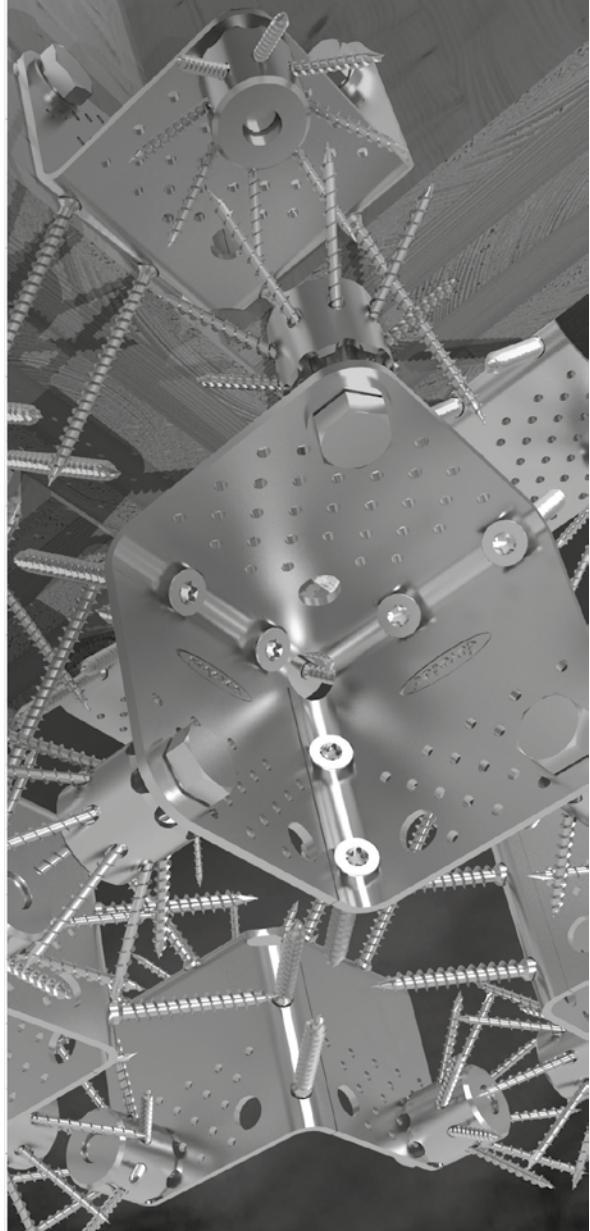
Für die Anwendung mit einem Kugeltragbolzen wurde der ausgeklügelte Hebe**Fix** konzipiert. Vorgefertigte Wandelemente können problemlos mit dem Hebeanker angehoben und transportiert werden. Die Verwendung mit Schrauben erlaubt es den Hebeanker mehrfach einzusetzen.



Anwendungsbeispiel für den Hebe**Fix** in Kombination mit dem **Kugeltragbolzen**

**Eurotec®**

Der Spezialist für Befestigungstechnik



Erfahren Sie mehr über  
unseren Ingenieurholzbau!



# Zukunftsfähig bauen mit Holz

Immobilien nachhaltig  
finanzieren

Treffen Sie uns  
auf dem  
**Holzbau-Forum**



Foto: Rainer Späth

**Bei der Finanzierung und dem Bau Ihrer nachhaltigen Immobilie  
begleiten Sie unsere Finanzierungs-Expert\*innen gerne.  
Profitieren Sie von unserem Know-how und dem GLS Netzwerk.**

[gls.de/holzbau](http://gls.de/holzbau)

**GLS Bank**  
das macht Sinn



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)

# GUTEX PYRORESIST

für den mehrgeschoßigen Wohnungsbau  
und die urbane Nachverdichtung



## Ökologische Dämmstoffe aus Holz.

Holzfaserdämmplatten sind leistungsstarke Dämmstoffe mit vielen positiven Eigenschaften, für die aber bisher galt: Sie glimmen und schwelen. Ganz anders die Innovation GUTEX Pyroresist: Unsere neu entwickelte Produktlinie ist nach DIN EN 13501-1 nicht nur schwerentflammbar (Baustoffklasse C), sondern auch nicht glimmend nach DIN EN 16733. Somit vergrößert GUTEX die Einsatzmöglichkeiten von Holzfaserdämmplatten in Bauteilkonstruktionen enorm!

Erfahren Sie mehr unter [www.pyroresist.de](http://www.pyroresist.de)

---

**GUTEX Holzfaserplattenwerk**

Gutenburg 5 | D-79761 Waldshut-Tiengen | Telefon: + 49 7741 6099-0 | [info@gutex.de](mailto:info@gutex.de)

 **GUTEX®**  
DÄMMPLATTEN AUS SCHWARZWALDHOLZ

**SIE WOLLEN  
MIT SIEGERN BAUEN?  
PERFEKT.  
LERNEN WIR UNS KENNEN!**



# WEGWEISEND BAUEN. MIT HAAS. AUS HOLZ.

**HAUSBAU | INDUSTRIE- & GEWERBEBAU  
WOHNBAU | LANDWIRTSCHAFTSBAU  
HOLZBAUSYSTEME**



Haas Fertigbau GmbH  
Industriestraße 8, D-84326 Falkenberg  
T +49 8727 18-0  
[www.haas-fertigbau.de](http://www.haas-fertigbau.de)

**haas**  
besser bauen.



[www.hbs-berga.de](http://www.hbs-berga.de)



## Bausysteme aus Holz

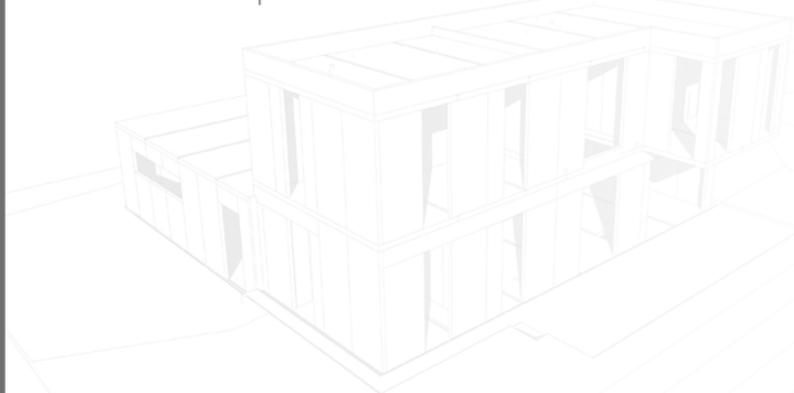
- Dach-/ Wand- und Deckenkonstruktionen
- Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse
- Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekten

Als Hersteller von Brettspernhholz bietet HBS Berga großformatige Massivholzelemente welche als Wand-, Decken- und Dachbauteile eingesetzt werden können.

Diese Bauteile sind standardmäßig in den Abmessungen von 3,50 m x 16,00 m herstellbar, Überlängen sind auf Anfrage möglich. Die Bauteilstärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten. Sonderstärken sind ebenfalls auf Anfrage möglich.

Der montagefertige Zuschnitt der Bauteile erfolgt entsprechend der Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen. Neben der Herstellung von Brettspernhholz unterstützt HBS-Berga auch bei der Planung von Massivholzgebäuden.

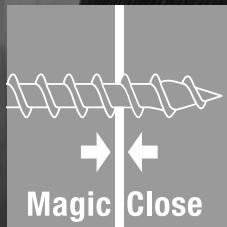
Für die statische Bemessung steht eine Bemessungssoftware zur Verfügung und Fragen zur Konstruktion oder Bauphysik werden von einem kompetenten Team beantwortet.



**HBS Berga GmbH & Co. KG**  
Ahornweg 1 • 06536 Berga  
+49 34651 451-0 • [info@hbs-berga.de](mailto:info@hbs-berga.de)



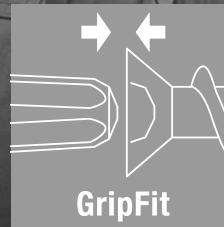
## HECO-TOPIX®-plus: Macht die Besten besser.



Zusammenzieh-Effekt  
ganz ohne Vorspannen.



Optimierte Gewindesteigung  
für jede Schraubenlänge.



Einhändig arbeiten geht  
jetzt auch mit Edelstahl.

# HELLA

Jalousien. Markisen. Rollläden.

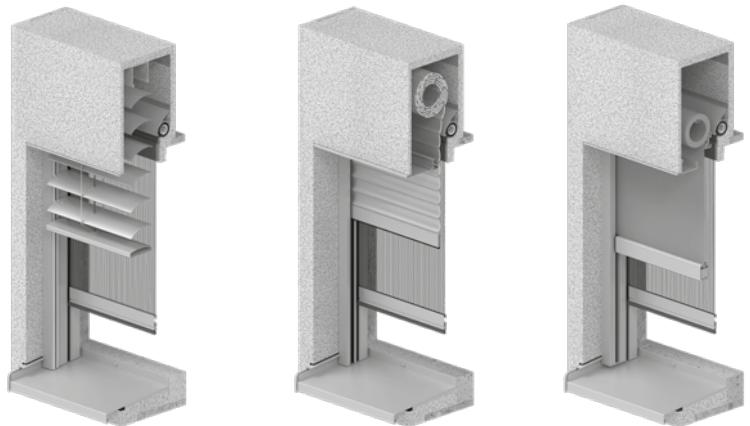


EINFACH  
PERFEKT  
INTEGRIERT

### HELLA TRAV®Integral

Ob Sonnenschutz, Insektenschutz oder Anschlussprodukte, HELLAS TRAV®Integral ist die perfekte Lösung speziell für den Holzbau. In die Wandöffnung wird ein fertiger Baukasten eingesetzt, der das Fenster und den Sonnenschutz nahtlos integriert. Wärmebrücken, Wassereintritt, Putzrisse und andere Konstruktionsfehler sind dabei praktisch ausgeschlossen. Einfach gesagt: das rundum-sorglos-Paket für den Holzbau-Profi.

[www.hella.info](http://www.hella.info)



# Kommunikation für das Bauen mit Holz

Der INFORMATIONSDIENST HOLZ ist seit vielen Jahren eine verlässliche Größe, wenn es um die fachgerechte Planung und Anwendung des Baustoffes Holz geht. Seine technische Kompetenz und Neutralität macht ihn bei Bauherren, Architekten, Bauingenieuren sowie Handwerkern und Studierenden hochgeschätzt. Drei Serviceleistungen ergänzen sich und entfalten in dieser Kombination ihre erfolgreiche Wirkung.

## > Die Website

[www.informationsdienst-holz.de](http://www.informationsdienst-holz.de)

Aktuelles zum Holzbau. Veranstaltungen, Newsletter, Downloads aller Publikationen, Dokumentationen beispielhafter Holzbauten.

## > Die Fachberatung Holzbau

Individuelle Hilfestellung beim Planen und Bauen mit Holz, neutral und kostenfrei. Werktag von 9 bis 16 Uhr

Tel. 030 577 019 95

[fachberatung@informationsdienst-holz.de](mailto:fachberatung@informationsdienst-holz.de)

## > Die Publikationen

Mehr als 70 Schriften zu Entwurf und Konstruktion, Tragwerksplanung, Baustoffen und Bauphysik oder über preisgekrönte Holzbau-Architektur.



## Bestimmen Sie mit!

Der INFORMATIONSDIENST HOLZ wird vom Informationsverein Holz getragen. Als Mitglied kann man sich hier inhaltlich einbringen. Und erhält alle neuen Veröffentlichungen in gedruckter Form per Post zugestellt.

Sie sind interessiert?

**Hier gibt es nähere Auskunft:**

Informationsverein Holz e.V.

Tel. 0211 966 55 80

[info@informationsvereinholz.de](mailto:info@informationsvereinholz.de)

Holzbau Deutschland Institut e.V.

Tel. 030 203 14-131

[info@institut-holzbau.de](mailto:info@institut-holzbau.de)



# KEIM LIGNOSIL®-VERANO – NATURSCHÖNE SILBERGRAUE HOLZFASSADEN

## MINERALISCHE VORVERGRAUNG VON HOLZoberflächen

- Angleichend durch natürlich Alterung
- Kein Wartungsaufwand
- Ohne Zusatz von Bioziden und Lösungsmitteln
- Besonders wirtschaftlich und nachhaltig
- Diffusionsoffen
- Schnelle Trocknung
- Matte, natürliche Optik

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

[www.keim.com](http://www.keim.com)



**KLEUSBERG** □

# NATÜRLICH HOLZ- MODULBAU

Als Generalunternehmer bietet KLEUSBERG das Komplettpaket aus Beratung, Entwicklung, Planung – gerne auch mit kundenseitigen Architekten – und der schlüsselfertigen Bauausführung. So professionell und digitalisiert der Planungs- und Bauablauf ist, so schlüssig ist auch das Ergebnis.

Die Bauwerke überzeugen mit ihren äußeren und inneren Werten – und auf ganzer Linie hinsichtlich Nachhaltigkeit und Wohlfühlfaktor.

[kleusberg.de/projektentwicklung](http://kleusberg.de/projektentwicklung)

Hausburgschule Berlin  
Nemesis Architekten Berlin

**STRONG FOR GENERATIONS**

**KLIMAS**  
FASTENER TECHNOLOGIES

**NEW MILLING TIP  
FOR TIMBER  
CONSTRUCTION SCREWS**

UP TO **40%** FASTER  
SCREWING TIME

compared to old tip of Klimas Wkręt-met screws

**20%** LESS SCREWING  
RESISTANCE

compared to old tip of Klimas Wkręt-met screws

**DOUBLE THREAD**

IMPROVE REMARKABLY A SPEED OF  
TIMBER PENETRATION

**HIGH PERFORMANCE  
PARAMETERS**

more at: [www.klimas.com](http://www.klimas.com) | contact us: [export@wket-met.com](mailto:export@wket-met.com)

**STAND NUMBER - DG036**



**KLIMAS**  
FASTENER TECHNOLOGIES

POLISH PRODUCER OF TIMBER CONSTRUCTION SCREWS



NEU

## Innovative Verbinder für den Holzbau – Beton und Stahl inklusive

In der neuen Broschüre findet man brandneue und bewährte Produkte sowie übersichtliche Tabellen und viele Details. Am Stand von Knapp werden die Produkt-Neuheiten gezeigt!



made in Germany

ETAC

Jetzt verfügbar:  
neue Produkt-Broschüre

Knapp GmbH | Wassergasse 31 | A-3324 Euratsfeld | Tel.: +43 (0)7474 / 799 10 | Fax: +43 (0)7474 / 799 10 99

Knapp GmbH | Vertrieb Deutschland | Föhrenweg 1 | D-85591 Vaterstetten  
Tel.: +49 (0)8106 / 99 55 99 0 | Fax: +49 (0)8106 / 99 55 99 20 | E-Mail: info@knapp-verbinder.com

# LIGNOPRO®

Holzbeschichtungen für die industrielle Anwendung



LIGNOPRO® 851

## CLT-Varnish UV

Hydrophobe Oberfläche  
Optimaler UV-Schutz  
Hochwertige Optik

**...in einem Arbeitsgang!**

**Kontakt:**

Adam Maciejewski  
Verkaufsleiter | Sales Manager

+49 171 23 72 832

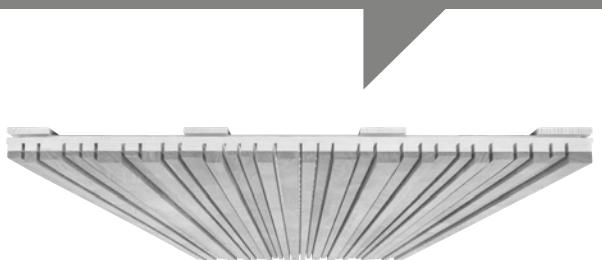
a.maciejewski@kochundschulte.de

[www.kochundschulte.de](http://www.kochundschulte.de)

**KOCH & SCHULTE**  
Holzschutzmittel | Holzveredelungsprodukte

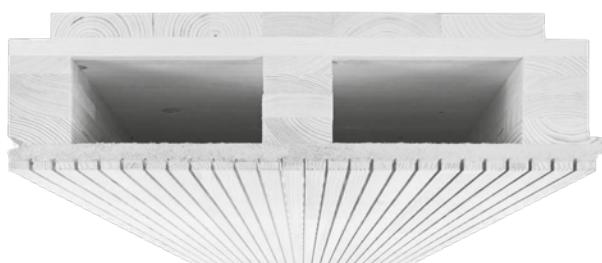
# LIGNO® – Konfigurierbares Brettsperrholz

Decken-, Dach- und Wandbauteile,  
Echtholz-Akustikpaneelle.



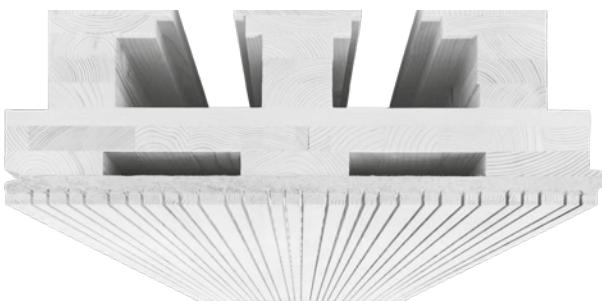
## Installationen

Oberseitige Leitungsführung:  
längs und/oder quer



## Dämmung

Erhöhter Schallschutz – auch tieffrequent,  
integrierte Wärmedämmung



## Brandschutz

Feuerwiderstand bis REI 90,  
Entflammbarkeit bis B-s1-d0



## Tragfähigkeit

Variable Steghöhen für Spannweiten bis 18 m,  
Statik mit Schwingungsnachweis



## Raumakustik

Integrierter Akustikabsorber  
aus natürlicher Holzfaser



## Installationsraum / Zusatzabsorber

Unterseitige Leitungsführung  
und optionaler Zusatzabsorber



## Sichtoberflächen

Echtholz-Oberlächen – geschlossen  
und in verschiedenen Profilierungen



## Baubiologie

natureplus®-zertifizierte  
gesundheitliche Unbedenklichkeit

**LIGNO ■ TREND®**

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Landstraße 25 | 79809 Weilheim | Deutschland  
Tel.: +49 (0) 7755 - 9200-0 | Fax: -55  
E-Mail: info@lignotrend.com

Konfigurieren Sie das individuelle  
Element für Ihr Projekt selbst:  
[www.lignotrend.com/konfigurator](http://www.lignotrend.com/konfigurator)





MAX HOLZBAU

Natürlich an Morgen gedacht

# Zukunft trifft nachhaltiges Handwerk

Wir realisieren nachhaltige Wohn- und Gebäudekonzepte und skalieren die Effizienz auf ein Maximum. Als regionaler Holzbauer im Raum Berlin und Brandenburg sehen wir es als unsere Aufgabe, zukunftsfähige Lebensräumen zu realisieren.

Lust auf mehr? Besuchen Sie uns auf  
[www.max-holzbau.com](http://www.max-holzbau.com)



**Neugierig geworden?  
Lassen Sie sich von  
unserem nachhaltigen  
Handwerk überzeugen.**



# XC® – DAS HOLZ-BETON-VERBUNDELEMENT DER MMK

Die wesentlichen Einsparungen im Bauwesen sind heute nur mehr über die Bauzeit und die Reduktion von Schnittstellen in Planung und Ausführung einzubringen. Montagefertige Bauteile für jedes Holz-Hybrid-Projekt werden in den Werken von Mayr-Melnhof Holz und MMK nach Kundenwünschen hergestellt. Durch präzise Vorfertigung wird Koordinationsaufwand auf der Baustelle minimiert, das bringt Kostensparnisse durch kürzere Montagezeiten und den Bedarf an weniger Arbeitskräften vor Ort. Zudem fällt die Lärm- und Staubbelastrung am Bau wesentlich geringer aus.

Für hybride Projekte in Zusammenhang mit XC® Holz-Beton-Verbundelement bietet die MMK neben standardisierten Hybridelementen Entscheidungsträgern, Planern und Bauherren auch ein Projektconsulting an.



## WESENTLICHE PRODUKTVORTEILE VON XC®:

- Vordefinierte Standards für den Planer
- Große Spannweiten für einfaches Grundrisslayout
- Standardisierte Ausschreibungsunterlagen
- Natürliche Holzoptik bleibt durch geprüfte Schallschutzaufbauten erhalten
- Hervorragende bauphysikalische Eigenschaften

## LEISTUNGSSPEKTRUM DER MMK HYBRID SOLUTIONS:

- Unterstützung bei der Entwurfsplanung (Variantenstudie)
- Beratung hinsichtlich Einsatz-Optimierung bei Materialauswahl (Bauphysik, Ökologie, Kosten)
- Kalkulation, begleitende Kostenoptimierung
- Unterstützung bei 3D-Planung, und Visualisierung
- Statische Vorbemessung einschließlich Brandschutz- und Schwingungsnachweis (Kosten und Machbarkeit)
- Unterstützung bei Einreich-, Ausführungs- und Detailplanung
- Optimierung der Bauzeit- und Bauablaufplanung
- Je nach Kundenwunsch Abstimmung mit den einzelnen Gewerken
- Unterstützung bei Gebäudezertifizierung (Lebenszyklus)



Holz und Beton verbinden.

MMK  
Hybrid  
Solutions  
[www.holzbetonverbund.eu](http://www.holzbetonverbund.eu)



WHERE  
IDEAS  
CAN  
GROW.

M MAYR MELNHOF HOLZ  
www.mm-holz.com



# WÄHLEN SIE INNOVATIVE UND ÖKOLOGISCHE FLAMMSCHUTZMITTEL FÜR HOLZ

Nordtreat Flammschutzmittel bieten eine dauerhafte und kosteneffiziente Möglichkeit, das Brandverhalten von Holzprodukten auf die **Euroklasse B-s1, d0 (EN13501-1)** zu verbessern. Die wasserbasierten, VOC-armen Produkte sind einfach und sicher in industriellen Behandlungsprozessen und bei bauseitiger Behandlung zu verwenden. Die Flammschutzmittel von Nordtreat sind zudem in ansprechenden, transparenten Farbtönen erhältlich.

**NT DECO** ist eine Ein-Topf-Lösung für Holz im Außen- und Innenbereich.  
NT DECO ist perfekt geeignet für:

- Holzverkleidungen und Paneele
- Brettsperrholz (CLT)
- Brettschichtholz
- Blockbohlenwände

NT DECO hat eine Bauzulassung des DIBt, was bedeutet, dass mit NT DECO behandelte Massivholzverkleidungen und CLT-Elemente als schwerentflammbarer Baustoffe gelten. Die Zulassungsnummer lautet Z-56.313-101.



**NORFLAM** ist ein flammhemmendes System, das aus einer Grundierung und einer Deckbeschichtung zur Anwendung auf Holzwerkstoffen im Innenbereich besteht. NORFLAM ist perfekt geeignet für:

- Sperrholz- und Holzwerkstoffplatten nach EN 13986
- Wand- und Deckenpaneele aus allen Holzarten im Innenbereich

# SYSTEMBAU

aus der OPITZ Zukunftsfabrik

HOLZTAFELBAU · ABBUND

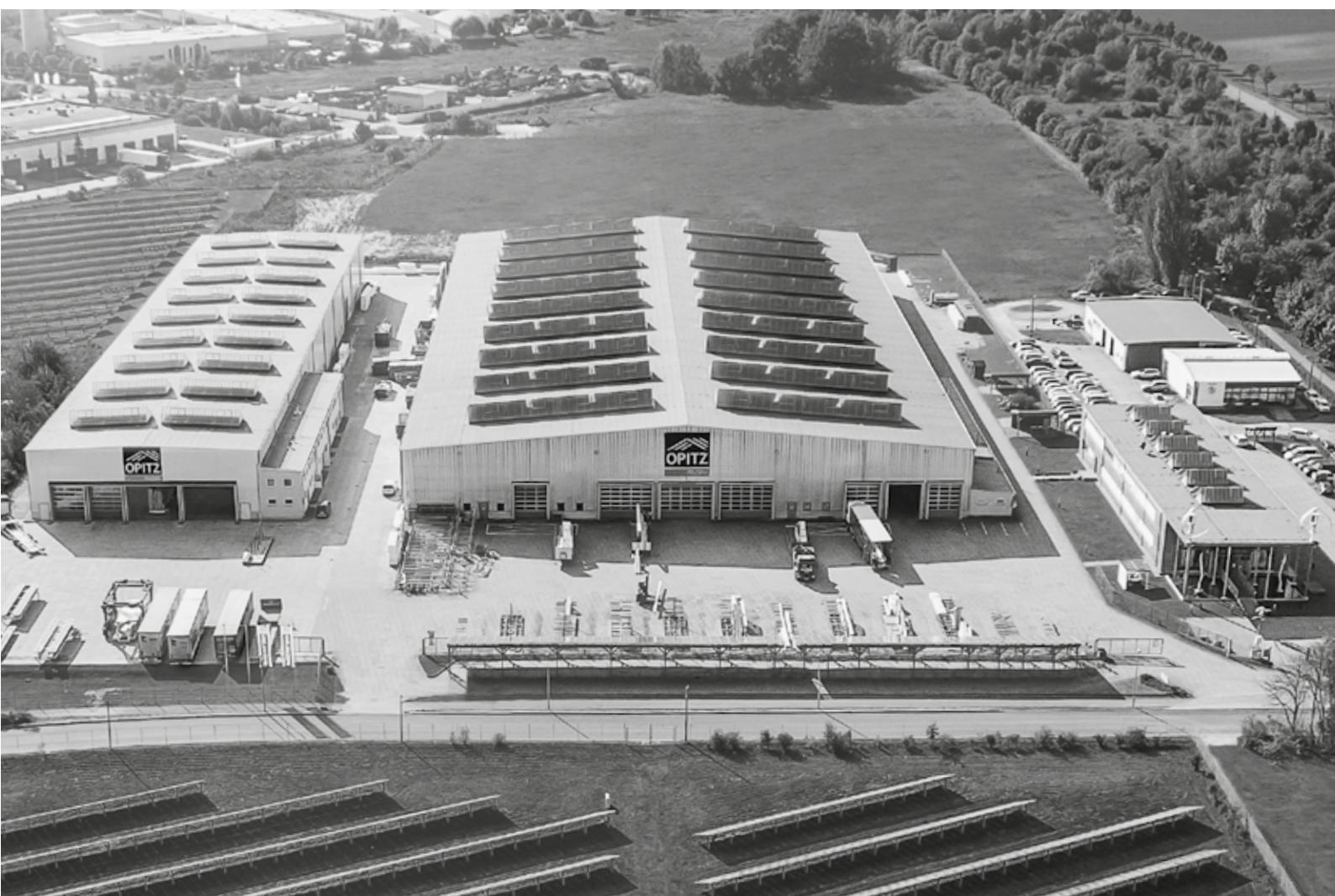
NAGELPLATTENBINDER

STAHLLEICHTBAU AUS NEURUPPIN



HOLZBAU

Ein Unternehmen der Knauf Gruppe



STARK  
IM VERBUND  
MIT *knauf*

KONTAKT & AKTUELLE NEWS

[WWW.OPITZ-HOLZBAU.DE](http://WWW.OPITZ-HOLZBAU.DE)

[WWW.KNAUF-HOLZBAU.DE](http://WWW.KNAUF-HOLZBAU.DE)

[INFO@OPITZ-HOLZBAU.DE](mailto:INFO@OPITZ-HOLZBAU.DE)

INSTAGRAM: @ OPITZHOLZBAU



# SLIM-FLOOR HBV-DECKEN MIT DELTABEAM®

Integrierter  
Brandschutz

—  
Flexible Spannweiten

—  
Schlanke  
Decken

Großzügige Architektur  
im mehrgeschoßigen Holzbau



DEM (NACH)  
WACHSENDEN  
TREND BAUEN MIT  
HOLZ GEHÖRT DIE  
ZUKUNFT.



CLT Brettsperrholz



Brettschichtholz



Ein- und dreischichtige  
Massivholzplatten



Brettschichtholz-  
elemente



## Skelettbau aus **BauBuche**

Das euregon AG Bürogebäude von lattkearchitekten BDA

**BauBuche** ist der 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 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: Gumpp & Maier, [www.gumpp-maier.de](http://www.gumpp-maier.de)  
Fotografie: Eckhart Matthäus, [www.em-foto.de](http://www.em-foto.de)



## 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.

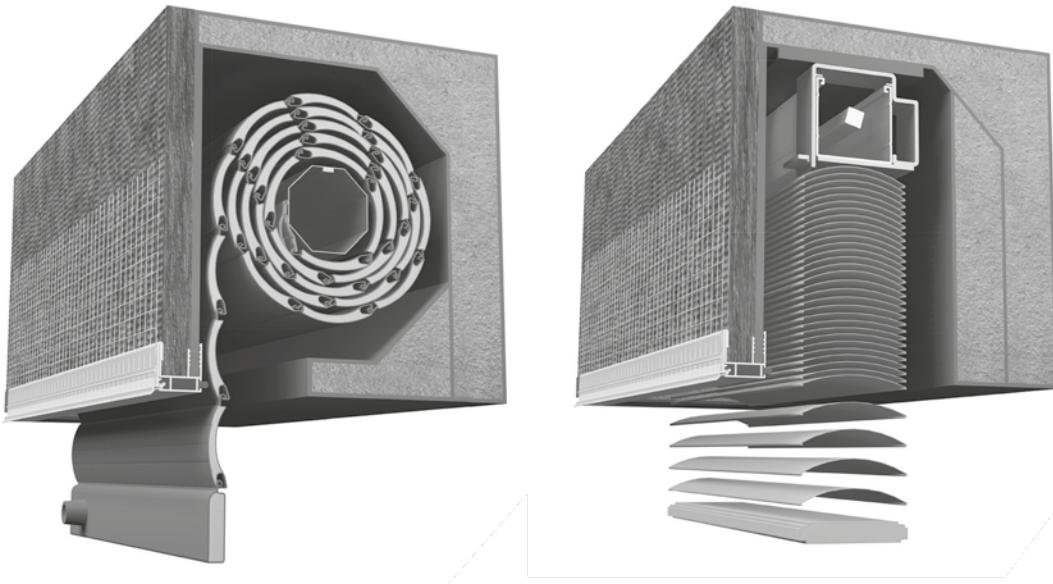
**[www.derix.de](http://www.derix.de)**



# ÖKO LINE

Die nachhaltige Alternative

Rollladen-  
und Raffstore-  
kästen speziell  
für den  
Holzhausbau  
entwickelt



- Ökologisch hochwertige Ausführung aus nachwachsenden Rohstoffen
- Stabiles, selbsttragendes Kastensystem
- Hohe Flexibilität des Kastensystems zur einfachen Anpassung an unterschiedliche Wandaufbauten
- Dauerhafter Schutz der Dämmung durch einzigartige Sandwichbauweise
- Hervorragende Wärme- und Schalldämmung
- Statikelemente verfügbar
- Erhältlich als Einbau-, Aufsatz- oder Vorbaukasten



PRIX Systeme GmbH  
Tel. 0 82 45 9 98 90-00  
**[www.prix.de](http://www.prix.de)**

# smartex®

## MONITORINGSYSTEME

### Feuchteschäden intelligent verhindern...

für Flachdächer, Gründächer, Solardächer,  
Balkone, Parkdecks, Tiefgaragen,  
Nassräume, Küchen, Doppelböden,  
**Holzkonstruktionen,**  
Leitungstrassen...



#### LECKAGEN UND NÄSSE IN ECHTZEIT DETEKTIEREN

smartex® Monitoring systeme überwachen Ihr Gebäude in Echtzeit auf Leckagen und Nässe, auch dort, wo Sie nicht hinschauen können. Rund um die Uhr, Tag für Tag. So werden Schäden frühzeitig erkannt, bevor Langzeitschäden entstehen können.

PROGEO MONITORING  
SYSTEME UND SERVICES  
GMBH & CO. KG



#### SCHÄDEN AUTOMATISCH LOKALISIEREN

Kommt es zu einem Schaden, erhalten Sie mit smartex® nicht nur einen Alarm, sondern auch eine Information, wo der Schaden aufgetreten ist. So bleiben viele Schäden eine kleine Bagatelle, denn Sie müssen nicht lange suchen, um sie zu finden.

HAUPTSTRASSE 2  
DE-14979 GROSSBEEREN  
PHONE: +49-33701-22-0



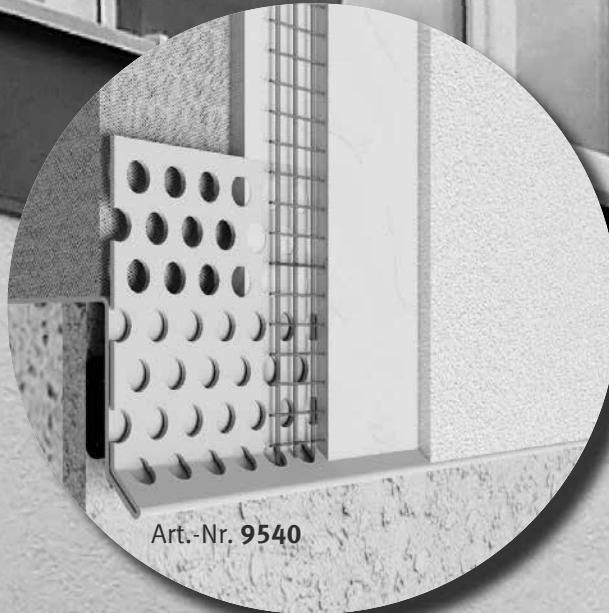
#### R E P A R A T U R E N GEZIELT AUSFÜHREN

Gerade bei Feuchteschäden gilt: Je früher man repariert, desto geringer sind die Folgeschäden. Mit smartex® können Sie schnell reparieren, das spart Ärger und Kosten. Und was nicht kaputt geht, muss nicht repariert werden. Das ist auch noch nachhaltig.

**PROGEO.COM**

# ÜBERGANG MIT PROFIL

SICHERE LÖSUNGEN BEI DER AUSFÜHRUNG VON GLEITLAGERFUGEN



Art.-Nr. 9540

Wir haben mehrere Lösungen für gleitende Übergänge in PVC oder Aluminium. Gleitlagerfugenprofile als Einschubprofile zur schnellen und optimalen Ausbildung von Gleitlagerfugen - besonders geeignet für Aufstockungen.

- ✓ Schnelle und einfache Montage
- ✓ Optimal geeignet für Aufstockungen ohne Fassadensanierung am Bestand
- ✓ Formschöner Übergang mit minimalem Versatz
- ✓ Dichter und dauerhafter Übergang

PUTZPROFILE | TROCKENBAUPROFILE | FASSADENPROFILE  
DACHENTWÄSSERUNG | BETON- / ESTRICHPROFILE | BAUCHEMIE

[www.protektor.com](http://www.protektor.com)

# PROTEKTOR

Jetzt App laden:

Weitere Infos erhältst Du auf  
[protektor-loyalty-club.com](http://protektor-loyalty-club.com)



# WIE REALISIEREN WIR EFFIZIENTEN SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU? GEMEINSAM.



## REGUPOL sound and drain 22

Trittschalldämmung Außenfläche



Messergebnis:  
 $L_{n,w} (C_{I,50-2500}) = 41 (+3) \text{ dB}$

## Studenten als Bauherren...



...bauen nachhaltig und realisieren ihre Wohnanlage  
„Collegium Academicum“ in Heidelberg für 176 Studenten-Wohneinheiten  
mit dem X-fix HOLZ-HOLZ Verbindungssystem.



Die Holzwerkstoffe nach ihren besten Eigenschaften einsetzen,  
ist „das Credo“ der Holzbau-Ingenieure von PIRMIN JUNG.

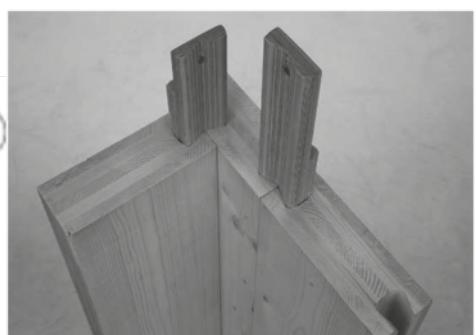
- STÜTZEN aus BAU-BUCHE/BB
- BALKEN aus BRETT-SCHICHTHOLZ/BSH
- WANDSCHEIBEN aus BRETT-SPERRHOLZ/BSP
- VERBINDUNGEN mit X-Fix



X-fix C



[www.x-fix.at](http://www.x-fix.at)



X-fix L

# Let's talk about the wood house effect



Die Städte der Zukunft wachsen – schnell und möglichst nachhaltig. Bauzeiten sind um bis zu 70 % schneller, mit Net-zero CO<sub>2</sub>-Emissionen. Thermische Isolierungen werden immer besser, die Ansprüche an das Innenraumklima immer höher. Mit digitalen Tools, BIM-Integration und einer Reihe an Massivholzelementen lässt sich all das erreichen. Für die nächste Ausschreibung & für unsere Zukunft. Innovativ und nachhaltig.

Wir nennen das den **#WoodHouseEffect**.

[storaenso.de](http://storaenso.de)



# Holz in Bestform

**SWISS KRONO**

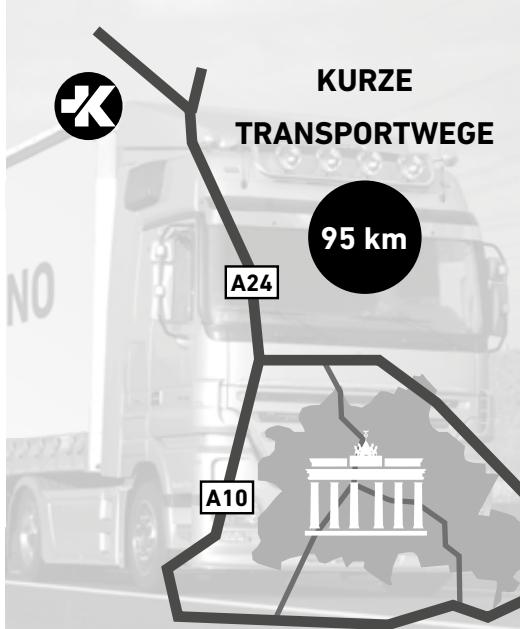
PRÄZISE  
und MASSIV



## SWISS KRONO **MAGNUMBOARD® OSB**

- Ökologische Holzbauweise, nachhaltig, schnell und flexibel
- Mit großformatigen, fugenfreien und direkt beschichtbaren Elementen (18,00 x 2,80 m)

[swisskrono.com/de](http://swisskrono.com/de)



KURZE  
TRANSPORTWEGE

95 km

A24

A10

## DAS MASSIVE HOLZBAUSYSTEM

- Ressourcen schonend
- Emissionsarm, formaldehydfrei verleimt
- produziert in Brandenburg
- über 300 Konstruktionen im SWISS KRONO Bauteil-Planer:

[timberplanner.com](http://timberplanner.com)

## 530 MITARBEITER - EIN ZIEL - EIN TEAM FÜR SIE IM EINSATZ

### Schlüsselfertiges Bauen

Wohn- und Gewerbeobjekte  
Kindertagesstätten  
Schulen  
Ein- und Mehrfamilienhäuser  
An- und Umbauten  
Aufstockungen



### Holzbau

Geschlossene Gebäudehülle  
Holzrahmenbau  
Ingenieur Holzbau  
Sanierung / Restauration  
Dachkonstruktionen  
Dachdeckerarbeiten



### Fenster & Fassaden

Holzfenster  
Holz-Aluminiumfenster  
Aluminiumfenster  
Kunststofffenster  
Haustüren  
Pfosten-/Riegelkonstruktionen



### Innenausbau

Objekt- und Ladeneinrichtungen  
Wohn- und Objekttüren  
Möbel  
Treppen  
Schanksysteme  
Bodenbeläge



### Stahl- und Metallarbeiten

Bauschlosserei  
Stahlbau  
Blechbearbeitung  
Edelstahlbearbeitung





# TJIKO — EINFACH. ANSPRUCHSVOLL.

Die Tjiko-Systembauweise als Lösungsansatz für schnellen, bezahlbaren Wohnbau.

Tjiko ist ein mittelständisches Unternehmen im Wachstum. Unsere Vision ist es, das Baugewerbe nachhaltig zu verbessern. Durch unsere vorgefertigten, konfigurierbaren Bad-Module machen wir das Bauen einfach, effizient und planbar. Dafür haben wir das Tjiko Bad als fertig anwendbares Produkt entwickelt. Mit geringem Aufwand ist das komplette Thema Badezimmer schon in einer frühen Planungsphase abgehakt!

Die Module werden ab Stückzahl eins und Just-in-time geliefert. Zur Montage müssen sie nur noch mit dem Kran in das Gebäude eingehoben werden Anschließend erfolgt der bauseitige Anschluss.

Konfigurieren Sie Ihre Badmodule auf Basis unserer Modelle und Designlinien ganz einfach online.

## KONTAKT

Tjiko GmbH | Rosenheim  
[www.tjiko.de](http://www.tjiko.de)  
+49 8031 2715370



 [kontakt@tjiko.de](mailto:kontakt@tjiko.de)

 [@tjikogmbh](#)

 Tjiko GmbH



**TRESPA® METEON®**

# REIMAGINE YOUR NEXT PROJECT

## HOCHWERTIGE QUALITÄT

Trespa® Meteon® ist ein dekoratives Hochdruck-Schichtpressstoff-Laminat (HPL) mit integrierter Oberfläche, das mit der einzigartigen hauseigenen Technologie von Trespa hergestellt wird: Elektronenstrahlhartung (EBC). Die Mischung von bis zu 70 % Fasern auf Holzbasis mit thermoharten Harzen, unter hohem Druck und hohen Temperaturen verpresst, liefert eine hochstabile, dichte Platte mit außergewöhnlicher Dimensionsstabilität und einem guten Starke-/Gewichtsverhältnis.



ENTDECKEN SIE MEHR UND BESTELLEN  
SIE KOSTENLOSE MUSTER

FÜR WEITERE INFORMATIONEN BESUCHEN SIE [TRESPA.COM](http://TRESPA.COM)

T|RE|SPA®



# Ihr Spezialist im Holzbau



ZÜBLIN Timber steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen im Holz ingenieurbau. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbau-systeme – von einfachen Tragwerken über den komplexen Ingenieurholzbau und Fassadenbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kundinnen und Kunden gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

[www.zueblin-timber.com](http://www.zueblin-timber.com)

**ZÜBLIN**  
TEAMS WORK.



Vertrieb FORUM **HOLZBAU**

Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz

T +41 32 372 20

[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 978-3-906226-45-3