

# FORUM HOLZBAU DEUTSCHLAND KÖLN

**16. Europäischer Kongress (EBH)**

**17./18. Oktober 2023**

**Gürzenich Köln, Deutschland**

Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum

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





## Inhalt

### Transformation «Deutsche Wirtschaft»

#### **Wirtschaftsstandort Deutschland** 13

*Prof. Dr. Michael Grömling, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln, Deutschland*

#### **Stand der ESG-Transformation und die Auswirkungen auf die Immobilienwirtschaft** 25

*Christiane Conrads, PricewaterhouseCoopers, Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Frankfurt am Main, Deutschland*

### Block A1

#### Nachhaltigkeit in der Planung

#### **Faire la Java à Nantes** 35

*Marie-Sophie Schulte, schultearchitekten, Köln/Paris, Deutschland*  
*Helena Schulte, schultearchitekten, Köln/Paris, Deutschland*

#### **Alnatura Campus Darmstadt** 45

*Martin Haas, haascookzemmrich STUDIO2050, Stuttgart, Deutschland*

### Block A2

#### Bauen und Sanieren mit Holz im bezahlbaren Wohnungsbau

#### **Perspektive Wohnungswirtschaft: Bezahlbarer Wohnungsbau mit Holz** 61

*Jens Janetzko, Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen, Düsseldorf, Deutschland*

#### **Seriell Sanieren mit Holz – Aktuelle Projekte und Entwicklungen** 67

*Andreas Miltz, Renowate, Düsseldorf, Deutschland*

#### **«gibt ergrünt» – Azubiwohnen in Holzmassivbauweise** 75

*Sybille Jeschonek, gbt Wohnungsbau, Trier, Deutschland*  
*Cornel Jeuckens, isowoodhaus, Finenntrop, Deutschland*

### Block B1

#### Taktgeber des Nachhaltigen Bauens

#### **ESG & Taxonomie im Hochbau** 85

*Jannick Höper, LIST Eco, Köln, Deutschland*

#### **Aufstockung statt Abriss – ein Beitrag zum Klimaschutz durch Holzbau** 95

*Annette Hafner, Michael Storck, Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen, Bochum, Deutschland*

#### **QNG – Paradigmenwechsel in der Bauförderung** 103

*Holger König, Ascona, Gröbenzell, Deutschland*

### Block B2

#### BIM in der Praxis

#### **BIM in der Praxis – Holzbaugerechte Planungsprozesse** 113

*Gerd Prause, Prause Holzbauplanung, Lindlar, Deutschland*

#### **BIM im Hochbau – Wenn die Theorie auf die Praxis trifft** 121

*Prof. Dr. Reinhard Wimmer, Hochschule Karlsruhe, Karlsruhe, Deutschland*

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Zirkuläres Bauen und BIM – Best Practice der Bauteilwiederverwendung im Holzbau</b> | 129 |
| <i>Katrin Bahlo, Madaster Germany, Berlin, Deutschland</i>                             |     |
| <i>Markus Steppeler, DERIX Gruppe, Niederkrüchten, Deutschland</i>                     |     |

## Projekte mit Ausstrahlung in Köln für NRW

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Friedrich und Karl Köln – Nachverdichtung DuMont Areal, Köln</b>              | 139 |
| <i>Stefan Höher, Bauwens Development, Köln, Deutschland</i>                      |     |
| <i>Konrad Merz, merz kley partner, Dornbirn, Österreich</i>                      |     |
| <b>Neubau Gesamtschule Fitzmauricestrasse Köln</b>                               | 147 |
| <i>Barbara Schaeffer, Molestina Architekten + Stadtplaner, Köln, Deutschland</i> |     |
| <i>Fynn Rösch, Assmann Beraten + Planen, Hamburg, Deutschland</i>                |     |

## Block C1

### Effizienter Modulbau

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Modulare Steigzone als Problemlöser im Planungs- und Bauprozess</b>                                                          | 161 |
| <i>Michael Schär, Tecslot, Luzern, Schweiz</i>                                                                                  |     |
| <b>Einfluss der Gebäudehöhe auf den Schallschutz im modularen Geschossbau – aktuelle Messungen vom Luisenblock West, Berlin</b> | 167 |
| <i>Hendrik Reichelt, Kaufmann Bausysteme, Reuthe, Österreich</i>                                                                |     |
| <b>Baukultur mit System – Modular nachhaltig</b>                                                                                | 179 |
| <i>Kathrin Merz, Bauart Architekten und Planer, Modular, Bern/Neuchâtel/Zürich, Schweiz</i>                                     |     |

## Block C2

### Landesbauordnung NRW und Ausblick auf den EUROCODE 5

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS19103</b>                                    | 189 |
| <i>Jörg Schänzlin, Institut für Holzbau, Hochschule Biberach, Biberach, Deutschland</i> |     |
| <b>Vom Nachschlagewerk zum Verweiswerk</b>                                              | 211 |
| <i>Burkhard Walter, Walter + Reif Ingenieurgesellschaft, Aachen, Deutschland</i>        |     |
| <b>Brandschutz für Holzbauten in NRW</b>                                                | 225 |
| <i>Udo Kirchner, Halfkann + Kirchner, Erkelenz, Deutschland</i>                         |     |

## Block D1

### NRW und Benelux: Initiativen und Best-Practice-Beispiele

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Schulbauprogramm II – Projektvorstellung</b>                                                     | 233 |
| <i>Jacques Probst, Ministerium der Deutschsprachigen Gemeinschaft, Eupen, Belgien</i>               |     |
| <b>Luxembourg Wood Cluster</b>                                                                      |     |
| <b>Hub für Innovationen und Geschäftsentwicklung in der Grossregion</b>                             | 241 |
| <i>Ralf Koehler, Luxinnovation, Esch-sur-Alzette, Luxembourg</i>                                    |     |
| <b>AZH – Aachener Zentrum für Holzbauforschung</b>                                                  | 249 |
| <i>Prof. Dr. Thomas Uibel, FH Aachen/Aachener Zentrum für Holzbauforschung, Aachen, Deutschland</i> |     |
| <b>Systemische Nachhaltigkeit – Neubau eines achtgeschossigen Mehrfamilienhauses in Amsterdam</b>   | 265 |
| <i>Tobias Wiesenkämper, Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure, Essen, Deutschland</i>           |     |
| <i>Falk Berling-Hoffmann, Marx Krontal Partner, Hannover, Deutschland</i>                           |     |
| <i>Theo Geuijen, Constructie Adviesbureau Geuijen, Dinxperlo, Niederlande</i>                       |     |

## Block D2

### Baurecht und Compliance

#### **Vorsicht vor der Widerrufabzockel!**

275

*Dr. Matthias Orlowski, Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft,  
Düsseldorf, Deutschland*

#### **Die Berechnung der Vergütung von Nachtragsleistungen im neuen Bauvertragsrecht des BGB**

285

*Dr. Carsten Kuhne, KKP Ingenieure, München, Deutschland*

### Zirkuläres Bauen: Roadmap, Entscheidungshilfen, Umsetzungen

#### **Potenziale des Holzbaus durch CO<sub>2</sub>-Speicherung & THG-Minderung bei Kommunen – abgebildet im Fachinformationssystem Holzbau-GIS**

297

*Caya Zernicke, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland*

#### **CO<sub>2</sub> Potenziale und Entscheidungsgrundlagen in frühen Leistungsphasen**

307

*Hanns-Jochen Weyland, Störmer Murphy and partners, Hamburg, Deutschland*

#### **Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach (50% Recyclinganteil)**

313

*Robert Lotz, Nassauische Heimstätte Wohnstadt, Frankfurt am Main, Deutschland*

#### **DIN Roadmap Circular Economy – Aktuelles aus Forschung und Praxis**

325

*Prof. Andrea Klinge, Konstruieren und Entwerfen Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT), ZRS Architekten Ingenieure, Berlin, Deutschland*

*Prof. Eike Roswag-Klinge, Natural Building Lab TU Berlin, ZRS Architekten Ingenieure,  
Berlin, Deutschland*



## Moderatoren

**Prof. Dr. Bartels Niels**

Technische Hochschule Köln  
Claudiusstrasse 1  
50678 Köln, Deutschland

+49 2218 275 41 18  
niels.bartels@th-koeln.de

**Eisfeld Matthias**

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

+49 2962 974 98 17  
eisfeld@landesbeiratholz-nrw.de

**Heemann Christoph**

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

+49 2111 306 71 17  
heemann@ikbaunrw.de

**Prof. Dr. h.c. Köster Heinrich**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
83024 Rosenheim, Deutschland

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

**Niermann Oliver**

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

+49 2111 699 838  
o.niermann@vdw-rw.de

**Rose Christof**

Pressesprecher der Architektenkammer  
Nordrhein-Westfalen  
Zollhof 1  
40221 Düsseldorf, Deutschland

+49 2114 967 34  
rose@aknw.de

**Uhing Ernst**

Präsident der Architektenkammer  
Nordrhein-Westfalen  
Zollhof 1  
40221 Düsseldorf, Deutschland

+49 2114 967 31  
uhing@aknw.de

**Prof. Dr. Becker Jörg**

Fachhochschule Dortmund  
Sonnenstrasse 96  
44139 Dortmund, Deutschland

+49 2317 5544 26  
joerg.becker@fh-dortmund.de

**Prof. Frühwald-König Katja**

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Campusallee 12  
32657 Lemgo, Deutschland

+49 5261 702 58 27  
katja.fruehwald@th-owl.de

**Kämmerling Thomas**

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

+49 2519 179 72 07  
thomas.kaemmerling@wald-und-holz.nrw.de

**Prof. Milla Boris**

RPTU Kaiserslautern  
Pfaffenbergstrasse 95  
67663 Kaiserslautern, Deutschland

+49 6312 052 298  
boris.milla@rptu.de

**Prof. Dr. Noosten Dirk**

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Emilienstrasse 45  
32657 Detmold, Deutschland

+49 5231 769 66 12  
dirk.noosten@th-owl.de

**Ass. Prof. Dr. Schauerte Tobias**

Linnaeus University  
Lückligsplats 1  
35195 Växjö, Schweden

+46 4707 088 24  
tobias.schauerte@lnu.se

**Dr. Wieland Stefanie**

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

+49 2931 786 64 59  
stefanie.wieland@wald-und-holz.nrw.de

## Referenten

### **Bahlo Katrin**

Madaster Germany GmbH  
Bundesallee 39/40a  
10717 Berlin, Deutschland  
+49 172 769 50 09  
katrin.bahlo@madaster.com

### **Büschgens Sven**

Ankura Deutschland  
Bockenheimer Anlage 44  
60322 Frankfurt am Main, Deutschland  
+49 6950 958 88 08  
sven.bueschgens@ankura.com

### **Conrads Christiane**

PricewaterhouseCoopers GmbH  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
Friedrich-Ebert-Anlage 35-37  
60327 Frankfurt am Main, Deutschland  
  
christiane.conrads@pwc.com

### **Geuijen Theo**

Constructie Adviesbureau Geuijen  
Hagenbosch 16  
7091 RP Dinxperlo, Niederlande  
+31 315 237 497  
theo@cag.nu

### **Gorißen Silke**

Ministerin für Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz des Landes  
Nordrhein-Westfalen  
Horionplatz 1  
40213 Düsseldorf, Deutschland  
+49 2118 37 01  
Martin.Schwarz@wald-und-holz.nrw.de

### **Prof. Dr. Grömling Michael**

Institut der deutschen Wirtschaft  
Konrad-Adenauer-Ufer 21  
50668 Köln, Deutschland  
+49 2214 981 776  
groemling@iwkoeln.de

### **Haas Martin**

haascookzemmrich STUDIO2050  
Gymnasiumstrasse 52  
70174 Stuttgart, Deutschland  
+49 7112 221 51 75  
pr@haascookzemmrich.com

### **Prof. Dr. Hafner Annette**

Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstrasse 150  
44801 Bochum, Deutschland  
+49 2343 221 413  
annette.hafner@rub.de

### **Höher Stefan**

BAUWENS GmbH & Co. KG  
Holzmarkt 1  
50676 Köln, Deutschland  
+49 2214 008 40  
s.hoeher@bauwens.de

### **Höper Jannick**

LIST Eco GmbH & Co. KG  
Vogelsanger Strasse 321a  
50827 Köln, Deutschland  
+49 7179 901 50  
jannick.hoeper@list-eco.de

### **Janetzko Jens**

Verband der Wohnungs- und  
Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen e.V.  
Goltsteinstrasse 29  
40211 Düsseldorf, Deutschland  
+49 2395 918 20  
J.Janetzko@vdw-rw.de

### **Jeschonek Sybille**

Wohnungsbau und Treuhand AG (gbt)  
Strassburger Allee 3  
54295 Trier, Deutschland  
+49 6513 602 212  
Sybille.Jeschonek@gbt-trier.de

### **Jeuckens Cornel**

ISOWOODHAUS holz & raum GmbH & Co. KG  
Therecker Weg 11  
57413 Finnentrop, Deutschland  
+49 172 293 812 57  
c.jeuckens@isowoodhaus.de

### **Kirchner Udo**

HALFKANN + KIRCHNER Beratende Ingenieure  
für Brandschutz PartGmbH  
Richard-Lucas-Strasse 4  
41812 Erkelenz, Deutschland  
+49 2431 965 00  
kirchner@brandschutzgutachten.de

**Prof. Klinge Andrea**

ZRS Architekten GvA mbH  
Schlesische Strasse 26  
10997 Berlin, Deutschland

+49 3039 800 950  
klinge@zrs.berlin

**König Holger**

Ascona Gesellschaft für ökologische Projekte  
Wacholderweg 1  
82194 Gröbenzell, Deutschland

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

**Dr. Kuhne Carsten**

KKP Ingenieure GbR  
Münchener Strasse 23  
85540 Haar, Deutschland

+49 8918 917 460  
c.kuhne@kkp-ingenieure.de

**Lotz Robert**

Nassauische Heimstätte  
Schaumainkai 47  
60596 Frankfurt am Main, Deutschland

+49 6967 867 415 38  
robert.lotz@naheimst.de

**Merz Kathrin**

Modulart / Bauart Architekten und Planer AG  
Laupenstrasse 20  
3008 Bern, Schweiz

+41 31 385 15 35  
merz@bauart.ch

**Dr. Orlowski Matthias**

Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft mbH  
Trinkausstrasse 7  
40213 Düsseldorf, Deutschland

+49 2118 829 29  
orlowski@mkrg.com

**Probst Jacques**

Ministerium der Deutschsprachigen  
Gemeinschaft Belgiens  
Gospertstrasse 1  
4700 Eupen, Belgien

+32 875 963 00  
jacques.probst@dgov.be

**Rösch Fynn**

ASSMANN BERATEN + PLANEN GmbH  
Vorsetzen 50  
20459 Hamburg, Deutschland

+49 4051 497 10  
f.rosch@assmann.info

**Koehler Ralf**

Luxinnovation GIE  
5, avenue des Hauts Fourneaux  
4362 Esch-sur-Alzette, Luxemburg

+352 436 263 649  
ralf.koehler@luxinnovation.lu

**Prof. Dr. Kruse Dirk**

Dehne, Kruse Brandschutzingenieure  
GmbH & Co. KG  
Gustav-Schwannecke-Strasse 13  
38518 Gifhorn, Deutschland

+49 5312 615 79 04  
kruse@kd-brandschutz.de

**Dr. Lemaitre Christine**

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen –  
DGNB e.V.

Tübinger Strasse 43  
70178 Stuttgart, Deutschland

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

**Merz Konrad**

merz kley partner GmbH  
Sägerstrasse 6  
6850 Dornbirn, Österreich

+43 5572 360 31 11  
k.merz@mkp-ing.com

**Miltz Andreas**

Renowate  
Klaus-Bungert-Strasse 9  
40468 Düsseldorf, Deutschland

+49 1525 952 27 23  
andreas.miltz@renowate.earth

**Prause Gerd**

Prause Holzbauplanung GmbH & Co. KG  
Sülztalstrasse 84  
51789 Lindlar, Deutschland

+49 2266 901 89 01  
g.prause@holzbauplanung.de

**Reichelt Hendrik**

Kaufmann Bausysteme GmbH  
Baieren 115  
6870 Reuthe, Österreich

+43 5514 314 40 14  
h.reichelt@kaufmannbausysteme.at

**Schaeffer Barbara**

Molestina Architekten + Stadtplaner GmbH  
Wormser Strasse 21  
50677 Köln, Deutschland

+49 2212 999 25 20  
barbara.schaeffer@molestina.de

**Prof. Dr. Schänzlin Jörg**

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

**Scharrenbach Ina**

Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und  
Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen  
Jürgensplatz 1  
40219 Düsseldorf, Deutschland  
+49 2118 618 50  
einfeld@landesbeiratholz-nrw.de

**Schulte Helena**

schultearchitekten gmbh  
Altengrabengässchen 5-7  
50668 Köln, Deutschland  
+49 2219 499 43 25  
h.schulte@schultearchitekten.de

**Storck Michael**

Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstrasse 150  
44801 Bochum, Deutschland  
+49 2343 221 430  
michael.storck@ruhr-uni-bochum.de

**Walter Burkhard**

Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH  
Charlottenburger Allee 60  
52068 Aachen, Deutschland  
+49 2419 490 914  
b.walter@wr-ing.de

**Wiesenkämper Tobias**

Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure  
PartGmbH  
Zweigertstrasse 14  
45130 Essen, Deutschland  
+49 2018 718 120  
wiesenskaemper@rw-ingenieure.de

**Zernicke Caya**

Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstrasse 150  
44801 Bochum, Deutschland  
+49 2343 229 329  
Caya.Zernicke@rub.de

**Schär Michael**

Tecslot  
Habsburgerstrasse 1a  
6003 Luzern, Schweiz  
+41 41 510 80 99  
hello@tecslot.ch

**Schulte Marie-Sophie**

schultearchitekten gmbh  
Altengrabengässchen 5-7  
50668 Köln, Deutschland  
+49 2219 499 43 25  
m.schulte@schultearchitekten.de

**Steppler Markus**

W. u. J. Derix GmbH & Co.  
Dam 63  
41372 Niederkrüchten, Deutschland  
+49 2163 898 813  
m.steppler@derix.de

**Prof. Dr. Uibel Thomas**

Fachhochschule Aachen  
Bayernallee 9  
52066 Aachen, Deutschland  
+49 2416 009 512 09  
uibel@fh-aachen.de

**Weyland Hanns-Jochen**

Störmer Murphy and partners GmbH  
Michaelisbrücke 1  
20459 Hamburg, Deutschland  
+49 4036 973 749  
h.veyland@stoermer-partner.de

**Prof. Dr. Wimmer Reinhard**

Hochschule Karlsruhe  
Moltkestrasse 30  
76133 Karlsruhe, Deutschland  
+49 7219 252 621  
reinhard.wimmer@tmm-group.de



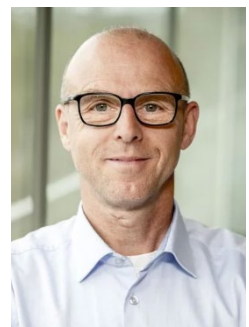
**Dienstag, 17. Oktober 2023**

**Transformation «Deutsche Wirtschaft»**



# Wirtschaftsstandort Deutschland

Prof. Dr. Michael Grömling  
Institut der deutschen Wirtschaft (IW)  
Köln, Deutschland





# Wirtschaftsstandort Deutschland

## 1. Multiple Schocks belasten den Wirtschaftsstandort

Die beiden großen Schocks der letzten Jahre haben für die privaten Haushalte, die Unternehmen und die Staaten zu neuen Anpassungslasten und Herausforderungen geführt. Zuerst war ab Frühjahr 2020 die Corona-Pandemie eine Schock-Kombination mit vielfältigen Folgen (Grömling, 2023): (1) In kurzer Zeit wurden die Volkswirtschaften rund um den Globus vom Corona-Virus in Mitleidenschaft gezogen. Im Gegensatz zu anderen Rezessionen gab es kein globales ökonomisches Gegengewicht. Corona traf alle Länder nahezu gleichzeitig und löste eine echte Weltwirtschaftskrise und eine globale Investitionsschwäche aus. (2) Im Gegensatz zu vorhergehenden Konjunkturkrisen, die meistens durch einen spezifischen Schock (z. B. Ölpreisschock oder Finanzmarktkrise) ausgelöst wurden, entfaltete sich die Corona-Krise schnell als eine Kombination von multiplen Angebots- und Nachfrageschocks. Die Erkrankungen und die gesundheitspolitisch begründbaren Einschränkungen beeinträchtigten die Produktionsprozesse. Mitarbeiter fehlten, Vorleistungslieferungen blieben produktions- und transportbedingt aus und damit kamen zeitlich eng getaktete Produktionsnetzwerke bis ins Jahr 2023 hinein aus dem Tritt. Im Dienstleistungssektor brachten die Schließungen die Produktion, den Absatz und die Einnahmen zum Teil komplett zum Erliegen. Die Lockdown-Maßnahmen legten auch die Nachfrageseite teilweise lahm. Ein Teil der Konsummöglichkeiten fiel im Gefolge der Lockdowns schlichtweg aus. Beschäftigungs- und Einkommenssorgen verstärkten dies. Zudem gingen die für die Modernisierung der Volkswirtschaft wichtigen Ausrüstungsinvestitionen stark zurück. (3) Zumindest mit Blick auf Deutschland waren frühere Konjunkturkrisen in der Regel Industriekrisen. Die Pandemie und die zu ihrer Eindämmung vorgenommenen Maßnahmen trafen sowohl den Industriesektor als auch große Teile der Dienstleistungsökonomie. Letztere hatten in früheren Krisen meist die Konjunktur stabilisiert, diesmal kamen vor allem die personenbezogenen Servicefirmen selbst heftig unter Druck. (4) Die Unsicherheiten über den Verlauf der Pandemie und bezüglich eines Erfolgs bei der Suche nach Impfstoffen und Therapien sorgten zunächst auch für ökonomische Ungewissheiten – etwa hinsichtlich weiterer Erkrankungswellen und erneuter Lockdown-Maßnahmen. Politik und Bevölkerungen wurden von den mehrfachen und vom Umfang zunehmenden Infektionswellen immer wieder überrascht. Auch der weltweite Konjunktur-einbruch, die vielfältigen Transmissionskanäle, die breite sektorale Betroffenheit in hochgradig miteinander verflochtenen Volkswirtschaften sowie die fehlende Erfahrung mit der Wirksamkeit von wirtschaftspolitischen Maßnahmen schufen multiple Verunsicherungen. Nicht zuletzt war auch nicht klar, wie sich die Menschen in einer derartigen Krise verhalten und inwieweit dies eine Rückkehr zu einem früheren Normal erschweren würde.

Die vergangenen Jahre haben deutlich vor Augen geführt, dass die Pandemie mit ihren vielfältigen Begleiterscheinungen einem zügigen Weg in die Normalität im Wege stand. Die Konsumerholung wurde durch mehrfache Infektionswellen und von den damit einhergehenden Einschränkungen immer wieder unterbrochen. Mit dem fortschreitenden Impferfolg kam zwar der Konsum wieder in die Normalisierungsspur. Die weltweiten Zuliefernetzwerke liefen aber immer noch nicht wirklich rund.

Auf diese in Teilen nicht im Normalmodus laufenden Volkswirtschaften setzen nun seit Februar 2022 die mit der russischen Invasion in der Ukraine einhergehenden Lasten und Verunsicherungen auf. Der Krieg wirkt vorwiegend über drei Transmissionskanäle (Grömling, 2022a; Grömling, 2023): (1) Zu den pandemiebedingten Liefer- und Produktionsproblemen kommen seit dem Frühjahr 2022 erhebliche Verunsicherungen hinsichtlich der Energieversorgung in einer Reihe europäischer Länder. Das Belastungsniveau hängt vom jeweiligen nationalen Energiemix und von der eigenen Ressourcenausstattung ab. (2) Die vor allem kriegsbedingten Versorgungsrisiken mit Energie und Rohstoffen haben in vielen europäischen Volkswirtschaften ungekannte Kostenschocks verursacht und sorgten in den Unternehmen für Verunsicherungen, zusätzliche Transaktionskosten und dies veränderte die internationale Wettbewerbsfähigkeit. Steigende Arbeitskosten – mit dem verständli-

chen Ziel, die Kaufkraftverluste der privaten Haushalte zu begrenzen – können die Konkurrenzfähigkeit der Firmen und deren Absatzchancen zusätzlich verschlechtern. In Teilen ist eine Weitergabe dieser insgesamt stark ansteigenden Kosten an die Kunden nicht möglich, sodass Ertragsrückgänge drohen mit negativen Auswirkungen auf die Investitionstätigkeit. (3) Das in vielen Ländern erheblich höhere Preisniveau auf der Erzeuger- und Verbraucherebene belastet unmittelbar die Nachfrage nach Konsum- und Investitionsgütern. Die hohen Inflationsraten zehren an der Kaufkraft der privaten Haushalte. Angesichts der unsicheren Wirtschaftsperspektiven und steigender Finanzierungskosten halten sich die Unternehmen mit ihren Investitionen zurück. Die Weltwirtschaft verliert erneut an Schwung und dies setzt dem Außenhandel in vielen Ländern zu.

Diese vielfältigen Anpassungslasten infolge der Pandemie und des Krieges bleiben nicht ohne Nachwirkungen auf das ökonomische System. Im Branchengefüge einer Volkswirtschaft bündeln sich über die Zeit all die vielfältige gesellschaftliche Entwicklungen und Präferenzänderungen sowie die ganz unterschiedlichen Unternehmensstrategien und technologische Veränderungen. Darüber hinaus hinterlassen die Folgen der globalen politischen und ökonomischen Veränderungen sowie der nationalen wirtschaftspolitischen Entscheidungen und Weichenstellungen an einem Wirtschaftsstandort ihre Spuren.

## 2. Deutschland – ein industriebasierter Standort

Worüber reden wir überhaupt, wenn wir vom «Wirtschaftsstandort Deutschland» reden und wodurch unterscheidet er sich gegebenenfalls von anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften? Dies wird im Weiteren kurz umrissen und darauf aufsetzend werden konkrete Megatrends aufgeführt, die für die weitere Entwicklung des Wirtschaftsstandorts Deutschland prägend sein werden. Aus dem Abgleich der künftig möglichen Nachfragepotentiale mit den dafür notwendigen Standortfaktoren kann abgeleitet werden, was wirtschaftspolitisch und gesellschaftlich getan werden muss, um aus der bestehenden Wirtschaftsstruktur heraus das künftige Produktionspotenzial für die Nutzung globaler Wachstumschancen zu gestalten.

Kurz vorweg (siehe Grömling, 2019): Der Wirtschaftsstandort Deutschland zeichnet sich durch einen hohen Industrieanteil aus, wobei die Bedeutung der Industrie durch den Leistungsverbund mit anderen Branchen noch deutlich höher ausfällt. Bislang ist privatwirtschaftliche Forschung in Deutschland im Wesentlichen Industrieforschung. Durch das hohe Gewicht von Investitionsgütern, bei einer insgesamt breiten Industriebasis, zählt Deutschland nach wie vor zu einem der wichtigsten «Ausrüster» der Welt. Das erklärt auch die Exporterfolge in Zeiten einer boomenden globalen Investitionstätigkeit (Grömling, 2016).

Vor dem Hintergrund dieser kurzen Beschreibung zeigt Abbildung 1 den Industrieanteil in Deutschland im internationalen Vergleich. Trotz des Rückgangs in den letzten fünf Jahren – infolge der beiden genannten Krisen und des vorher schon auftretenden Protektionismus – hat das Verarbeitende Gewerbe hierzulande eine im internationalen Verhältnis herausragende Stellung. Gut ein Fünftel der gesamtwirtschaftlichen Leistung entfiel im Jahr 2022 auf die Industrie – einschließlich der Energieproduktion sind es 24 Prozent. Weitere knapp 6 Prozent entfielen auf die Bauwirtschaft. Den überwiegenden Teil der Volkswirtschaft von fast 70 Prozent machen die vielfältigen Dienstleistungsbereiche aus. Die Abbildung 1 zeigt auch, dass der Industrieanteil hierzulande seit Mitte der 1990er Jahre über weite Strecken konstant war. Bis zum Rückgang in den letzten Jahren gab es nur im Jahr 2009 infolge der globalen Finanzmarktkrise einen abrupten Einbruch auf unter 20 Prozent, der im Folgejahr aber wieder weitgehend ausgeglichen wurde. Wegen des globalen Investitionseinbruchs traf die Finanzmarktkrise in erster Linie die Industrie, deren nominale Wertschöpfung im Jahr 2009 um gut 15 Prozent im Vergleich mit dem Vorjahr einbrach. Ähnliche Strukturverläufe wie Deutschland hatten – auf etwas niedrigerem Niveau – seit Mitte der 1990er Jahre die Schweiz und Österreich. Dagegen hatte die Industrie in einer Reihe von anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften – vor allem im Vereinigten Königreich, Frankreich, USA und Italien – bis zur globalen Finanzmarktkrise kräftig an Bedeutung verloren. Die Industrieanteile im Vereinigten Königreich, den USA und Frankreich belaufen sich zuletzt auf rund die Hälfte des deutschen Niveaus.

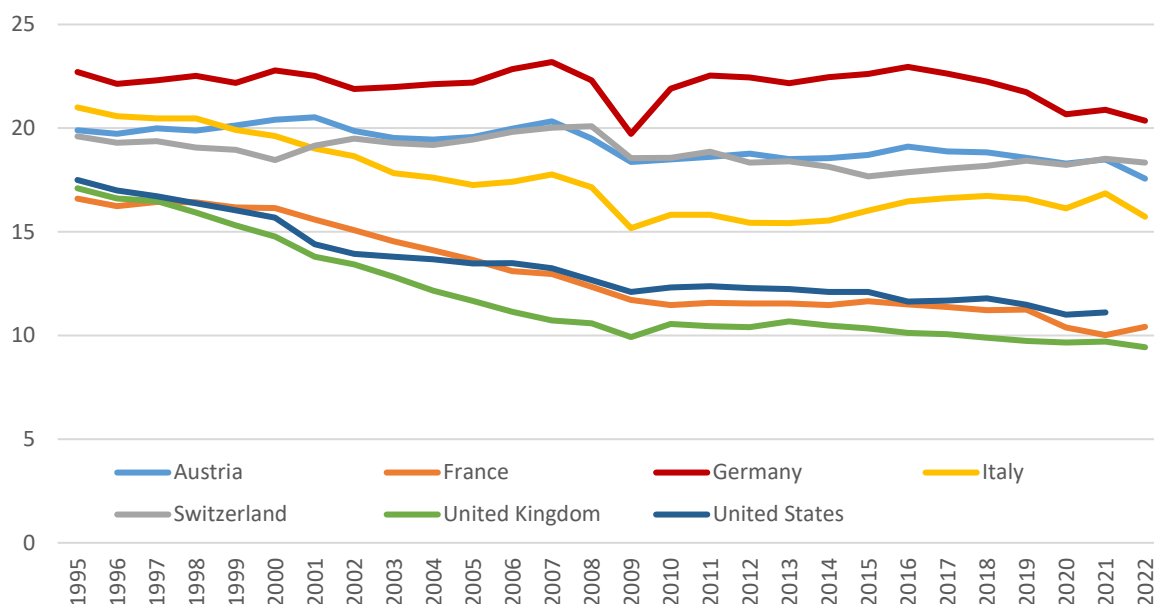


Abbildung 1: Industrieanteile im internationalen Vergleich

Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung in Prozent

Quelle: OECD; eigene Berechnungen

Kennzeichnend für die deutsche Wirtschaft ist auch ihre breite industrielle Basis, die hinter dem im internationalen Vergleich hohen Industrieanteil steht. Der Fahrzeugbau hatte 2019 mit einem Anteil von knapp 5 Prozent an der gesamtwirtschaftlichen und von knapp 23 Prozent an der industriellen Wertschöpfung eine überragende Position. Daneben haben aber auch der Maschinenbau, die Elektroindustrie, die Metallindustrie und die Chemie- und Pharmaindustrie eine hohe Bedeutung für die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung. In Europa ist diese breite Industriebasis einzigartig. Besonders auffallend ist im Ländervergleich die hohe und vor allem seit Mitte der 1990er Jahre angestiegene Bedeutung des Investitionsgütersektors. Gemäß der OECD-Abgrenzung hatte in Deutschland die Investitionsgüterproduktion vor Ausbruch der Krisen einen Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung von 14 Prozent. Unter den europäischen Volkswirtschaften folgen Österreich mit knapp 10 Prozent sowie Schweden und die Schweiz mit gut 8 Prozent. In Frankreich und im Vereinigten Königreich hat die Produktion von Investitionsgütern nur noch ein Gewicht von gut 4 Prozent, in den USA sind es 5 Prozent. Daraus wird für die deutsche Wirtschaft eine hohe Sensibilität für globale Investitionszyklen erkennbar.

Für eine Bewertung der Branchenstruktur ist auch das enge Zusammenwirken von Industrie und Dienstleistern relevant. Das erklärt sich aus der hohen branchenübergreifenden Arbeitsteilung und der Kombination von industrieller Ware mit einem breiten Kranz an produktbegleitenden beziehungsweise industrienahen Dienstleistungen. Einen empirischen Eindruck dazu liefert der sogenannte Industrie-Dienstleistungs-Verbund. Dabei werden neben der direkten Wertschöpfung der Industrie auch die wechselseitigen Vorleistungsbezüge von Industrie und Dienstleistern berücksichtigt. Demnach entfällt auf die deutsche Industrie ein Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Leistung von rund 29 Prozent – der Verbund beläuft sich dabei auf 8,5 Prozentpunkte. Das ist deutlich höher als in den anderen großen europäischen Volkswirtschaften.

Ein weiteres Charakteristikum für die deutsche Wirtschaft besteht darin, dass mit 85 Prozent der überwiegende Teil an privatwirtschaftlicher Forschung von der Industrie getätigt wird. Nur in Japan ist der Industrieanteil an den F&E-Ausgaben der Privatwirtschaft höher, in all den anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften erheblich niedriger – in Frankreich bei rund der Hälfte, im Vereinigten Königreich bei knapp 40 Prozent. Das ergibt sich aus der Wirtschaftsstruktur, weist aber auch auf deutliche Unterschiede und Ausgangspunkte in der sektoralen Forschungsinfrastruktur hin.

Mit Blick auf die Exportstruktur dominieren bei Deutschland mit 80 Prozent die Warenausfuhren, die vorwiegend aus Industriewaren bestehen. Vergleichbare Größenordnungen finden sich lediglich in Japan und Italien. Dabei konzentrieren sich die deutschen Industrieexporteure weniger auf den Bereich der Hightech-Güter, sondern in höherem Ausmaß auf das gehobene Segment der Mediumtech-Produkte – zu denen etwa Fahrzeuge und Maschinen zählen. Dies unterstreicht die hohe globale Bedeutung Deutschlands als Entwickler und Lieferant von Investitionsgütern.

### 3. Treiber des allgemeinen Strukturwandels

Der in Abbildung 1 sichtbare hohe und über weite Strecken konstante Industrieanteil in Deutschland darf nicht dahingehend interpretiert werden, dass es hierzulande keinen Strukturwandel gibt. Das hängt zum einen damit zusammen, dass der Blick auf den gesamten Industrieanteil darüber hinwegtäuschen kann, dass es innerhalb der großen Sektoren zu Verschiebungen mit unterschiedlichen Richtungen kam. Zum anderen gibt es ganz unterschiedliche Erklärungen für den strukturellen Wandel, die auch zu gegenläufigen Effekten führen können. Die Wirtschaftsstruktur ist, wie bereits bemerkt, ein Sammelbecken für ganz unterschiedliche gesellschaftliche, politische und ökonomische Einflüsse (Grömling/Lichtblau/Weber, 1998).

**Präferenz- und Konsumwandel:** Mit steigendem Wohlstand verschiebt sich die Nachfrage- und Produktionsstruktur einer Volkswirtschaft in Richtung Dienstleistungen. Die privaten Haushalte kaufen verstärkt (hochwertige) Dienstleistungen, zum Beispiel in den Bereichen Freizeit, Finanzen oder Kultur. Präferenzänderungen der Konsumenten – etwa infolge der Digitalisierung oder des Klimawandels – treffen Unternehmen und Branchen in ganz unterschiedlicher Weise. Außerdem verlangen die Konsumenten beim Kauf von Industriewaren eine Reihe von produktbegleitenden Dienstleistungen. Vor allem die steigende Komplexität moderner Gesellschaften stimuliert die Nachfrage nach wissensintensiven Dienstleistungen. Und nicht zuletzt dürfte die demographische Entwicklung die Nachfrage der privaten Haushalte nach Dienstleistungen forcieren. Mit einem zunehmenden Durchschnittsalter verlieren Waren und gewinnen haushaltsnahe Dienste, zum Beispiel im Gesundheits- und Sozialwesen, an Bedeutung.

**Tertiarisierung der Produktion:** Es ändert sich aber nicht nur das, was produziert wird, sondern auch die Art und Weise, wie produziert wird. Unternehmen wandeln sich zum Teil zu sogenannten hybriden Unternehmen, die Industriewaren und Dienstleistungen anbieten. Wettbewerbsvorteile gegenüber in- und ausländischen Konkurrenten entstehen oftmals gerade durch produktbegleitende Dienste – wie gemeinsame Forschung und Entwicklung von Kunde und Hersteller. Parallel zu dieser Ausweitung des betrieblichen Leistungsangebots ist zu beobachten, dass sich Industrieunternehmen auf der Produktionsebene über einen längeren Zeitraum auf ihr Kerngeschäft konzentriert haben und bestimmte Leistungen an Spezialunternehmen auslagerten. Die Verfügbarkeit von Spezialwissen, Qualitätsdifferenzen, Kostenunterschiede und Kapazitätsengpässe sprechen für dieses Outsourcing. Beide Trends begünstigen direkt den Dienstleistungssektor, stärken zugleich aber auch die Industrie in ihrer Wettbewerbsfähigkeit.

**Internationalisierung:** Veränderungen der Produktionsprozesse und des Branchengefüges entstehen auch dann, wenn bislang im Inland erstellte durch aus dem Ausland bezogene Industriekomponenten substituiert werden. Die Öffnung von Ländern und die Liberalisierung von Märkten haben über eine gewisse Zeit für eine Restrukturierung der Produktionsprozesse gesorgt. Für dieses Offshoring können Spezialisierungs- und Kostenvorteile sprechen, aber auch der Zugang zu Produktionsfaktoren. So hat auch die nationale Energiepolitik einen Einfluss auf die Standort- und Produktionsentscheidungen von Unternehmen – der Krieg macht dies mehr als deutlich. Auch hier sind Effekte in beide Richtungen möglich: Internationalisierung substituiert inländische Industrieproduktion, stärkt sie zugleich aber auch über die Vorleistungseffekte im Rahmen der globalen Wertschöpfungsketten. Gleichzeitig eröffnet die Globalisierung neue Märkte, was ebenfalls auf die Inlandsproduktion positiv zurückwirken kann. Der gewaltige Aufholprozess der Schwellen- und Entwicklungsländer in der vergangenen Dekade hat zu einem ebenso gewaltigen globalen



Investitionsboom geführt, der schließlich vor allem die stärker auf Investitionsgüter konzentrierten Länder begünstigte und damit dort die industrielle Inlandsproduktion und die Exporttätigkeit (Grömling, 2016).

**Technologischer Wandel:** Und nicht zuletzt führen Produkt- und Prozessinnovationen zum Strukturwandel auf der Güter- und Produktionsebene. Der internationale Wettbewerb setzt wiederum in den Branchen unterschiedliche Anreize für Innovationen. Die Industrie, aber zum Teil auch Dienstleistungsunternehmen, die im internationalen Wettbewerb stehen, erfahren einen stärkeren Innovationsdruck. Der angesprochene hohe Industrieanteil an der privatwirtschaftlichen Forschung in Deutschland untermauert dies. Zudem bestimmen neue Basistechnologien – wie die Digitalisierung – auch die drei vorweg aufgezeigten Treiber des Strukturwandels. Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien werden in Gesellschaft und Wirtschaft schon seit mehreren Dekaden vielfach eingesetzt. Gleichwohl scheint das Tempo der «digitalen Revolution» infolge fortschreitender Innovationen und der wachsenden Bedeutung von Netzwerken schneller zu werden. Die Pandemie dürfte die Notwendigkeit forciert und den Erfolg einer zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung begünstigt haben. Generell werden von der Digitalisierung eine Reihe von Vorteilen erwartet (Demary et al., 2022): Dazu zählen Effizienzgewinne und Kostenersparnisse infolge digitalisierter Produktions- und Geschäftsprozesse. Diese Prozessinnovationen sollten die (internationale) Wettbewerbsfähigkeit stärken und dies hilft auch neue Märkte zu erschließen. Neue Kunden werden zudem durch moderne digitale Güter, also Produktinnovationen, gewonnen. Digitale Plattformen ermöglichen eine neue Organisation und Steuerung von (internationalen) Wertschöpfungsketten als auch völlig neue digitale Geschäftsmodelle. Die staatlichen Rahmenbedingungen (z.B. digitale Infrastruktur, E-Government, digitaler Rechtsrahmen) entscheiden mit darüber, ob ein Wirtschaftsstandort im globalen Wettbewerb mithalten kann. Jedenfalls spielen bislang die digitalen Plattformen in den USA und China die maßgebliche globale Rolle. Diese Startvorteile – vor allem die große Anzahl an Nutzern und die damit einhergehenden Netzwerkeffekte – stellen eine Herausforderung für Europa dar.

## 4. Standorteffekte der Megatrends

Diese generellen Treiber der Struktur eines Wirtschaftsstandorts werden zum einen von den beiden großen Schocks der letzten Jahre – der Pandemie und den geopolitischen Verwerfungen im Gefolge des Krieges in der Ukraine und der Neupositionierung von großen Schwellenländern – beeinflusst. Zum anderen wirken große Megatrends über diese vier Wege auf den Wirtschaftsstandort und das gesamtwirtschaftliche Branchengefüge ein. Drei dieser großen Trends (Grömling/Hass, 2009) – Demografie, Klimawandel und Ressourcenknappheit – werden im Folgenden thematisiert.

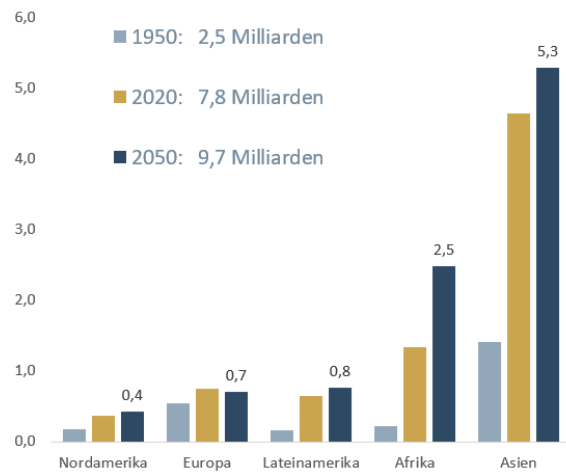
Letztlich resultiert der Erfolg eines Wirtschaftsstandorts aus dem Zusammenwirken von dem dort produzierten Angebot an Waren und Dienstleistungen einerseits und der Nachfrage nach eben diesen Gütern andererseits. Je offener eine Volkswirtschaft aufgestellt ist, umso bedeutsamer sind die globalen Bedürfnisse.

### 4.1. Herausforderung Demografie

Mit Blick auf die demografische Entwicklung sind zwei Trends zu unterscheiden: Zum einen wird die Weltbevölkerung weiter zunehmen. Bis zum Jahr 2050 wird sie gemäß der mittleren Variante der UN-Prognose von derzeit rund 8 Milliarden Menschen auf 9,7 Milliarden ansteigen (Abbildung 2). Der gesamte Zuwachs wird auf die heutigen Entwicklungs- und Schwellenländer entfallen. Im Jahr 2050 leben demnach nur gut 11 Prozent der Weltbevölkerung in Europa und Nordamerika. Neben dem Bevölkerungswachstum setzt sich die Urbanisierung weiter fort. Lebten im Jahr 1950 noch 72 Prozent der damals 2,5 Milliarden Menschen auf dem Land und 28 Prozent in Städten, so waren die Anteile im Jahr 2008 erstmals in der Geschichte der Menschheit ausgeglichen. Bis zum Jahr 2050 wird sich von heute aus gesehen die Anzahl der Stadtbewohner auf 6,7 Milliarden nahezu verdoppeln. Zwei Drittel der Weltbevölkerung leben dann in Städten. Die in Mega-Städten schon heute oftmals unzureichende Verkehrs-, Versorgungs- und Entsorgungsinfrastruktur macht enorme Investitionen notwendig. Die Pandemie hat diese Folgen der Urbanisierung deutlich

vor Augen geführt. Investitionsgüterproduzenten, die international gut aufgestellt sind, dürften angesichts der wachsenden und sich im Raum verdichtenden Weltbevölkerung lebensnotwendige Nachfragepotenziale bedienen können.

Bevölkerung nach Regionen in Milliarden Menschen



Land- und Stadtbevölkerung in Milliarden Menschen

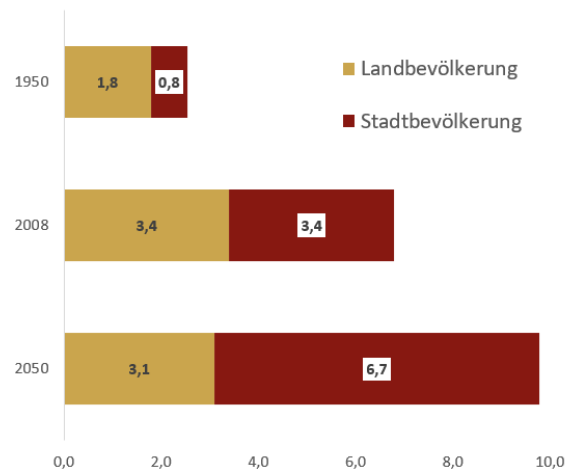


Abbildung 2: Wachstum und Urbanisierung der Weltbevölkerung

Quelle: United Nations (UN); eigene Darstellung

Auch in Deutschland ist die Bevölkerungszahl – entgegen bisherigen Erwartungen – in den letzten Jahren angestiegen und hat zum Jahresende 2022 mit deutlich über 84 Millionen Personen einen Rekordwert verzeichnet. Im Vergleich zum Vorjahresende stieg die Anzahl der Einwohner um über eine Million an – vor allem infolge des Krieges in der Ukraine. Seit dem Jahr 2010 hat sich die Bevölkerungszahl hierzulande um über 4 Millionen erhöht. Die Corona-Pandemie hatte zunächst die Nettozuwanderung in den Jahren 2020 und 2021 deutlich vermindern, bevor es bedingt durch den Krieg und die gesamte geopolitische Lage zu einem erneuten Anstieg kam. Der zunächst prognostizierte Rückgang der Bevölkerung ist aufgrund hoher Migration nicht eingetreten. Gleichwohl wird in der laufenden Dekade ein weitreichender demografischer Wandel einsetzen. Dabei wird sich wie in vielen anderen fortgeschrittenen Volkswirtschaften die Bevölkerungsstruktur hin zu den Älteren verschieben und das Gewicht der Erwerbspersonen an der Gesamtbevölkerung wird deutlich abnehmen. Dies ist ein globales Phänomen – auch in den Schwellenländern verschiebt sich die Bevölkerungsstruktur hin zu den Älteren. In Deutschland kommt es vor allem bis Mitte der 2030er Jahre zu einer anhaltenden Alterung der Bevölkerung. Das resultiert aus dem Ausscheiden der geburtenstarken Jahrgänge der 1960er Jahre aus dem Erwerbsleben und dem nicht ausreichenden Eintritt von jungen Menschen ins Berufsleben. Die Zuwanderung nach Deutschland wird diese Alterung der Gesellschaft voraussichtlich nicht grundlegend aufhalten. Mit Blick auf die aktuell vorliegenden Bevölkerungsprojektionen wird sich nicht nur die Bevölkerungsstruktur verschieben, sondern auch in absoluten Größen nimmt das Erwerbspersonenpotenzial (Einwohner im Alter vom 18. bis zum 67. Lebensjahr) im hier aufgezeigten Analysezeitraum schätzungsweise um mehr als 5 Millionen Personen oder ein Zehntel ab.

Daraus folgt unmittelbar, dass die gesamtwirtschaftliche Wirtschaftsleistung von einem absolut und relativ kleiner werdenden Teil der Bevölkerung erbracht werden muss. Daraus allein entstehen ökonomische Anpassungslasten – etwa bei der Finanzierung des allgemeinen Staatshaushaltes sowie der sozialen Sicherungssysteme. Dies schafft zusätzliche Herausforderungen für die Wirtschaftspolitik – wie etwa bei der Finanzierung von öffentlichen Investitionen und Infrastrukturen. Da die demografischen Veränderungen in regionaler Hinsicht nicht gleichmäßig erfolgen, ergeben sich voraussichtlich auch merklich unterschiedliche raumwirtschaftliche Produktions- und Wachstumseffekte in den kommenden beiden Dekaden. Auch die Herausforderungen infolge der weiteren, hier angesprochenen Megatrends – Klimawandel und Ressourcenknappheit – werden durch den vorgezeichneten demografischen Wandel nicht kleiner. Denn dies erfordert vielfältige Innovationen und einen

forcierten technologischen Fortschritt. Dieser wiederum basiert auf gut ausgebildeten Fachkräften. Es steht allerdings zu befürchten, dass der allgemeine demografische Wandel zu einem ausgeprägten Rückgang an Fachkräften führt und die bereits bestehenden Fachkräftengpässe am Wirtschaftsstandort Deutschland verschärfen wird. Ob die Fachkräftesicherung gelingt, hat dann auch unmittelbare Bedeutung für die Auseinandersetzung mit den weiteren ökonomischen Veränderungen und Herausforderungen.

## **4.2. Herausforderung Klimawandel**

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) geht davon aus, dass sich die Oberflächentemperatur der Erde weiter erhöhen wird (IPCC, 2023). Wenngleich das konkrete Ausmaß offen ist, sind global ernstzunehmende Anpassungslasten zu erwarten. Die Beeinträchtigungen durch den Klimawandel treffen die Kontinente, einzelne Volkswirtschaften und darunter Regionen voraussichtlich ganz unterschiedlich. Klimatische Veränderungen führen zu direkten Beeinträchtigungen der Natur (konkret etwa beim Festlandeis, Permafrostboden, Regenwälder, Meeresströmungen, Vegetationszonen). Daraus können vielfältige gesellschaftliche und ökonomische Anpassungslasten entstehen. Als ein konkretes Beispiel für Letzteres können etwa Infrastrukturstörungen durch ungewöhnlich starke Unwetter sowie länger anhaltende Niedrigwasserphasen genannt werden. Auch physische Schäden an den Produktionsanlagen und permanente Produktionseinschränkungen – etwa in der Landwirtschaft – sind zu bedenken. Dies in Kombination mit einem hohen Bevölkerungswachstum kann Migration innerhalb und zwischen Ländern auslösen. Eine Reihe von ernsthaften gesellschaftlichen Veränderungen ist denkbar. All dies bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die globale Nachfrage nach Gütern und Problemlösungen, auf die Produktivitätsoptionen der Unternehmen und das Branchengefüge eines Wirtschaftsstandorts.

## **4.3. Herausforderung Ressourcenknappheit**

Um Waren, aber auch Dienstleistungen zu erstellen, werden eine Vielzahl von ganz unterschiedlichen Rohstoffen gebraucht. Dies haben die Pandemie mit ihren vielfältigen Lieferstörungen und Materialknappheiten und der Krieg mit seinen Auswirkungen auf die globale Energie- und Rohstoffversorgung abrupt vor Augen geführt. Es geht um die Versorgung mit Energierohstoffen (z. B. Öl und Gas), Industrierohstoffen (z.B. Kupfer, Aluminium, Seltene Erden) und Agrarrohstoffen (z.B. Getreide, Öle, Holz, Kautschuk). Aufgrund der natürlichen sowie der politisch verursachten Knappheit von Rohstoffen – was auch im Zusammenhang mit der steigenden Weltbevölkerung zu sehen ist – ist eine Entkopplung der weltwirtschaftlichen Produktion vom Rohstoffverbrauch notwendig. Erforderlich ist eine absolute Entkopplung durch eine Reduzierung der Ressourcenintensität in der Produktion und beim Endverbrauch. Dies birgt gerade für Industrieunternehmen einen hohen Anpassungsbedarf, aber auch Chancen für die Entwicklung von Alternativen und Technologien, um die Ressourcenproduktivität zu steigern.

# **5. Nachfragechancen und Angebotspotenziale**

Welche Bedeutung haben diese zentralen Herausforderungen für den Wirtschaftsstandort Deutschland und seine Wirtschaftsstruktur? Zum einen bedeuten sie für die unternehmerischen Produktionsprozesse ganz unterschiedliche Anpassungen und Restrukturierungen. Konkret können Fachkräfte sowie die Energie- und Rohstoffversorgung genannt werden. Zum anderen dürfte es unbestreitbar sein, dass sich viele der mit diesen großen globalen Herausforderungen verbundenen Probleme nur mit Hilfe von industriellen Lösungen angehen lassen. Dabei ist das bereits angesprochene enge Agieren von Industrie- und Dienstleistungsfirmen zu berücksichtigen. Deutschland hat mit seiner modernen Industrie gute Chancen, auch in Zukunft an der Bewältigung der mit diesen Megatrends einhergehenden Anpassungen mitzuwirken. So sind etwa der Maschinenbau, die Elektroindustrie und die Informationstechnologie entscheidende Antreiber in Sachen Umwelt- und Verfahrenstechnik. Auch die Chemische und Pharmazeutische Industrie können einen großen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel und zur Steigerung der Ressourceneffizienz leisten. Eine globale Dimension haben die Perspektiven der Energie- und Automobilwirtschaft sowie der Ernährungswirtschaft. Global agierende Bau- und Baustoffunternehmen können davon profitieren, dass eine wachsende Weltbevölkerung steigende Infrastrukturinvestitionen nach

sich zieht und dies in effizienter Weise nur mit modernen Technologien zu bewerkstelligen ist. Nicht zuletzt haben auch jene Branchen gute Chancen, die die Nachfrage von älteren Menschen bedienen. Hierzu zählen zum Beispiel die Pharmaindustrie, die Biotechnologie, die Medizintechnik und die industriellen Ausstatter von Gesundheitsdiensten. Der nochmalige Verweis auf die Netzwerk- und Verbundeffekte für die vielfältigen unternehmensnahen Dienstleister ist relevant.

Um diese künftigen globalen Nachfragepotenziale, die sich neben den generellen Treibern des Strukturwandels vor allem aus den drei aufgezeigten Megatrends ergeben, aufgreifen zu können, ist es allerdings erforderlich, die Angebotsseite der Wirtschaft permanent zu entwickeln. In einer groben Abgrenzung zählen dazu die Arbeitskräfte und ihre vielfältigen Qualifikationen (Humankapital) sowie die Ausstattung mit Sachkapital der unterschiedlichsten Art einschließlich der breit verstandenen Infrastrukturen. Als Teil des gesamtwirtschaftlichen Kapitalstocks kann auch das Naturkapital (Ausstattung mit Energie- und Rohstoffen) verstanden werden. Der technologische Wissensbestand einer Volkswirtschaft, der sich wiederum aus den Bildungs- und Forschungsanstrengungen ergibt, ist ebenfalls von fundamentaler Bedeutung für die Angebotsseite einer Volkswirtschaft.

Ob und in welcher Qualität all diese Produktionsfaktoren in Zukunft zur Verfügung stehen, hängt von den jeweiligen Investitionen ab. Das ist zentral für das Verständnis langfristiger wirtschaftlicher Entwicklung, aber auch der Bewältigung von außergewöhnlichen Herausforderungen. Allein der absehbare Rückgang an Erwerbspersonen erfordert einen Mehreinsatz an Kapital und technologischem Wissen, um unseren Lebensstandard überhaupt erst auf dem gegenwärtigen Niveau halten zu können. Der Klimawandel erfordert ebenso vielfältige Investitionen in Humankapital, Sachkapital, Infrastrukturen, technologisches Wissen, in effiziente und ressourcenschonende Nutzungsformen von Naturkapital.

## 6. Kapitalschwacher Wirtschaftsstandort

Die Ausgangsbasis dafür ist jedoch nicht günstig (Grömling, 2022b): Im Durchschnitt der letzten beiden Dekaden lag der Beitrag der Kapitalbildung zum Wirtschaftswachstum bei nur noch 0,5 Prozentpunkten pro Jahr. Das ist nur noch gut die Hälfte des Impulses, während der 1980er und 1990er Jahre, ganz zu schweigen von den hohen Kapitalstockeffekten in den Dekaden zuvor. Die zuletzt «kapitalarme» Wachstumsperformance in Deutschland stellt somit eine schlechte Ausgangslage für die zukünftig notwendige Investitionstätigkeit zur Bewältigung der aufgezeigten Herausforderungen dar. Zukünftig sind erheblich höhere Investitionen notwendig. Dafür müssen jedoch auch die investiven Rahmenbedingungen in Deutschland verbessert werden – auch mit Blick auf den zunehmenden internationalen Standortwettbewerb angesichts der geoökonomischen Fragmentierungen.

Eine aktuelle Untersuchung des Instituts der deutschen Wirtschaft (Grömling/Bardt, 2023) liefert eine empirische Evidenz für die gegenwärtigen Probleme am Wirtschaftsstandort Deutschland. Die beiden großen Schocks der letzten Jahre – die Pandemie und die russische Invasion der Ukraine und die damit einhergehenden geopolitischen Risiken – belasten die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen am Wirtschaftsstandort Deutschland. Infolge der Pandemie entstanden vor allem im Jahr 2021 historisch hohe Materialengpässe und entsprechende Kostenanstiege für Vorleistungen und Rohstoffe. Darüber hinaus haben die kriegsbedingten Versorgungsrisiken mit Energie und Rohstoffen für zusätzliche Kostenbelastungen gesorgt. Diese hohen und kumulativen Kostenschocks schwächen die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industriefirmen – und das in einer sich abschwächenden Weltwirtschaft. Dies wiederum hat Auswirkungen auf die künftige Investitionstätigkeit und somit auf die kapitalgetriebene Entwicklung des Wirtschaftsstandorts.

Mit der IW-Konjunkturumfrage vom Sommer 2023, an der rund 2.100 Unternehmen teilnahmen, wurden die Belastungen deutscher Firmen mit verschiedenen Kostenkategorien vermessen (Grömling/Bardt, 2023). Dabei ging es um die Kosteneffekte infolge der Pandemie und des Ukraine-Krieg auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Deutschland. Dazu wurde zum einen gefragt, wie sich bestimmte Kostenfaktoren im Gefolge der beiden Schocks auf die Wettbewerbsfähigkeit des befragten Unternehmens ausgewirkt haben. Zum anderen wurde gefragt, für wie dauerhaft die Kosteneffekte auf ihre eigene

Wettbewerbsfähigkeit von den Unternehmen eingeschätzt werden. Dies soll eine empirische Grundlage dafür liefern, ob eine bleibende Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit infolge der genannten Kostenschocks zu erwarten ist. Dies wiederum ist relevant für die Abschätzung von langfristig wirksamen strukturellen Anpassungen am Wirtschaftsstandort Deutschland.

Abbildung 3 zeigt, dass von den befragten Industrieunternehmen im Vergleich mit der Situation vor den beiden Krisen die stärkste Verschlechterung ihrer Wettbewerbsfähigkeit durch die höheren Strompreise gesehen wird. Gut vier von zehn Industriefirmen geben an, dass die Veränderung der Stromkosten ihre Wettbewerbsfähigkeit in einem deutlich stärkeren Ausmaß belastet. Für rund ein Drittel der Betriebe gilt dies auch infolge der Entwicklung der Gaspreise und der Lohnkosten. Höhere Material- und Rohstoffkosten werden von den Industriefirmen trotz der zwischenzeitlichen Entspannungen auch am aktuellen Rand als Problem für ihre Wettbewerbsfähigkeit genannt. Vonseiten der Steuern und Abgaben wurde die Wettbewerbsfähigkeit zuletzt nicht in hervorragender Weise belastet. Gleichwohl sollte dies nicht als unproblematisch interpretiert werden. Hier gab es zuletzt zwar keine hohen Steigerungen, aber im internationalen Vergleich weist Deutschland ein hohes Belastungsniveau auf. Das dürfte auch für die Arbeitsmarktregulierungen zutreffen. Höhere Finanzierungskosten, etwa im Gefolge der zuletzt deutlich angestiegenen Kreditzinsen, werden über alle Branchen hinweg von jeweils rund einem Fünftel der befragten Unternehmen als Grund für eine verschlechterte Wettbewerbsfähigkeit angeführt.

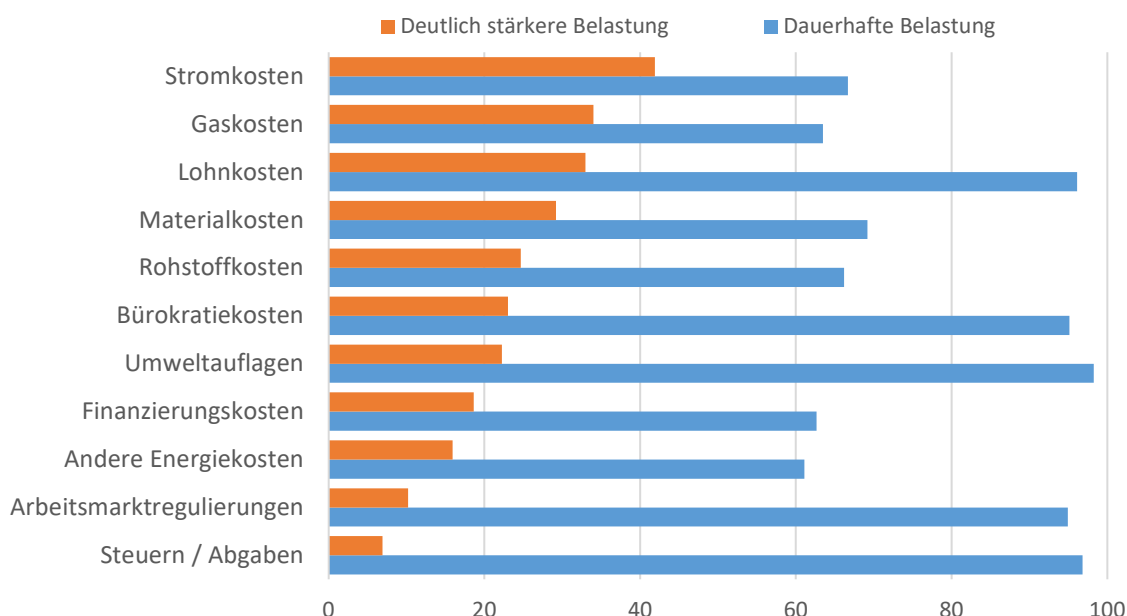


Abbildung 3: Kostenbelastungen der deutschen Industrie

Anteil von Industrieunternehmen mit deutlich stärkeren Kostenbelastungen für ihre Wettbewerbsfähigkeit sowie Anteil von Industrieunternehmen, die für ihr Unternehmen dauerhafte Kosteneffekte auf ihre Wettbewerbsfähigkeit erwarten, in Prozent.

Zugrunde liegende Frage: Welche Kostenfaktoren belasten derzeit die Wettbewerbsfähigkeit Ihres Unternehmens? Veränderung im Vergleich mit der Zeit vor der Pandemie und dem Krieg in der Ukraine.

Anteile auf Basis gewichteter Ergebnisse der IW-Konjunkturbefragung im Juni 2023 unter 2.086 Unternehmen.

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Hinsichtlich der Permanenz der Kostenschocks variiert die Reihenfolge der Kostenargumente. Dazu wurden nur diejenigen Unternehmen ausgewertet, die beim ersten Fragekomplex von einer Verschlechterung durch eine zunehmende Kostenbelastung ausgingen. Der Befund zum zweiten Fragenkomplex soll eine empirische Einschätzung dazu liefern, ob eine bleibende Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit infolge der genannten Kostenschocks zu erwarten ist – mit den entsprechenden Implikationen für den Wirtschaftsstandort. Neben den Lohnkosten werden von den Industrieunternehmen – und dies deckt sich weitestgehend auch mit den Einschätzungen von den Unternehmen der Bauwirtschaft und

im Dienstleistungssektor – vor allem von den staatlich verursachten Kostenfaktoren dauerhafte Belastungen für ihre Wettbewerbsfähigkeit vorgebracht. Dabei geht es konkret um die Umweltauflagen, die Arbeitsmarktregulierungen, die Höhe der Steuern und Abgaben sowie um die Bürokratiekosten. Mehr als neun von zehn Industriefirmen erkennen von diesen staatlich verursachten Kostenfaktoren eine dauerhafte Beeinträchtigung ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Auch die infolge der beiden Krisen angestiegenen Energie-, Rohstoff- und Materialpreise werden von rund zwei Dritteln der Industrieunternehmen als eine dauerhafte Belastung für ihre Wettbewerbsfähigkeit angesehen. Im Umkehrschluss geht also nur rund ein Drittel der befragten Unternehmen davon aus, dass sich diese Kosteneffekte wieder zurückbilden und keine bleibende Bürde für die Wettbewerbschancen am Industriestandort Deutschland darstellen.

Diese außergewöhnlichen Veränderungen der industriellen Rahmenbedingungen müssen im gesellschaftlichen und wirtschaftspolitischen Raum ernst genommen werden. Es gilt einen breiten Konsens für die folgenden zentralen Ansatzpunkte zur Forcierung von Investitionen am Wirtschaftsstandort Deutschland zu schaffen:

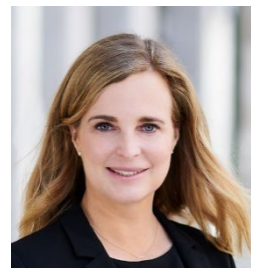
1. Sichere Energieversorgung und wettbewerbsfähige Energiepreise
2. Funktionsfähige Infrastrukturen
3. Modernes Bildungs- und Forschungswesen
4. Wettbewerbsfähige Steuern und Kosten (z.B. Bürokratiekosten)

## 7. Literatur

- [1] Demary, Vera / Matthes, Jürgen / Plünnecke, Axel / Schaefer, Thilo (Hrsg.). 2021, Gleichzeitig: Wie vier Disruptionen die deutsche Wirtschaft verändern. Herausforderungen und Lösungen, IW-Studie, Köln
- [2] Grömling, Michael, 2014, A Supply-Side Explanation for Current Account Imbalances, in: Intereconomics, 49. Jg., Nr. 1, S. 30–35
- [3] Grömling, Michael, 2019, Industrieller Strukturwandel im Zeitalter der Digitalisierung, in: ifo Schnelldienst, 72. Jg., Nr. 15, S. 8–12
- [4] Grömling, Michael, 2022a, Wirtschaftliche Effekte des Krieges in der Ukraine – Ausgangslage und Übertragungswege, IW-Report, Nr. 14, Köln
- [5] Grömling, Michael, 2022b, Kapitalarmes Produktivitätswachstum in Deutschland – eine schwere Ausgangslage, in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 75. Jahrgang, Nr. 9, S. 32–37
- [6] Grömling, Michael, 2023, Quo vadis deutsche Wirtschaft? Die Herausforderungen der Gegenwart aus makroökonomischer und konjunktureller Sicht, in: BUaktuell, Ausgabe 1/2023, General Reinsurance, Köln
- [7] Grömling, Michael / Bardt, Hubertus, 2023, Unternehmen befürchten dauerhafte Kostenbelastungen, in: Wirtschaftsdienst, 103. Jahrgang, Nr. 8, S. 539–545
- [8] Grömling, Michael / Haß, Hans-Joachim, 2009, Globale Megatrends und Perspektiven der deutschen Industrie, IW-Analysen, Nr. 47, Köln
- [9] Grömling, Michael / Lichtblau, Karl / Weber, Alexander, 1998, Industrie und Dienstleistungen im Zeitalter der Globalisierung, Köln
- [10] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023, Climate Change 2023. Synthesis Report, Genf

# **Stand der ESG-Transformation und die Auswirkungen auf die Immobilienwirtschaft**

Christiane Conrads  
PricewaterhouseCoopers GmbH  
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
Frankfurt am Main, Deutschland



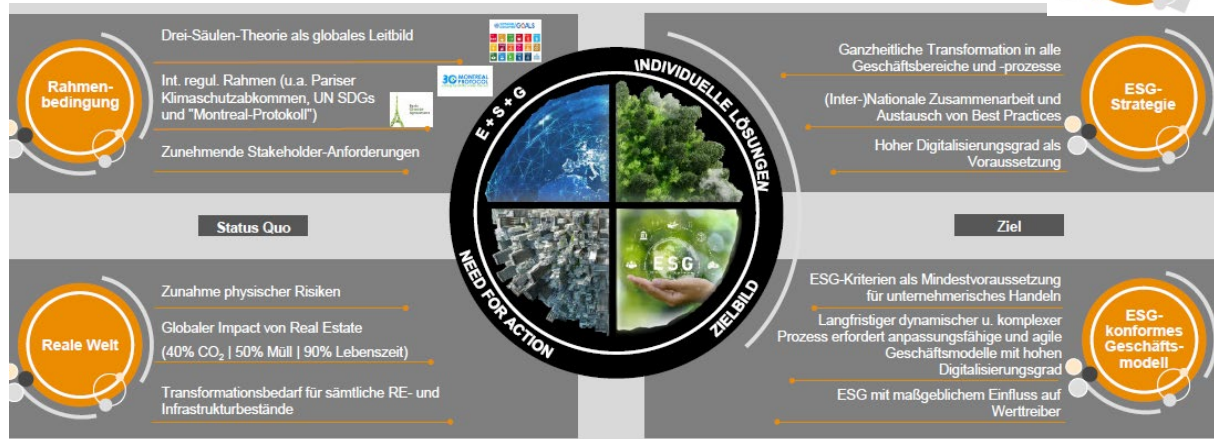




# Stand der ESG-Transformation und die Auswirkungen auf die Immobilienwirtschaft

## 1. Globale ESG-Transformation

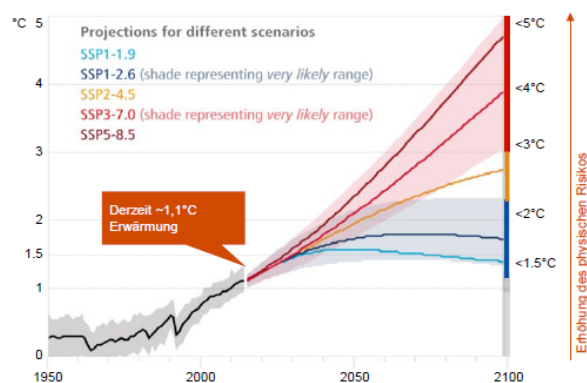
Hoher Impact von Real Assets führt zu erheblichem Handlungsbedarf.



## 2. Zunehmende physische Risiken erfordern Maßnahmen

Die hohen Auswirkungen physischer Risiken erfordern die Integration von Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalysen in langfristige Strategien.

Pfade der globalen Erwärmung gemäß der Klimaszenarien des IPCC <sup>1</sup>



Die derzeitigen politischen Rahmenbedingungen führen zu einem 2,7°C-Pfad, der mit dem SSP2-4.5-Szenario übereinstimmt.<sup>2</sup>

Um die gesamte Bandbreite der Szenarien abzudecken, empfehlen wir die Analyse des "Worst-Case-Szenarios" SSP5-8.5.

### Betrachtete physische Risiken

#### Akut



Tropische Wirbelstürme



Stürme/Gewitter



Hochwasser und Fluten



Dürre



Feuer



Hitze-wellen

#### Chronisch

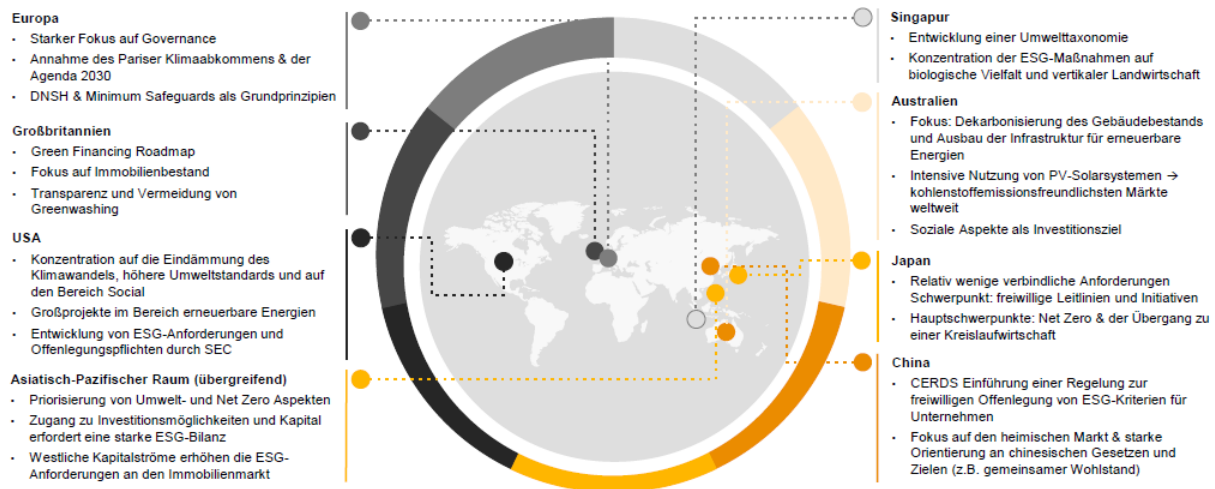


Meeresspiegelanstieg

Quelle: IPCC; TU-Berlin; Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change; Potsdam Institute for Climate Impact Research

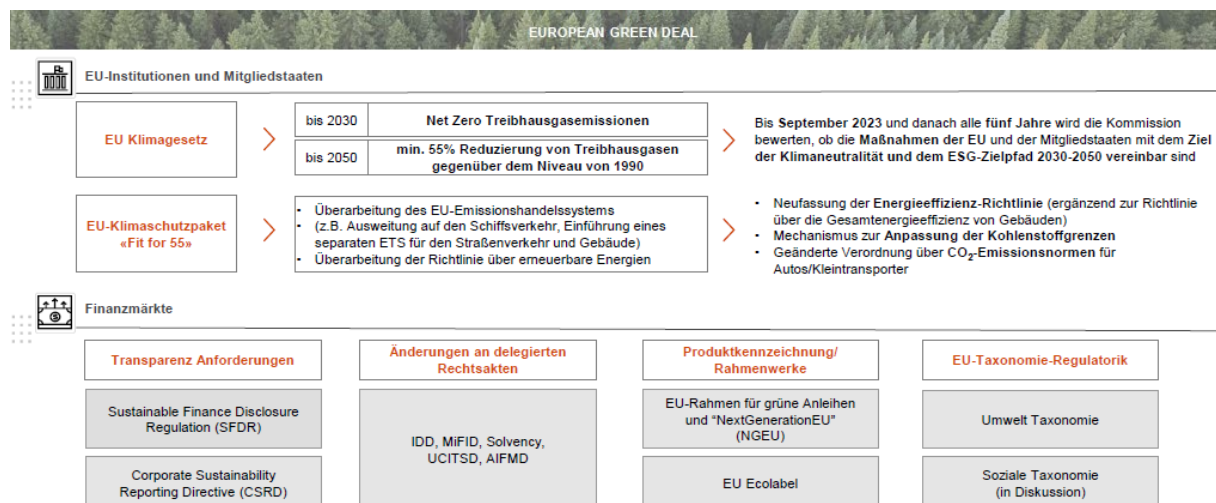
### 3. Globale regulatorische ESG-Trends

Aktuelle Umsetzung von Environmental-, Social- und Governmental-Konzepten im internationalen Kontext mit teils divergierendem Fokus.



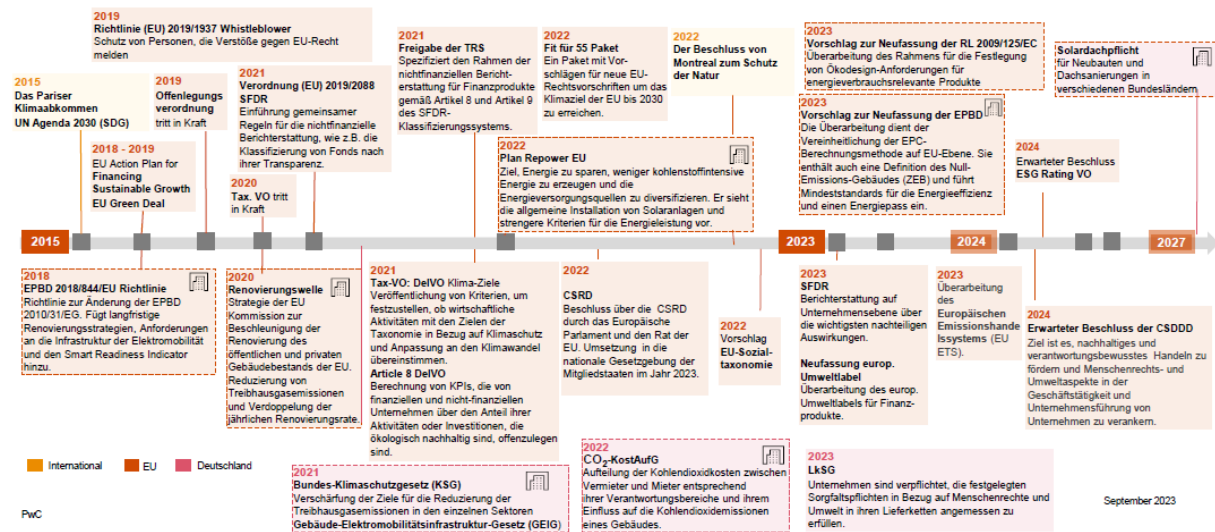
### 4. Finanzierung nachhaltigen Wachstums

Überblick der berücksichtigten Vorgaben EU-Gesetzgebung auf Ebene europäischer Institutionen und Mitgliedsstaaten sowie der Finanzmärkte.



## 5. Wettlauf um neue Regulierungsstandards

Mehrere parallele und nicht harmonisierte Gesetzesvorhaben erhöhen die Komplexität.



## 6. Stand der EU-Taxonomie-Verordnung

Die Umsetzung europäischer Anforderungen der Taxonomie-Verordnung bringt noch viele Herausforderungen für die Immobilienwirtschaft mit sich.



Bildquelle: European Commission Webpage

## 7. ESG-Grundprinzipien als Kompass

Vier international anerkannte und richtungsweisende Prinzipien als Grundlage erfolgreicher ESG-Strategien.

### Herausforderungen für Unternehmen

1. Fehlende Harmonisierung der verschiedenen Regelwerke
2. Verwendung unbestimmter Rechtsbegriffe
3. Dynamische Verweise



Bezüglich der Deutung unbestimmter Rechtsbegriffe kann auf die anerkannte juristische Auslegungsmethodik (mit dem Fokus etwa auf Wortlaut, Systematik, Historie und Telos) zurückgegriffen werden. Insbesondere mit Blick auf die teleologische Auslegung ist ein gutes Verständnis der ESG-Transformation erforderlich.

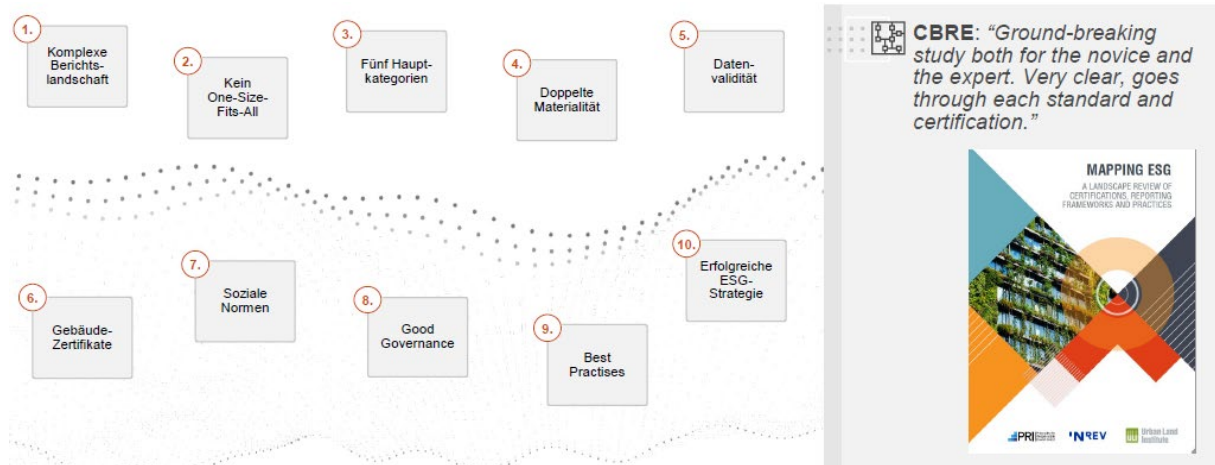
### Die vier ESG-Grundprinzipien



Die vier Grundprinzipien lassen sich aus diversen Regelwerken Gerichtsurteilen und Verwaltungshandeln ableiten und finden zunehmend international Anerkennung. Ihre Anwendung empfiehlt sich bei sämtlichen Strategieprojekten und der Anpassung von Prozessen.

## 8. Studie «Mapping ESG»

Die Studie des ULI, PRI und INREV mit Unterstützung von PwC stellt wichtige Key-Findings für ESG-Strategien und Reporting dar.



Quelle: <https://knowledge.uli.org/-/media/files/research-reports/2023/mapping-esg-report---fnal.pdf?rev=3bef2a2aa5694aa89ced8589badbef5>

## 9. Zunahme von Klima- und Umweltschutzklagen

Auch wenn Klimaklagen teils noch in erster Instanz abgewiesen werden, bestehen zunehmende Haftungsrisiken für die Immobilienwirtschaft.

### Art der Prozesspartei (Antragsteller und Antragsgegner)

- Klageerhebung von Regierungen, Unternehmen, NGOs und Einzelpersonen
- Klage gegen Regierungen und Unternehmen

### Motivation

- Schaffung eines Präzedenzfalls zur weiteren Eindämmung des Klimawandels
- Strategische Fälle, die darauf abzielen, klimapolitische Maßnahmen voranzutreiben, Verhaltensänderungen bei den Hauptakteuren zu bewirken, Bewusstsein zu schaffen und öffentliche Debatten zu fördern
- Verstoß gegen das Recht auf Leben

### Kategorien für Klimaklagen



Fälle, die sich auf Grund- und Menschenrechte stützen



Innerstaatliche Durchsetzung von Klimaschutz-Zielen



Fossile Brennstoffe im Boden belassen



Haftung und Verantwortung von Unternehmen



Versäumnisse bei Anpassung und Auswirkungen von Anpassung



Klimainformationen und Greenwashing



### Risiken für die Immobilienwirtschaft

- Der Gebäudesektor war europaweit für rund **40% des Energieverbrauchs** und etwa **36% der Treibhausgasemissionen** verantwortlich.
- Der Transport von Baumaterialien, Abbruchmaßnahmen und der Bau von Infrastrukturen sind nicht berücksichtigt. Daher könnte der **Anteil sogar über 50 % ausmachen**.
- Die Zahl der Klagen gegen sog. „Carbon-Majors“ nimmt zu.
- Die in vielen Verfahren angenommene „**Schutzpflicht**“ könnte auch für Unternehmensimmobilien gelten. CO<sub>2</sub>-emittierende Unternehmen stellen eine Gefahrenquelle dar, indem sie die Wahrscheinlichkeit von Klimaschäden erhöhen.
- Wenn die derzeitigen Klagen gegen Energieunternehmen erfolgreich sind, ist davon auszugehen, dass sich **Klimaklagen** zukünftig auch auf Immobilienbestände beziehen werden.

## 10. Berücksichtigung von Biodiversität

Die Einbeziehung biodiversitätsfördernder Maßnahmen unterstützt eine ganzheitliche Strategieumsetzung in der Immobilienwirtschaft.

### Integrierte Planung

- Berücksichtigung ökologischer Aspekte in Planung, Bau und Betrieb



### Lebensraumförderung

- Nutzung des Geländes zur Schaffung oder dem Erhalt von Lebensräumen



### Umweltfreundliche Praktiken

- Optimierung der Ressourceneinsätze (Wasser, Energie, Materialien)
- Nutzung alternativer Bewirtschaftungsideen (Wildwiesen / thermische Unkrautvernichtung)



### Bewusstseinsbildung

- Aufklärung über die Bedeutung der Biodiversität



Keine Zielerreichung ohne Biodiversität

80% der Nachhaltigkeitsziele und das 1,5-Grad-Ziel mit voranschreitendem Biodiversitätsverlust nicht erreichbar



Großer Einfluss der Immobilienwirtschaft

Direkter Treiber des Biodiversitätsverlustes durch hohe Flächennutzung und Ressourcenverbrauch



Fehlende verbindliche Vorgaben

Unklarheit in Bezug auf EU-Taxonomie und Berichterstattungspflichten



### Begrenzung des Biodiversitätsverlustes in der Immobilienwirtschaft

Die Potentiale der Immobilienwirtschaft durch einfache Maßnahmen, wie die Entsiegelung von Flächen, Anlage von Sickermulden, Begrünung von Fassaden und Dächern sowie eine struktur- und artenreiche Grünflächengestaltung, zum Erhalt der Biodiversität und den Zielen der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt effektiv beizutragen sind hoch.



**Block A1**  
**Nachhaltigkeit in der Planung**



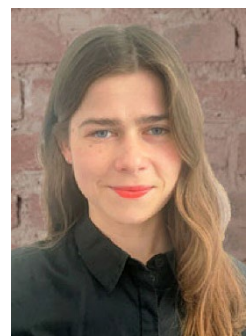


# Faire la Java à Nantes

Marie-Sophie Schulte  
Schultearchitekten gmbh  
Köln | Paris, Deutschland



Helena Schulte  
schultearchitekten gmbh  
Köln | Paris, Deutschland





# Faire la Java à Nantes

## Braucht nachhaltiges Bauen eine neue Planungskultur? – ein deutsch-französischer Ausblick

### 1. Projektvorstellung

#### 1.1. Städtebaulicher Kontext

Der Mixed-Used Block JAVA befindet sich in Nantes an der Westspitze auf der Ile de Nantes innerhalb des neuen Stadtviertels Prairie-au-Duc. Der Entwurf wurde in einem kollaborativem Prozess im Sinne einer Konzeptvergabe von den Architekt:innen Bond Society (Paris-Bretagne) und schultearchitekten (Köln-Paris) gemeinsam mit einem interdisziplinären Planungsteam. Als lokale Bauherren haben sich CISN und NACARAT zusammengeschlossen.

Die Stadt Nantes legt einen besonderen Fokus auf die Stadtentwicklung der ehemaligen Hafeninsel «Ile de Nantes». Seit Anfang 2000 wird durch den Masterplan von Alexandre Chemetoff ein neues großstädtisches Ensemble entwickelt mit dem Ziel eine Vielfalt an neuen Nutzungen und öffentlichen Plätzen mit dem historischen Stadtkern zu verbinden. Durch diesen Prozess entsteht auf der ehemaligen Industriebrache ein Labor für innovative Stadtentwicklung mitten im Nanter Stadtzentrum. Die Quartiersentwicklung auf der Ile de Nantes ist durch ein sehr gemischtes, urbanes und besonders betongepprägtes Erscheinungsbild gekennzeichnet. Als westlicher Abschluss der Ile de Nantes setzt der Entwurf JAVA die städtische Kontinuität des Boulevards fort und entwickelt gleichzeitig eine neue architektonische Formsprache.



Abbildung 1: Visualisierung – jeudiwang | Architektur – Bond Society & schultearchitekten gmbh

## 1.2. Nutzungskonzept

Die zukünftigen Nutzer:innen sind seit Stunde 0 in die Projektgestaltung integriert, sodass zielgruppenspezifische Bedarfe von Beginn der Planung an in den Entwurf mit aufgenommen werden können.

Das Bauensemble JAVA besteht aus unterschiedlichen Gebäudetypologien – von großstädtisch-urban zum öffentlichen Platz nach Norden bis zu einer fast dörflichen Stadtfigur nach Süden zum Park. Der bewusste städtebauliche und architektonische Mix ist eine Fortsetzung der umliegenden Stadtentwicklung. Über das Wohnen hinaus entsteht mit dem Projekt JAVA Büro- und Handelsflächen, so wie ein Mobilitätshub für die direkte Nachbarschaft. Insgesamt umfasst das Nutzungsprogramm ca. 7500 m<sup>2</sup> Mixed-Used-Nutzungen zuzüglich des Mobility Hub von ca. 1000 m<sup>2</sup>.

Ein großer Bestandteil des Projekts JAVA stellt das breite Spektrum an Wohnformen dar. Die 69 Wohneinheiten sind teils frei finanziert, teils öffentlich gefördert. Eine Besonderheit sind die inklusiven Wohneinheiten, welche über individuelle Gemeinschaftsbereiche mit täglichen Betreuungsangeboten für Menschen mit Behinderungen verfügen. Neben diesem Raumangebot für ein inklusives Miteinander sind zwei weitere Gemeinschaftsräume für die gesamte Bewohnerschaft in Planung.

Auch die knapp 2000 m<sup>2</sup> Büro- und Gewerbeflächen sind in direkter Absprache mit lokalen Akteuren konzipiert worden. Ein großer Teil dieser Flächen wird voraussichtlich von der Nanter Gesellschaft für Solidarwirtschaft Ecosolies übernommen und zu einem geringen Preis weitervermietet. In diesem Zusammenhang soll auch ein Angebot für Coworking-Bereiche für die Nutzer- und Bewohner:innen geschaffen werden.

Abschließend bieten 300 m<sup>2</sup> Handelsflächen in den Erdgeschosslagen Platz für lokale Nahversorgungsangebote in der Nachbarschaft. Der Zugang zum quartiersübergreifenden Mobility Hub und die damit verbundenen halb-öffentlichen Nutzungsflächen befinden sich ebenfalls im Erdgeschosssockel. Um auf zukünftige Bedarfsänderungen reagieren zu können ist dieser rückbaufähig konzipiert. Die derzeitige Parkraumnutzung kann so zu späterem Zeitpunkt mit geringem Aufwand in andere Nutzungen umgewandelt werden.

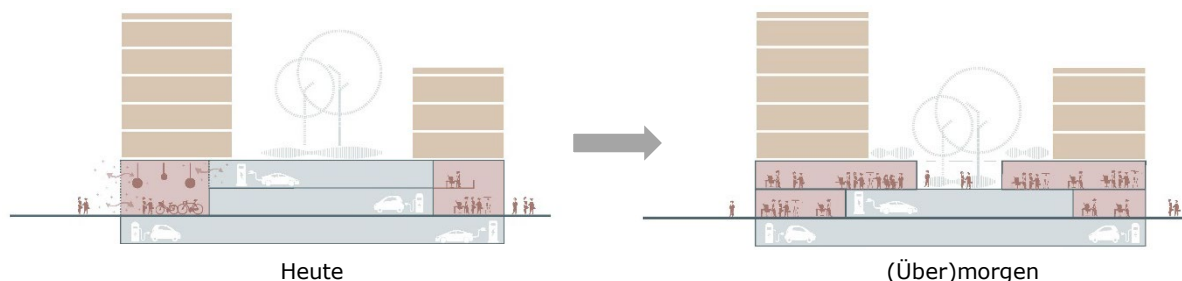


Abbildung 2: Schema zur Umnutzung des Mobility Hub | Bond Society & schultearchitekten gmbh

Ein entscheidender Bestandteil des Erschließungskonzepts sind großzügige Begegnungsflächen auf unterschiedlichen Ebenen. Zahlreiche Raumangebote in den Außenbereichen – gemeinschaftliche Gärten, Dachterrassen wie auch Laubengänge – bieten die Möglichkeit sich im Alltag miteinander zu begegnen, zu verbinden und zu vernetzen. Das Erschließungskonzept ist als gemeinschaftlicher Parcours gedacht, der soziale Interaktion fördert. Dieser Entwurfsansatz trägt maßgeblich zur sozialen Durchmischung im Alltag bei, sodass nachbarschaftlicher Austausch schon auf dem Weg von der Straße bis zur Hausklinke möglich ist.

## 1.3. Bauen mit nachwachsenden Baustoffen: Hanfbeton

Das Projekt JAVA unterscheidet im Wesentlichen zwei Konstruktionsweisen. Aufgrund der Erdbebenproblematik sind die höheren Gebäudeabfolgen (ab dem 5. Geschoss) in einer Hybridbauweise (Holz/Beton) geplant. Für diese Baukörper ist eine Skelettbauweise in Beton mit Holz-Beton-Verbunddecken und einer vorgestellten selbsttragenden Holzfassade vorgesehen. Bei den Baukörpern, welche eine geringere Höhe aufweisen (bis zu 4 Geschossen), kann auf eine Holz-Elementbauweise zurückgegriffen werden.

Der besondere gemeinsame Nenner des gesamten baulichen Ensembles liegt in der Verwendung des Dämmsystems in Form des biobasierten Materials aus Hanfbeton. Um den anspruchsvollen Umweltambitionen gerecht zu werden, steht die technische Machbarkeit und Umsetzung dieser Bauweise seit dem Beginn des Wettbewerbsprozess im Fokus. Dieser Ansatz steht im Einklang mit den lokalen Produktionsketten (Lieferung, Materialverfügbarkeit, Fachkräfte...).

Hanfbeton ist ein natürlicher Verbundwerkstoff, welcher aus den Schäben der Hanfpflanze und einem kalkhaltigen Bindemittel zusammengesetzt wird. Besonders der natürliche Ursprung und die bauphysischen Eigenschaften (mechanisch, (hygro)thermisch, physisch etc.) überzeugen für die Verwendung als Naturdämmstoff:

- Wärmedämmend (Niedrige Wärmeleitfähigkeit, Wärmespeicher und -reflexion)
- Atmungsaktiv und feuchtigkeitsbeständig (komfortable Luft- und Klimaverhältnisse in Innenräumen)
- Schadstofffrei (resistent gegen Parasiten und Schimmelbildung)  
Schallisierend (Raumakustik / Schallschutz)
- Feuerwiderständig
- Biobasiert, nachwachsend und kurzfristig produzierbar
- CO<sub>2</sub>-absorbierend und recyclebar

Die Bezeichnung Hanfbeton ist irreführend, da es sich um einen rein natürlichen Verbundwerkstoff handelt. Hanfbeton ist das Produkt naturgegebener Rohstoffe aus Nutzhanf, Kalk und Wasser. Die Zubereitungsweise des zusammengesetzten Gemischs gleicht einer zementartigen Maße, was seine Analogie zum Beton im Sprachgebrauch erklärt. Je nach anfertigungsweise kann der Werkstoff, sowohl als Dämmstein vorgefertigt oder als gestampfte Maße direkt auf der Baustelle angewendet werden.

Aufgrund des großen Bauvolumens strebt das Planerteam seit Beginn nach einer wirtschaftlichen Lösung und einem hohen Grad an Vorfertigung der Bauteile. Das Entwurfskonzept sieht daher für die Fassadengestaltung ein Zusammenspiel von vorgefertigten Holzständerelementen kombiniert mit einer Dämmmasse aus gestampftem Hanfbeton vor. Anschließend werden die Fassaden mit einem Kalkputz versehen. Im Detail unterschieden sich die einzelnen Gebäudekörper durch eine farbliche Abstufung von verschiedenen Putztönen. So ist eine harmonische Gesamterscheinung wie auch eine individuelle Ablesbarkeit aus städtebaulicher und architektonischer Sicht gegeben.

Bauen mit Hanfbeton ist deshalb so vielversprechend für zukünftige Bauvorhaben, da es durch die materialarme Tragwerksstruktur in Holz-Bauweise oder Hybridstruktur in Holz/Beton eine deutliche CO<sub>2</sub>-Reduktion ermöglicht und gleichzeitig gesundheitsfreundliche Wohn- und Arbeitsräume schafft.



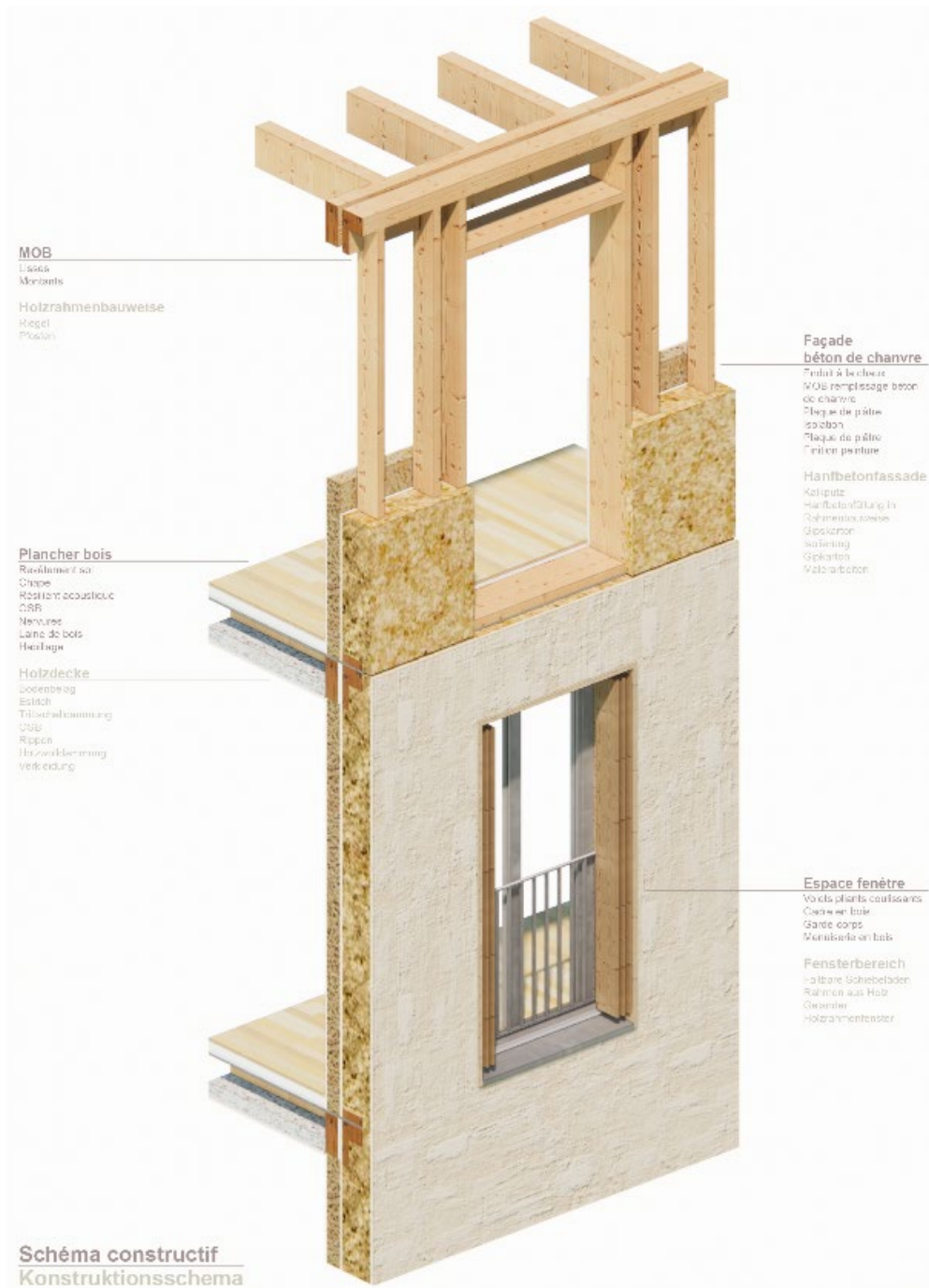


Abbildung 3: Konstruktionsschema zum Fassadenprinzip | schultearchitekten gmbh

#### 1.4. Nachhaltigkeit im Kontext der franz. Umweltbauvorschrift

Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen, ist Ende 2020 in Frankreich die neue Umweltbauvorschrift RE 2020 (Règlementation environnementale 2020) eingeleitet worden. Die Vorschrift RE 2020 sieht im Vergleich zu deutschen Richtlinien verschärfte Maßnahmen insbesondere bezüglich der Lebenszyklusanalyse (LCA) vor. Hier werden Höchstgrenzen in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im gesamten Prozess der Gebäudeerrichtung festgelegt, wodurch nachwachsenden Baustoffe klar in den Fokus rücken. Holz ermöglicht in diesem Zusammenhang eine attraktive Bauweise im Neubau. Die schrittweise Begrenzung der Referenzwerte für Kohlenstoffemissionen, die sich aus der Richtlinie RE 2020 ergibt, setzt immer strengere Ziele für die kommenden Zeithorizonte 2025, 2028 und 2031 vor mit dem Anspruch bis 2050 klimaneutral zu sein.

Im Fall des JAVA-Projekts werden bei der Planung alle Anforderungen der RE 2020 erfüllt. Ziel ist es bei der Errichtung des Gebäudekomplexes, die Höchstgrenzen für Kohlenstoffemissionen für 2025-2027 einzuhalten und diesen Anspruch bei der Wahl der Bauweise (Holz und Hanfbeton) zu berücksichtigen. Neben der innovativen Konstruktion aus Holz und Hanfbeton trägt auch die Ausrichtung der Grundrisse der Arbeits- und Wohnbereiche zum Konzept der Nachhaltigkeit bei. Aus diesem Grund sieht die Planung eine natürliche Belüftung für die Büroräume vor, während die Wohnräume durchgesteckt sind und von mindestens zwei Himmelsrichtungen profitieren. Aus Perspektive der Grünplanung wird ein Biotop-Koeffizient (coefficient de Biotope) mit 0,27 erreicht. Insgesamt kann das Label für Gebäude mit positiver Energiebilanz und Kohlenstoffreduktionen (Bâtiment à énergie positive et réduction carbone) mit einem der strengsten Richtwerte (E3C2) erreicht werden.

### **1.5. Zukunftsfähigkeit durch soziale Resilienz**

Über die baukonstruktiven Maßnahmen hinaus verfolgt das Projekt JAVA einen nachhaltigen sozialräumlichen Ansatz. Eine resiliente Bewohnerschaft trägt zu einer zukunftsfähigen Gebäudenutzung bei. Wie bereits beschrieben, soll besonders die Erschließungsstruktur über einen Laubengang mit zahlreichen Orten der Begegnung und des Austausches eine entscheidende Rolle spielen. Darüber hinaus ist es vorgesehen ein:e Ansprechpartner:in für die Hausgemeinschaft in den Betrieb des Gebäudekomplex und zu integrieren. Die verantwortliche Person hat zur Aufgabe den sozialen Austausch zwischen den zukünftigen Bewohner:innen zu initiieren und zu begleiten.

## **2. Die Innovation-Challenge von nachhaltigem Bauen**

### **2.1. Dynamische Stadtplanung**

Nachhaltiges Bauen braucht innovative Planungsprozesse im großen Maßstab und das möglichst ab Stunde 0. Inwiefern übergeordnete Nachhaltigkeitsstrategien zu einer ganzheitlichen innovativen Stadtentwicklung beitragen und sich maßgeblich auf Hochbauprojekte auswirken können, wird bei dem Bauvorhaben JAVA besonders deutlich.

Die Quartiersentwicklung der Ile de Nantes ist in der Verantwortung der Gebietsentwickler:innen SAMOA. Die SAMOA ist eine 2003 gegründete öffentliche Planungsgesellschaft, welche sich die Projektentwicklung der ehemaligen Industrie- und Kulturinsel in Nantes zur Aufgabe macht. Die SAMOA begleitet die Entwicklung der einzelnen Baufelder und Bauprojekte in einem iterativen und kollaborativen Prozess mit den Bauherr:innen und Architekt:innen, um übergeordnete städtebauliche und architektonische Ansprüche vorzugeben und im laufenden Verdichtungsprozess zu harmonisieren. Heute sind das Stadtplanungsbüro LAQ unter Claire Schorter, die Landschaftsarchitektin Jaqueline Osty wie auch das Nachhaltigkeitsbüro ZEFCO für die stadträumliche Entwicklung verantwortlich. Die Qualitätssicherung ist durch regelmäßige Abstimmungen zwischen dieser Bauherrenvertretung und den jeweiligen Planerteams gewährleistet.

Startschuss sämtlicher Bauvorhaben ist ein Wettbewerbsverfahren im Sinne einer Konzeptvergabe. Dies beinhaltet die Vergabe öffentlicher Grundstücke nach dem besten Nutzungskonzept und nicht dem höchsten Verkaufspreis. Hierfür treten Investor:innen, Planer:innen und Ingenieur:innen als interdisziplinäre Gruppierung gemeinsam gegen andere Teams an. Ein solches Verfahren bringt meist einen interessanten Kompromiss zwischen Wirtschaftlichkeit, ambitionierter Nutzungskonzepte und innovativer Architektur hervor.

Neben dem qualitätssichernden Wettbewerbsverfahren spielt der Bebauungsplan (Fiche de lot) eine entscheidende Rolle für der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele. Im Fall des JAVA-Projekts integriert die Fiche de lot klare Anforderungen an die Bauweise wie auch an die einzuhaltenden Richtwerte der Lebenszyklusbilanz. Beispielsweise sind Betonwände und Lochfassaden in Beton durch den Bebauungsplan nicht genehmigungsfähig. Ebenfalls sind die Zeithorizonte 2025-2027 der RE 2020 durch dieses Instrument verpflichtend gemacht (siehe oben). Die Fiche de lot ist als Grundlage für die Genehmigung des Projekts ein wichtiger rechtlicher Hebel für die Umsetzung der übergeordneten Anforderungen an nachhaltige Gestaltung. Dadurch wird die Verwendung von biobasierten Materialien unabdinglich.

Auch in den weiteren Planungsphasen ist die Stadtplanung und Entwicklungsgesellschaft durch regelmäßige Abstimmungen bis zum Ende des Bauprozesses mit eingebunden, damit die Umsetzung der innovativen Wettbewerbsversprechungen sichergestellt werden können.

## 2.2. Experimentierfreude durch politischen Rückenwind

Im europäischen Kontext zählt Frankreich derzeit zu einer der experimentierfreudigsten Baubranchen, da der Einsatz von unterschiedlichen biobasierten Materialien eine größere Aufmerksamkeit erfährt und immer mehr verbreitet ist. Der französische Zentralismus spielt hier sicherlich eine ausschlaggebende Rolle, da durch den politischen Kontext in Frankreich Bauvorschriften überregional umgesetzt werden können. Beispielsweise lautet eine dieser Vorschriften, dass ab 2022 alle öffentlichen Gebäude zu 50% aus Holz oder biobasierten Materialien gebaut werden müssen. Des Weiteren wird in Frankreich durch professionelle Verbände für nachhaltige Werkstoffe experimentierfreudiges Bauen zugänglicher gemacht. Insbesondere das vermehrte Interesse für Baumaterialien wie Lehm, Stroh und Hanfbeton haben zur Gründung nationaler Verbände beigetragen, so dass die Verwendung biobasierter Materialien in großem Umfang sukzessive weiterentwickelt werden kann. Die betreffenden Verbände leiten Schulungen für Planer:innen und entwickeln darüber hinaus die entsprechenden Regelwerke für die gesetzeskonforme Anwendung der jeweiligen Baustoffe in der Praxis.

Im Fall des Projekts JAVA ist der Hanfbetonverband von großer Bedeutung für die Umsetzung des innovativen Ansatzes der Bauweise in Hanfbeton. Derzeit ist noch kein Bauvorhaben mit ähnlichen Gebäudehöhen in einer Hanfbetonfassade in Frankreich in diesem Umfang zugelassen und realisiert worden. Aus diesem Grund stehen alle Projektbeteiligte (Bauherr:innen, Architekt:innen, Fachplaner:innen...) seit Beginn des Wettbewerbs in einem engen Austausch mit den Verantwortlichen des nationalen Hanfbau-Verband «Construire en Chanvre». In einem iterativen Planungsprozess wird die technische und rechtliche Machbarkeit schrittweise geprüft und weiterentwickelt.

Ein weiteres rechtliches Instrument, um neue biobasierte Materialien und innovative bauliche Lösungen in Frankreich genehmigungsfähig anzuwenden, stellt die Verwendung einer ATEX dar (appréciation technique d'expérimentation). Dieses Vorgehen ist vergleichbar mit dem deutschen Verfahren einer « Zulassung im Einzelfall ». Im wörtlichen Sinne ist eine ATEX eine sinnvolle Methode, um experimentelle Bauweisen in Frankreich zu bewilligen.

## 2.3. Relevanz von lokalen Produktionsketten

Auch wenn die Verschärfung der Richtlinien durch die RE 2020 den Unmut der Lobbyisten der konventionellen Industrien hervorruft, ist dies auch eine Chance für das nachhaltige Bauen und damit für die lokale Reindustrialisierung. In Bezug auf den Hanfbetonsektor ist in Frankreich, wie z. B. im Großraum Nantes, die Entwicklung lokaler Unternehmen zu beobachten, die Nutzhanf anbauen (chanvrière). Diese Dynamik fördert auch die lokale Wirtschaft durch die Entwicklung neuer Unternehmen und den Bedarf an neuen Fachkräften.

## 2.4. Ausblick JAVA

Das JAVA-Projekt befindet sich derzeit an einem entscheidenden Punkt in der Planung, an dem die Weichen für die spätere Ausführung und Anwendung des Hanfbetons gestellt werden müssen. Gebäude bis zu drei Vollgeschosse zuzüglich Staffel nach den aktuellen Richtlinien (règles professionnelles) errichtet werden. Bei Baukörpern mit mehr als vier Stockwerken sind eingehendere Prüfungen zur technischen Machbarkeit notwendig und erfordern einen multistrategischen Ansatz. Hierfür ist das fachübergreifende Planerteam derzeit in einem intensiven und interdisziplinären Austausch mit dem nationalen Hanfbeton-Verband und Akteuren der lokalen Produktionskette. An dieser Stelle sei erwähnt, dass innovative Projektansätze viel Energie und Risikobereitschaft bei allen Projektbeteiligten abverlangen. Ohne die kollektive Überzeugung und den gemeinsamen Tatendrang der Bauherrenschaft und des interdisziplinären Planerteams wäre der Entwurfsansatz des Projekts JAVA in diesem Maßstab sicherlich auf längere Sicht nicht realistisch durchsetzbar.



### 3. Braucht nachhaltiges Bauen neue Planungskultur?

Die Antwort auf den Klimawandel und die Lösung der daraus resultierenden sozial-ökologischen Krise verlangt sicherlich ein Umdenken unserer Gewohnheiten, Arbeitsweisen wie auch unseres Projektverständnisses. Verschiedenste Faktoren – neue Technologien, Materialien, Verfahren, Digitalisierung und Akteur:innen – treiben den Innovationsmotor und damit die Suche nach den Lösungen der uns bevorstehenden Aufgaben in der Klimakrise an. Hierfür ist eine wirksame systemische Steuerung in der Baubranche unter Einbeziehung zahlreicher Akteur:innen notwendig.

Die Erfahrung in Nantes hat gezeigt, das Motto für die Umsetzung nachhaltiger Architekturprojekte lautet «Innovating by trying». In der Tat sollten die Projektbeteiligten von interdisziplinärer Arbeits- und Wissenskultur zeugen, da es sich häufig um zeitaufwendige Planungs- und Bauprozesse handelt. Architekt:innen, (Fach)-Planer:innen, Unternehmer:innen, Investor:innen und Bauherr:innen nehmen hierfür größere rechtliche und finanzielle Risiken auf sich, um innovative Projekte erfolgreich in die Realität umzusetzen. In dem Fall des Projektes in Nantes, arbeitet das interdisziplinäre Planungsteam seit Beginn des Wettbewerbs Hand in Hand mit Fachplaner:innen, Bauunternehmer:innen, Bauherr:innen und Akteur:innen der lokalen Produktionsketten und wie auch potentiellen Nutzergruppen. Dieser multiperspektivische Austausch ist unerlässlich, um wichtige Problematiken von der Planung bis zur Ausführung und Inbetriebnahme zu berücksichtigen und von Anfang an konsequent in das Projekt zu integrieren.

Eine Anpassung der bestehenden Planungsrythmen und -strategien ist nach derzeitigem Stand von dringender Notwendigkeit. Besonders die frühen Entwurfsphasen bis zur Erteilung der Baugenehmigung sind meist schleppend und arbeitsintensiv aber dennoch von großer Wichtigkeit. Die ursprünglich angestrebten Entwurfsabsichten müssen dabei immer wieder aufs Neue auf ihre technische, rechtliche, wirtschaftliche und materielle Machbarkeit geprüft und angepasst werden. Dieser iterative Planungs- und Entwicklungsprozess – im Sinne eines ständigen Stop-and-Go's – führt zu einer zeitlichen Verschiebung der Projektphasen im Vergleich zu herkömmlichen Bauvorhaben. Eine realistische Budgetierung entspricht im Augenblick noch nicht diesem neuen Zeitverständnis in der Planung. Die öffentliche Hand könnte hier in der Tat eine größere Rolle spielen, indem finanzielle Mittel für innovative Projekte freigestellt werden. Darüber hinaus könnten weitere rechtliche Einschränkungen wie beispielsweise die RE 2020 in Frankreich entscheidende Leitplanken darstellen. Insbesondere finanzielle und rechtliche Maßnahmen haben das Potential einen größeren Druck auf die traditionelle Baubranche und herkömmliche industrielle Akteure auszuüben.

Um diesen Anforderungen in der Zukunft besser gerecht zu werden hat die Europäische Kommission 2021 ein Konzept für neue Maßnahmen und Finanzierungsmöglichkeiten zur Verbindung von Nachhaltigkeit mit Qualität und Inklusion initiiert. Das Neue Europäische Bauhaus ist eine zukunftsweisende Initiative, mit der eine europäische Plattform geschaffen werden soll, um gemeinsam darüber nachzudenken, wie unsere Emissions- und Ressourcenprobleme in Zukunft gelöst werden können.

Mit anderen Worten: Nachhaltigkeit braucht Innovation und Innovation braucht eine neue Planungskultur.

## 4. Steckbrief Projekt



Abbildung 4: Projektmodell | Bond Society & schultearchitekten gmbh

## 5. Projektbeteiligte

Auftraggeber:  
CISN / NACARAT

Architektur:  
Bond Society Bretagne | Paris  
schultearchitekten gmbh Köln | Paris

Fachplanung:  
Agence Franck Boutté Consultants  
Apave I&C Atlantique Vendée  
Kephren Ingénierie  
SoLaB Ingénierie  
FAAR Paysage  
LB EcoHabitat

## 6. Weiterführende Literatur

Wragge, Ida; Kramm, Manuel, Achin, Leonie: La construction durable en DE/FR | Nachhaltiges Bauen in DE/FR (2020), [https://wenigeristgenug.eu/site/assets/files/1023/nachhaltiges\\_bauen\\_in\\_deutschland\\_und\\_frankreich.pdf](https://wenigeristgenug.eu/site/assets/files/1023/nachhaltiges_bauen_in_deutschland_und_frankreich.pdf) : (Stand: 22.09.2023).

# Alnatura Campus Darmstadt

Martin Haas  
haascookzemmrich STUDIO2050  
Stuttgart, Deutschland





# Alnatura Arbeitswelt

## 1. Einleitung



Bild 1: Alnatura Arbeitswelt. Fotograf: Brigida Gonzalez

Im Südwesten von Darmstadt entstand der Anfang 2019 eröffnete Alnatura Campus und markiert den südlichen Anfang der «Konversionsfläche West». Als ehemaliger US-Armeestützpunkt befindet sich die 47,7 HA große Fläche der Kelley-Barracks in Bundesbesitz, deren Nachnutzung lange umstritten war. Der sandige, von Altlasten verseuchte Boden musste abgetragen werden, bevor der Bio-Lebensmittelhersteller Alnatura einen Teil der Fläche für den Bau seines Firmensitzes nutzen konnte. Dieser markierte den baulichen Anfang der Umwidmung des heutigen Gewerbegebiets. Der Unternehmensleitsatz «Sinnvoll für Mensch und Erde» war bereits in der Auslobung verankert und wurde während der Planung und Ausführung stets auf das Gebäude übersetzt.

Herzstück des neuen Alnatura Campus ist die sogenannte Arbeitswelt. Die Lage und die Ausrichtung der einzelnen Bausteine auf dem Campus wurden behutsam nach mikroklimatischen Gesichtspunkten festgelegt. Die Gebäude sind tageslichtoptimiert ausgerichtet und profitieren durch Synergien der unterschiedlichen Nutzungen voneinander. Ein Schwerpunkt liegt zudem in der radikalen Vereinfachung von Bau- und Herstellungsprozessen mit dem Ziel, nicht nur energie-, sondern auch «ressourcenneutrale» Gebäude zu entwickeln. Die Verwendung nachwachsender Baustoffe wie Holz und Lehm sowie der Einsatz wieder verwertbarer Materialien ermöglicht ein in der Gesamtbilanz nahezu klimaneutrales Bauen.

Die Alnatura Arbeitswelt liegt im Zentrum des Campus und schließt stirnseitig mit dem Vorplatz an den Fuß und Radweg an. Der Baukörper hat eine Nord-Süd-Ausrichtung und ist um etwa 12° aus der Nord-Süd-Achse gedreht, um parallel zur nördlichen Grundstücksgrenze zu liegen. Der Campus folgt damit der städtebaulichen Logik des nördlich gelegenen Entwicklungsgebietes. Südlich schließen die Restaurantterrasse und der Außenanlagenbereich um den Teich an das Gebäude an. An die Nordseite der Arbeitswelt reichen der Veranstaltungsplatz mit Anlieferungsbereich, sowie das Baufeld der potenziellen Arbeitswelt-Erweiterung.



Der Alnatura Campus bietet nicht nur eine attraktive Arbeitsumgebung, sondern dient gleichzeitig als Lern- und Begegnungsort für die Menschen der Region. Eingebettet in die Dünenlandschaft befinden sich ein Fahrradhaus aus Holz, ein KinderNaturGarten, eine Streuobstwiese, öffentliche Bio-Pachtgärten auf 5.000 Quadratmetern, ein Schulgarten der Montessori-Schule Darmstadt, Hochbeete, ein Naturteich, Kräutersinnesgärten sowie ein kleines Amphitheater aus Betonbruchstücken des ehemaligen Panzerübungsplatzes. Geöffnet ist dieser Alnatura Erlebnispark von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang.



Bild 2: Lageplan Alnatura Campus haascookzemmrich STUDIO2050

## 2. Konsequenz klimagerecht konstruiert

Auf dem ca. 5,5 ha großen Grundstück ist ein Gebäude entstanden, welches den Grundsätzen einer ganzheitlichen, nachhaltigen Architektur folgt. Die Alnatura Arbeitswelt soll nicht beeindrucken, sondern einladen. Das Haus ist offen für die Umgebung, offen für neue Einfälle und natürlich offen für Menschen. Entstanden ist dies in einem interdisziplinären Planungsprozess, der durch unser Architekturbüro mit den beteiligten Energieplanern von Transsolar und den Tragwerksplanern von Knippers Helbig ausgearbeitet wurde.

Durch den großzügig angelegten Haupteingang erschließt sich dem Besucher der freie Blick über die geschwungenen Ebenen nach oben in das lichtdurchflutete Holzdach der Arbeitswelt, was kaum an ein herkömmliches Bürohaus erinnert. Das ganze Erdgeschoss funktioniert als Treffpunkt, als Raum für Kommunikation, der die unkomplizierte Begegnung von Besuchern und Alnatura-Mitarbeitern ermöglicht. Wer in das Atrium tritt, fühlt sich beinahe wie unter freiem Himmel. Das Dach und die transparenten Stirnfassaden lassen so viel Sonnenlicht hereinströmen, um den gesamten Innenraum taghell zu erleuchten. Die dadurch entstandene unterschiedliche Transparenz der Hülle und ihres Gebäudes begünstigen das Low-Tech Konzept der Arbeitswelt.

Unterstützt wird die Helligkeit durch die Materialien Holz, Lehm und dem unbehandelten Beton, die dem Gebäude eine natürliche, unprätentiöse, frische und freundliche Anmutung geben.

Der Baukörper wird durch ein längs gerichtetes Atrium in eine Nord- und eine Südspange geteilt. Beide Seiten sind durch Treppen und Stege, die der Haupteinschließung dienen, miteinander verbunden und durch den Luftraum über die Geschosse hinweg vernetzt. Über die Arbeitsbereiche und das Atrium hinweg spannt eine asymmetrisch geneigte Holzdach-Konstruktion, die in der Mitte ein großes lineares Oberlicht freigibt. Vier statische Kerne,

die notwendige Treppen, WC-Bereiche und sonstige Nebenräume beinhalten, strukturieren die Arbeitsflächen und dienen der Aussteifung des Tragwerks. Die Nord- und Südfassaden bestehen aus einem Wechsel von monolithischen Stampflehmwänden und Holzfensterelementen. Die Ost- und Westfassaden sind transparente Pfosten-Riegel-Fassaden und lassen beidseitige Blickbeziehungen über den Vorplatz und zum Westwald und der Bio-Erlebnisfarm zu.

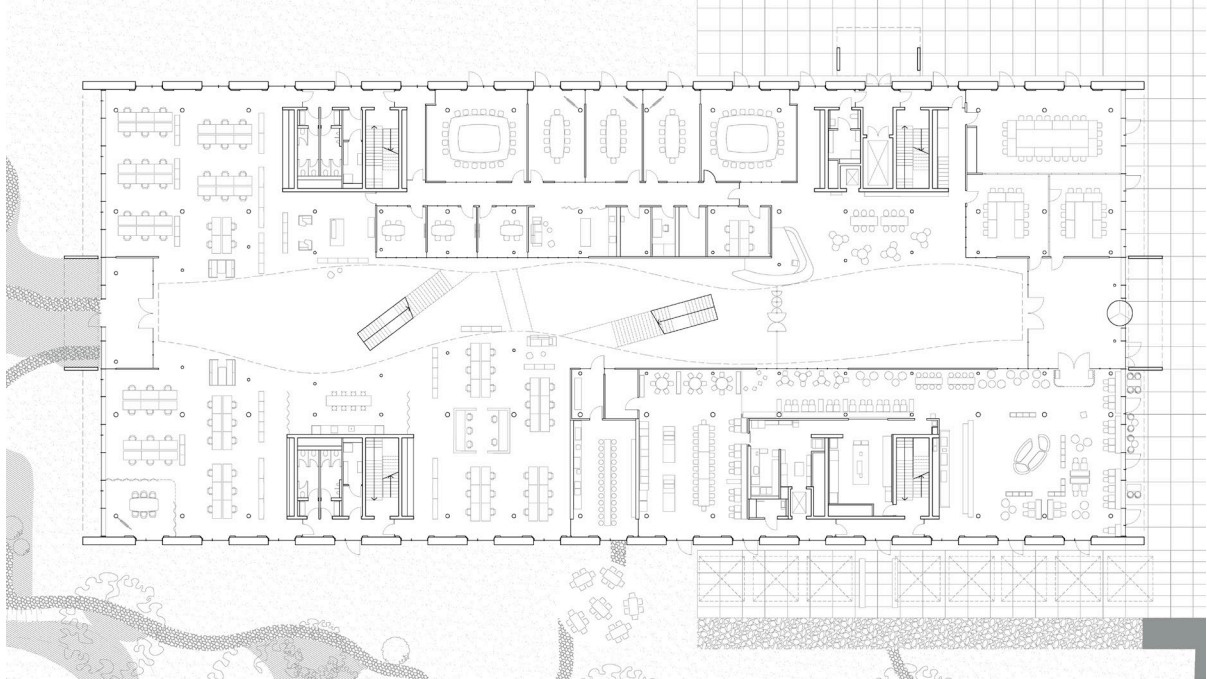


Bild 3: Grundriss Erdgeschoss Arbeitswelt haascookzemmrich STUDIO2050

### 3. Das Atrium – Eine Werkstatt für Ideen

Das Atrium soll als Ort eine besondere Anziehungskraft auf alle ausüben, die sich im Gebäude aufhalten. Ganz gleich auf welcher Ebene man sich befindet, der Blick ist von allen Standpunkten spannend und abwechslungsreich. Durch die transparente Westfassade empfangen die so typischen, hohen Darmstädter Kiefernabäume des angrenzenden Westwalds den Besucher.

Die bewegte Struktur der geschwungenen Ebenen geben dem Haus trotz seiner Klarheit, Kraft und Größe etwas Spielerisches, Leichtes. Treppen, Brücken und Stege schaffen Verbindungen und bereichern das räumliche Erleben. Die Dachschrägen umschließen das Atrium, ohne den Raum zu begrenzen.

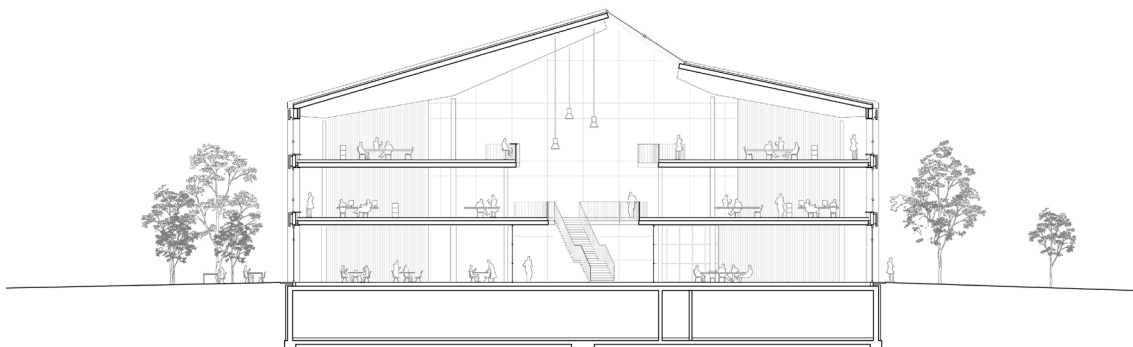


Bild 4: Querschnitt mit Innenansicht der Fensterfront Arbeitswelt haascookzemmrich STUDIO2050



## 4. Die Arbeitswelt – kompaktes Volumen mit freier Mittelachse

Der Übergang zwischen öffentlichem Warte- und Empfangsbereich und internem Bereich, wie dem Konferenzzentrum mit den dienenden Funktionen ist fließend und fügt sich in das Gesamtkonzept ein.

Die neue Alnatura Arbeitswelt lebt durch ihre interne Vernetzung. Brücken, Treppen und Stege verbinden die einzelnen Ebenen, die sich als Weggeflecht durch den Raum ziehen und horizontale wie auch vertikale Nachbarschaften schaffen. Spielerisch werden so die auf den drei Ebenen liegenden Bürobereiche miteinander vernetzt. Die 400 Arbeitsplätze befinden sich in einem Raum, der sich vom Erdgeschoss bis unter das Dach aufspannt. Er bietet den Mitarbeitern und dem Unternehmen eine unbegrenzte Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten und bricht mit dem Dogma starrer Bürostrukturen und abgetrennter Räume.

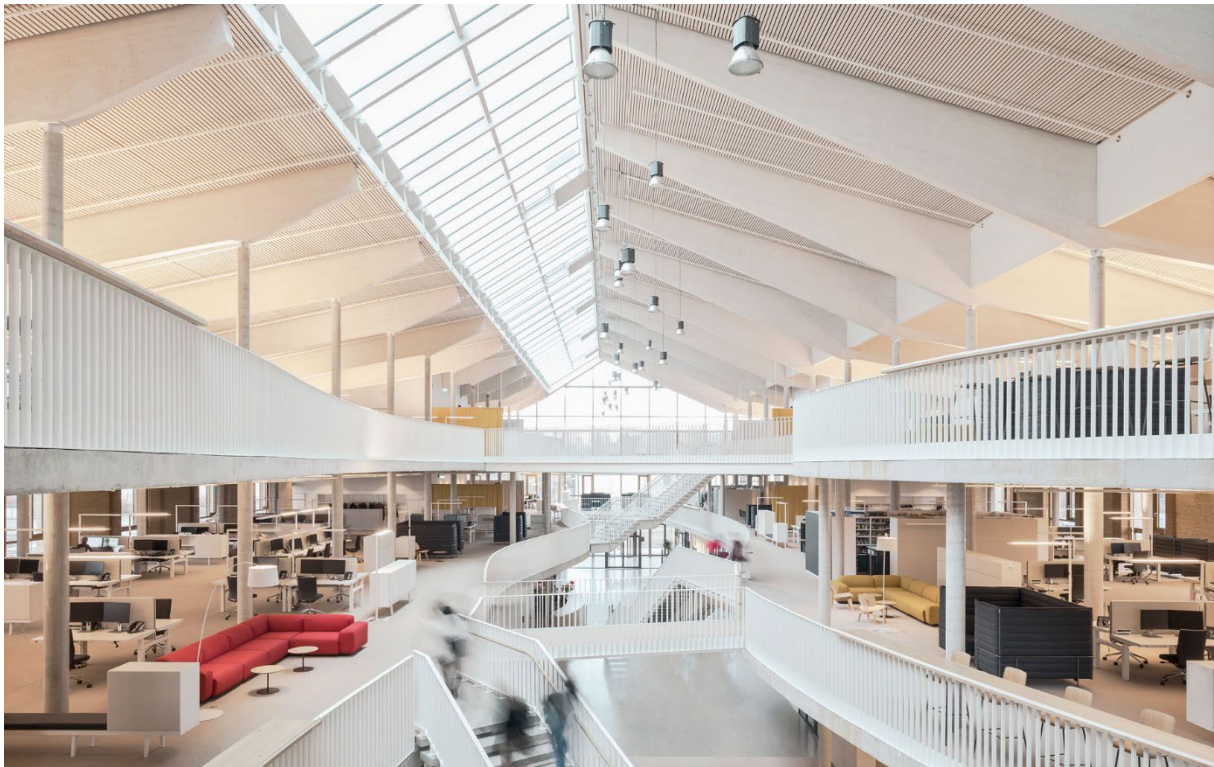


Bild 5: Das Atrium der Alnatura Arbeitswelt. Fotograf: Brigida Gonzalez

Um in interfunktionalen Teams miteinander arbeiten zu können, braucht man nicht nur schnelle Wege, sondern auch Plätze, um sich zu treffen und auszutauschen. Auf allen Ebenen befinden sich daher offene Teeküchen, die auch als Besprechungsorte genutzt werden. Mit dem Begriff «Teeküche» wären die Meeting Points allerdings nur unzureichend beschrieben. Die Arrangements von Küchen, Holztischen, Sesseln und Sofas wirken entspannt und einladend und bilden einen natürlichen Treffpunkt, der die Kommunikation fördert.

Der Arbeitsplatz in der neuen Alnatura Arbeitswelt ist überall. Vom Lümmelbrett entlang der Galeriebrüstung, der Sitznische in den Lehmwandfenstern, bis zum Holzdeck am Seerosenteich gehört das Gebäude und der Campus den Mitarbeitern. Flache Hierarchien spiegeln sich in der offenen Struktur des neuen Hauses wieder. Ob Restaurant, Meeting Point, Konferenzräume oder die Bürolandschaft, es existiert eine Vielfalt an Räumen, die eine lebendige und flexible Arbeitsatmosphäre ermöglicht.

Die Arbeitsplätze erhalten ihre Identität durch ihre Lage in ganz verschiedenen Raumsituationen. Konzentrierte, «private» Arbeitsbereiche wie die Alkoven stehen «öffentlichen» Flächen gegenüber, ohne trennende Türen. Mit akustisch wirksamen Vorhängen können Besprechungsbereiche bei Bedarf abgetrennt werden. Jeder Arbeitsplatz bietet einen besonderen Ausblick, sodass jeder durch das Atrium und die Schauffassade im Westen eine Sicht auf den Freiraum hat.



## 5. Die Ökologische Bilanz – Emissionsfreie Energieversorgung und energieextensive Bauweise

### 5.1 Ein ressourcenneutraler Neubau

Alnatura verfolgte für seine neue Firmenzentrale das Ziel eines zukunftsweisenden «low-tech» Gebäude mit geringem Energiebedarf und unter Einsatz lokaler erneuerbarer Energieressourcen. Neben dem Anspruch an ein gutes Raumklima, den thermischen Komfort, wurde besonderer Wert auf ein einfaches und energieeffizientes System gelegt.

Transsolar Energietechnik GmbH optimierte mittels Simulation das Energiekonzept bereits frühzeitig in der Planung. Durch dynamische thermische Gebäudesimulation und Tageslichtsimulationen wurde die Leistungsfähigkeit verschiedener Konzeptionen aufgezeigt und der thermische, sowie visuelle Komfort optimiert. Ziel war ein hochleistungsfähiges Gebäude mit maximierter natürlicher Belüftung, einem geringen Energieverbrauch und optimierten Innenkomfort zu errichten, unter Einsatz möglichst natürlicher Materialien.

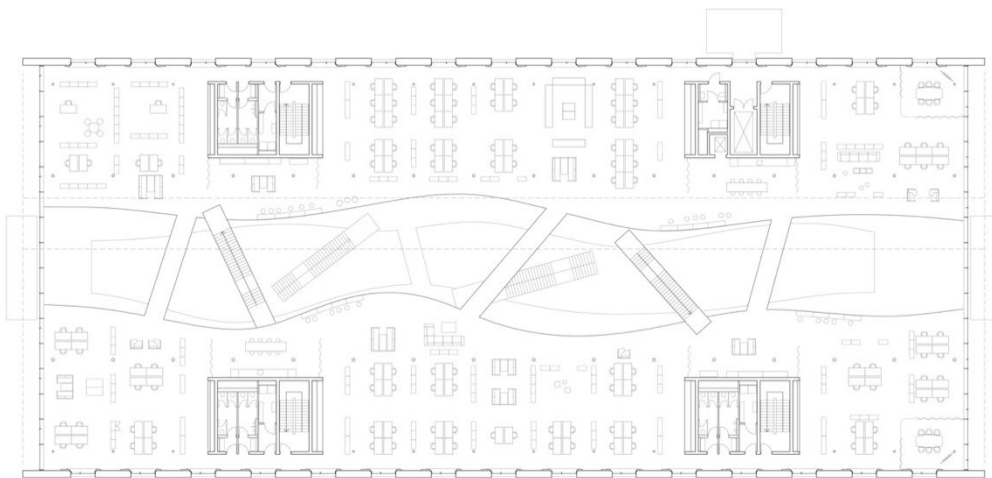


Bild 6: Grundriss 2. Obergeschoss Arbeitswelt haascookzemmrich STUDIO2050

### 5.2 Gebäudeorientierung und Belichtung

Die Lage und die Ausrichtung des Gebäudes wurden behutsam nach mikroklimatischen Gesichtspunkten festgelegt. Um bestmögliche Tageslichtbedingungen im Inneren der Arbeitswelt zu bieten, ist der Baukörper mit seinen Längsseiten Nord/Süd orientiert. Damit wird sichergestellt, dass durch das Oberlichtband des Atriums reines Nordlicht ins Gebäude geleitet wird, und ungewollte solare Wärmegewinne vermieden werden.

Um das Atrium herum gruppieren sich auf drei Geschossen ca. 10.000m<sup>2</sup> Bürofläche für bis zu 500 Mitarbeiter. Die Geschosshöhe von 4m im Erdgeschoss und 3,5m im Obergeschoss ermöglicht eine durchgehende Tageslichtnutzung, auch in den tiefer liegenden Bürobereichen. Helle Oberflächen und ein heller Bodenbelag unterstützen die tageslichtfreundliche Arbeitsatmosphäre.



Bild 7: Besprechungsraum mit Blick in den Wald. Fotograf: Roland Halbe

Alle Fenster sind mit einem Blend- und Sonnenschutz ausgestattet, um den Lichteinfall auch individuell zu steuern. Auf der sonnenbeschienenen Südseite des Gebäudes befindet sich mit dem Teich ein natürlicher Klimapuffer, der das Mikroklima des Standortes im Sommer positiv beeinflusst. Hier liegt mit dem Restaurant «tibits» eine Funktion, welche die Sonnenseite gerne nutzt. Die hohen Bestandskiefern auf der Südseite des Gebäudes liefern im Sommer die gewünschte Verschattung. Zusätzlich wird das Sonnenlicht über eine 480m<sup>2</sup> große PV-Anlage auf dem Dach zur Energiegewinnung genutzt.

An der kühleren Nordseite befinden sich mit dem Konferenzbereich im Erdgeschoss hängenden Räume, welche hohe Luftwechselraten benötigen und von der kühleren Umgebung sehr profitieren. Die West- und Ostseite der Arbeitswelt sind transparent gestaltet. Dies soll einen Ausblick in die beiden Welten ermöglichen, welche den Campus miteinander verbindet. Im Westen ist dies der Wald und die naturnahe Umgebung, im Osten die gebaute Umwelt und die Stadt. Beide Lebensbereiche kommen in der Alnatura Arbeitswelt zusammen.

## 6. Energiekonzept

### 6.1 Gebäudelüftung aus dem Wald

Von Beginn an war eines der Planungsziele, das Gebäude ganzjährig natürlich zu belüften und auf ressourcenverbrauchende und wartungsintensive Klima- und Lüftungsgeräte zu verzichten. Der westlich gelegene Wald bietet hierfür die optimalen Voraussetzungen als Frischluftquelle. Darüber hinaus entsteht im Sommer über die Verdunstung an den Blattoberflächen ein natürlicher Klimatisierungseffekt. Die Frischluft für die Alnatura Arbeitswelt wird daher über zwei Ansaugtürme am Waldrand in einen Erdkanal geleitet und von dort ins Gebäude geführt. Das Erdreich speichert die stabile Durchschnittstemperatur eines Ortes. Damit wird die ins Gebäude strömende Luft auf natürlichem Wege vorkonditioniert. Die Außenluft wird so im Winter erwärmt und im Hochsommer gekühlt. Die frische Luft wird im Gebäude an den Kernen in die Geschosse geleitet. Für den Antrieb dieses Luftstroms sorgt der Kamineffekt des Atriums, eine Thermik die sich unter dem Oberlichtband einstellt. Bei besonderen Wetterereignissen, Inversionswetterlagen und Gewittern können Ventilatoren im Inneren des Kanals zugeschaltet werden. Darüber hinaus können die Mitarbeiter aus Komfortgründen die Fenster der Fassade individuell öffnen.

## 6.2 Heizkonzept aus der Erde

Durch die vorkonditionierte Zuluft des Erdkanals ist der zusätzliche Heiz- und Kühlbedarf des Gebäudes sehr gering. Die Speichermasse der Lehmwände und der Betondecke sorgen für ein stabiles, ausgeglichenes Temperaturniveau. An heißen Sommertagen helfen die extra hohen Räume und die Verdunstungskühlung des Lehms, Wärmeinseln im Arbeitsbereich zu vermeiden. Die Alnatura Arbeitswelt kommt aufgrund der 69cm dicken Lehmwände sehr gut ohne mechanische Kühlgeräte über den Sommer. Im Winter braucht es allerdings zusätzliche Wärme. Die effizienteste Art Räume zu beheizen ist es, über Strahlung Wärme zu verbreiten. Daher sind in die Lehmwände des Gebäudes Heizschlangen eingestampft, die mit Warmwasser aus regenerativen Quellen wie den Geothermie Sonden und aus der Abwärme Rückgewinnung der Küchentechnik gespeist werden.

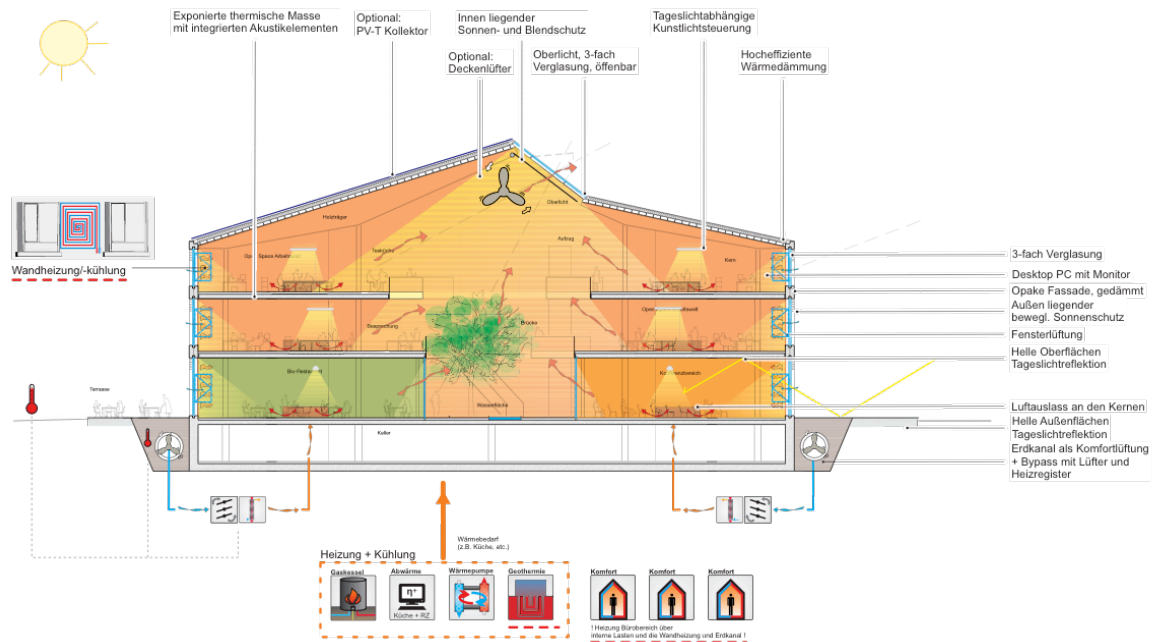


Bild 8: Energiekonzept Transsolar

## 6.3 Wasserkreislauf

Der überaus trockene Sommer von 2018 hat uns den unschätzbaren Wert des Regens erneut vor Augen geführt. Der Wechsel zwischen langanhaltenden Trockenphasen und plötzlichen Starkregenereignissen ist ein weiterer Hinweis auf die Auswirkungen des Klimawandels.

Auf dem Alnatura Campus wird mit Regenwasser beziehungsweise Wasser an sich daher sehr bewusst gewirtschaftet. Die Modellierung des Geländes führt das Wasser gezielt über Bachläufe und Aufkantungen weg vom Gebäude in eine über 1000 Kubikmeter große unterirdische Zisterne. Auch die Dachentwässerung mündet hier, um dann für die Bewirtschaftung der Partner- und Schulgärten sowie als Grauwasser gezielt genutzt zu werden.

## 6.4 Akustik als Herausforderung

Die gedämpfte, angenehme Geräuschkulisse des offenen Hauses wirkt zuallererst überraschend, da man eine derartige Atmosphäre nur aus kleineren Raumsituationen kennt.

In der Planung wurde von Anfang an ein besonderes Augenmerk auf die Bedämpfung unangenehm empfundener Geräuschquellen gelegt. Um die thermische Speicherfähigkeit der Decken und Wände nicht zu beeinträchtigen, war der Einsatz von Vorsatzschalen und abgehängten Decken ausgeschlossen. Eine besondere Lösung stellt daher der Einsatz der Absorberstreifen in der Betondecke dar. Die geschäumte Betonstruktur der in den Rohbau eingelegten Fertigteile sorgt für eine wirksame Brechung der Schallwellen und trägt wesentlich zur Bedämpfung der Arbeitswelt bei. Neben dieser Neuentwicklung des Fraunhofer Instituts, ist das Holzdach mit der schallwirksamen Holzlammellendecke ein weiterer, wichtiger Baustein.





Bild 9: Besprechungsraum mit Akustikvorhang. Fotograf: Brigida Gonzalez

Auch die hölzerne Fensterrahmung, zusätzliche Akustikvorhänge in den Besprechungsräumen und die Mikroperforierung der Kernwandverkleidung wirken dämpfend auf den Raum. Darüber hinaus trägt die offenporige Struktur der Stampflehmwand zu der guten Geräuschkulisse des Hauses bei.

## 7. Außenhülle – die Stampflehmfassade

In Zusammenarbeit mit Martin Rauch und Transsolar ist eine innovative Stampflehmwand entstanden. Die einzelnen Stampflehmblöcke (3,5m x 1,0m) wurden an der Nord- und Südfassade zu 16 je 12m hohen Wandscheiben geschichtet. Weltweit zum ersten Mal wurde die Stampflehmwand dabei mit einer geothermischen Wandheizung belegt. Eine allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung gibt es heute noch nicht, weshalb eine Zulassung im Einzelfall erforderlich war. Dies führte zu zusätzlichen Materialtests, hygrothermischen Simulationen und Druckfestigkeitstest während der Herstellung vor Ort.

Eine weitere Besonderheit ist die Kerndämmung in den direkt neben der Baustelle vorgefertigten Stampflehm-Fertigteilen. Die 17cm starke Dämmung besteht aus Schaumglasschotter, einem Recyclingmaterial. Die äußere Stampflehmschicht ist 38cm, die innere 14cm dick. Gesamthaft hat der Aufbau eine Dicke von 69cm und erreicht einen guten U-Wert von 0,35W/(m<sup>2</sup>·K). Die 12m hohen Stampflehmscheiben sind selbsttragend und lediglich mit Ankern an den Geschossdecken fixiert. Gestampft wurde das Material in einer Systemschalung aus dem Betonbau mit zusätzlicher Verstärkung, um dem deutlich höheren Druck zu widerstehen.



Bild 10: Holzfenster Innenansicht mit Stampflehmwand  
Fotograf: Roland Halbe

Die Wände enthalten nicht nur Lehm aus dem Westerwald und Lavaschotter aus der Eifel, sondern auch recyceltes Material aus dem Tunnelaushub von Stuttgart 21. Prinzipiell ist die Herstellung von Stampflehm einfach, verlangt aber Gespür für das Material sowie Knowhow in der Schalungs- und Verdichtungstechnologie. Der gestampfte Lehm ist sehr massiv mit einer vergleichbaren Dichte wie Beton, weshalb Stampflehm somit hervorragend als Speichermasse dient und die Raumluftfeuchte auf natürliche Art und Weise reguliert. Um der Oberflächenerosion von Stampflehm entgegenzuwirken sind horizontale Erosionsbremsen aus Ton und Trasskalk in einem Abstand von 30 bis 60cm eingebracht. Wie eine Flussverbauung bremsen sie die Kraft des Wassers und minimieren so die Erosion.

Durch die Langlebigkeit von Lehm, sowie ihre hervorragende Luftfeuchtereulation und Wärmespeicherfähigkeit, entstand ein Bau von hoher Wertstabilität. Die Farbechtheit der Fassade bleibt erhalten, die Oberfläche bleibt frei von Algen- oder Moosbildung, der Reinigungs- oder Pflegeaufwand der Fassade entfällt. Nach Abschluss der Feinerosion an der Stampflehmoberfläche, sind die festen Bestandteile der Fassade freigelegt und es findet keine weitere Erosion statt.

Mechanische Beschädigungen können mit einem neuen Lehmüberzug versehen werden. Im Innern verbessert die hygrisch und thermisch aktive Oberfläche nicht nur das Raumklima, sondern auch die Bindung von Gerüchen und Schadstoffen. Die Porosität und Struktur der Lehmwand wirken sich positiv auf die Akustik der angrenzenden Büroflächen aus. Die Anmutung von Einfachheit und Ehrlichkeit bleibt jahrzehntelang erhalten.



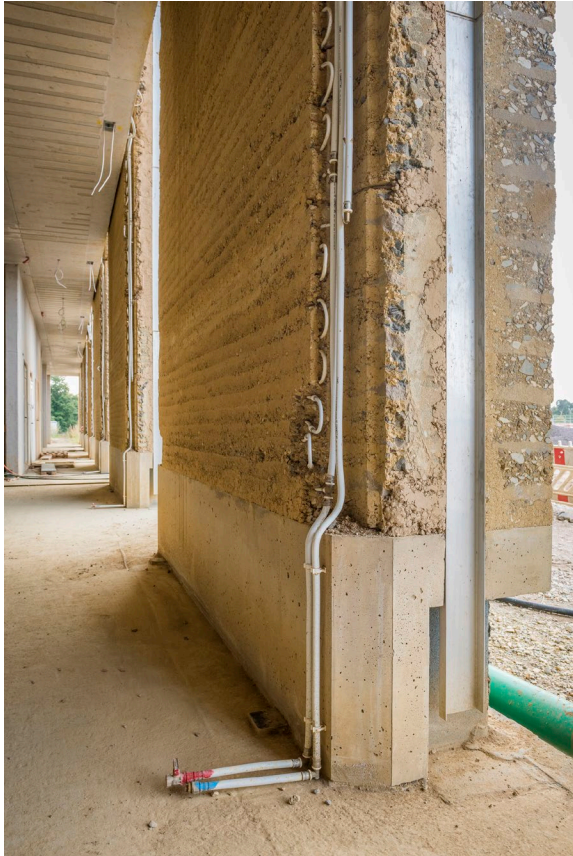


Bild 11: Stampflehmelement mit integrierter Wandheizung. Fotograf: Marc Doradzillo

Begleitet von Lehm Ton Erde (Martin Rauch), der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sowie der TU München und Darmstadt ist so eine innovative Außenwand aus 100% erneuerbaren Baustoffen entstanden. Die graue Energie bei der Herstellung, Verarbeitung und einem möglichen Rückbau entspricht ca. 30% einer konventionellen Fassade. (vgl. Embodied Energy und Embodied Carbon mit Lixcel) Es zeigt sich, dass Lehm hierbei noch weit vor bekannten Naturprodukten wie Holz oder Tonziegeln liegt.



Bild 12: Rohbau mit Sicht auf die 12m hohen Wandscheiben. Fotograf: Marc Doradzillo

## 8. Konversion in Reinform – Zurück zur Natur

Bei der Umgestaltung des ehemaligen Kasernenareals wurden versiegelte Flächen, wo immer möglich, rückgebaut und renaturiert. Die alten Fahrbahnplatten wurden vor Ort gebrochen und als Sitzstufen und Bachlaufkanten oder als Füllkies direkt wiederverwertet. Für die baurechtlich notwendigen Stellplätze blieben die alten Betonplatten wie vorgefunden liegen.

Neben den genannten Maßnahmen, beispielsweise der Verwendung nachwachsender und natürlicher Baustoffe wie Holz und Lehm sowie dem Einsatz wiederverwerteter und wieder verwendbarer Materialien, sind es auch die vielen kleinen, kaum sichtbaren Entscheidungen, die dazu beigetragen haben, aus der Alnatura Arbeitswelt ein klimaneutrales Gebäude zu machen. So wurde beispielsweise die Dämmung des Kellers aus recyceltem Schaumglas hergestellt. Mit der Alnatura Arbeitswelt ist unter dem Einsatz natürlicher und ressourcenschonender Materialien ein hochleistungsfähiges Haus mit maximierter natürlicher Belüftung und Belichtung, einem geringen Energieverbrauch und optimiertem Innenkomfort entstanden. Der Einsatz ökologisch unbedenklicher Baustoffe führt zu einer Reduktion der mit dem Bau verbundenen Umwelteinwirkungen und verbessert damit wesentlich die Ökobilanz eines Gebäudes. Mit der Vermeidung von umweltschädlichen Anteilen in Baustoffen können auch hohe Kosten bei der Entsorgung vermieden werden. Ebenso kann mit dem Einsatz von emissionsarmen Baustoffen das Risiko einer gesundheitlichen Beeinträchtigung der Nutzer verringert werden.

Der Mix aus regenerativen Energien (Photovoltaik, Geothermie, Regenwasser-Zisterne) und an die Umgebung angepassten baulichen Maßnahmen führt zu einem Energiebedarf, der um rund ein Drittel unterhalb der Anforderung der aktuellen Energieeinsparverordnung (ENEV) liegt. Dieser in der Summe aller Maßnahmen einmalige Ansatz bei der Ausführung der Alnatura Arbeitswelt wurde im März 2019 durch die DGNB mit dem Platinzertifikat gewürdigt und im November 2019 mit dem Deutschen Nachhaltigkeitspreis 2020 ausgezeichnet.

## 9. Energieextensive, wohngesunde Bauweise als Forschungsprojekt der Deutschen Baustiftung Umwelt

In den letzten Jahrzehnten hat die Forschung im Bausektor den Schwerpunkt auf die Senkung des Energiebedarfs im Gebäudebetrieb gesetzt. Dadurch sind Gebäude entstanden, die zwar einen sehr geringen Energiebedarf im Betrieb haben (z.B. Passivhäuser), deren notwendiger energetischer Aufwand zur Errichtung allerdings nicht thematisiert und berechnet wurde. Diese Herangehensweise hat zunehmend zu mehr Anlagentechnik und damit mehr Material im Gebäude geführt. Bei der Planung der Alnatura Arbeitswelt wurden im Zuge der Nachhaltigkeitsbetrachtung neue Wege beschritten, indem die richtige Materialwahl von großer Bedeutung war.

Zusätzlich wurde nicht nur der Energieverbrauch im Gebäudebetrieb planerisch bewertet, sondern alle Ressourcen, die für die Errichtung, den Unterhalt und den Rückbau notwendig sind, in der Entwurfsplanung berücksichtigt.

Dieser neue, ganzheitliche Ansatz wird als beispielgebend gesehen und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU gefördert. Durch die frühzeitige Evaluierung der grauen Energie konnten bei der Planung des Alnatura Campus ressourcenschonende Lösungen für die einzelnen Bauteile entwickelt werden.

In Zusammenarbeit mit Prof. Thomas Auer und seinen Assistenten an der Technischen Universität München sind dabei Planungsparameter entwickelt worden, die auch zukünftigen Projekten helfen, ressourcenneutral zu werden. Die Evaluierung der Forschungsergebnisse in Hinblick auf die materialspezifischen Vorteile natürlicher Baustoffe wird mit 5 weiteren Leuchtturm-Projekten in einer Publikation im Sommer 2020 veröffentlicht.



Bild 13: Außenansicht Arbeitswelt am Abend. Fotograf: Brigida Gonzalez

«Die Alnatura Arbeitswelt gibt Antworten, wie man Gebäude heute planen und bauen kann: einfach und ressourcenneutral», sagt Martin Haas, Gründer und Partner von haascook-zemrich STUDIO2050. «Es gibt den Werten und den offenen Strukturen des Unternehmens Alnatura eine architektonische Entsprechung, die Identität stiftet und Menschen verbindet.»

- [1] Auer, T.; transsolar (2015) Simulationsbericht Anforderungskatalog
- [2] Santucci, D.; Auer, T.; Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und Klimagerechtes Bauen (2015) Entwicklung von Strategien zur Implementierung des grauen Energieaufwands in den iterativen integrierten Entwurfsprozess von Gebäuden. Abschlussbericht des Forschungsprojektes Az: 32312/01-25 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt



**Block A2**

**Bauen und Sanieren mit Holz  
im bezahlbaren Wohnungsbau**



# **Perspektive Wohnungswirtschaft: Bezahlbarer Wohnungsbau mit Holz**

M.A. Architekt  
Jens Janetzko  
Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft  
Rheinland Westfalen e.V.  
Düsseldorf, Deutschland





# Perspektive Wohnungswirtschaft: Bezahlbarer Wohnungsbau mit Holz

## 1. Wohnsituation in Deutschland

Wohnen ist ein zentrales Grundbedürfnis. Den größten Teil unseres Lebens verbringen wir in unserer Wohnung. Doch was tun, wenn man sich wohnen nicht mehr leisten kann?

Dieses Jahr, 2023, hat Deutschland das größte Wohnungsdefizit seit mehr als 20 Jahren. Laut Pestel-Institut und Bauforschungsinstitut ARGE fehlen demnach mehr als 700.000 Wohnungen. Dieses Wohnungsdefizit ist vorrangig in Schwarmstädten und größeren Ballungsräumen vermehrt spürbar, vor allem wenn es um bezahlbaren Wohnraum geht.

Die Regierung reagierte auf die Wohnungsnot in Deutschland und setzte sich zum Ziel pro Jahr 400.000 neue Wohnungen zu schaffen, davon 100.000 im geförderten Wohnungsbau, um der Wohnungsknappheit entgegenzuwirken. 2022 wurden knapp 300.000 neue Wohnungen geschaffen, womit das Ziel deutlich verfehlt wurde. Für 2023 wird das Ziel erst recht nicht umsetzbar sein, denn die Baugenehmigungen sind stark rückläufig. (vgl. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23\\_095\\_3111.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_095_3111.html))

Allein durch die gestiegenen Baukosten und Zinsen sind viele Projekte auf Eis gelegt, verschoben oder grundsätzlich zurückgestellt worden. Die 477 sozial orientierten Wohnungsunternehmen und -genossenschaften im Verbandsgebiet des VdW Rheinland-Westfalen gaben an, dass die geplanten Investitionen aufgrund von steigenden Baustoffpreisen, Zinserhöhungen, mangelnden Handwerkerkapazitäten und Lieferkettenprobleme stark zurückgegangen oder zurückgestellt worden sind. Das heißt, es werden weniger Wohnungen generiert, jedoch wird stetig mehr Wohnraum in Zeiten von Flüchtlingskrisen benötigt. Die Vonovia hat 60.000 Wohnungen auf Eis gelegt. Auch andere Wohnungsunternehmen mussten geplante Projekte kurz vor dem Start stoppen oder bereits stornieren. Davon waren insgesamt 3.500 bzw. 530 Wohnungen betroffen. Immerhin jedes zehnte Wohnungsunternehmen gibt jedoch an, diese Projekte wieder aufnehmen zu wollen. Das Ziel, Wohnraum für jeden zu schaffen rückt weiter nach hinten. Bezahlbaren Wohnraum herzustellen, ist selbst bei geringen Renditeerwartungen kaum wirtschaftlich darstellbar. Anstelle von bürokratischen und politischen Erleichterungen und der Reduktion von Auflagen diskutiert die Politik beispielsweise über das Gebäudeenergiegesetz, die EU-Gebäuderichtlinie – also über noch mehr Auflagen und verpflichtende, kaum wirtschaftlich tragbare Investitionen für die sozial orientierte Wohnungswirtschaft. Verständlich, dass somit die Schaffung von neuen Wohnräumen aufgeschoben wird.

Die Wohnungsunternehmen und -genossenschaften wollen bezahlbare klima- und generationengerechte Wohnungen bauen. Die Baubedingungen führen aber vor allem im Neubau zum Einbruch bei den Investitionen.

## 2. Holzbau schwer gemacht

In den letzten Jahren gewann der Holzbau stetig an Bedeutung, wenn es um die Themen klimafreundliche, serielle und ökologische Bauweise geht. Doch kann der Holzbau Antworten auf die derzeitigen Problematiken in der Wohnungswirtschaft und im Klimaschutz liefern, damit die Bauwende gelingen kann?

Das Bauen mit Holz gewinnt zunehmend an Wichtigkeit in der Baubranche – nicht nur wenn es um das ökologisch nachhaltige Bauen geht, auch das serielle Bauen in Holztafel- oder Holzmodulbauweise gewinnt aufgrund seiner Schnelligkeit an Bedeutung. Mit dieser Schnelligkeit soll auf die Wohnungsknappheit in Deutschland reagiert werden.

Der Holzbau kann nicht alle Problematiken in der Baubranche lösen, dennoch liefert er viele positive Aspekte. Unsere Nachbarländer wie beispielsweise Skandinavien, die Niederlande, Schweiz und Österreich zeigen seit Jahren, wie es funktioniert oder funktionieren kann.

In Deutschland ist die Rede von Pilotprojekten, wenn ein Projekt in Holzbauweise umgesetzt wird, doch blickt man in die Vergangenheit, so haben wir schon vor Jahrzehnten bereits Wohnhäuser in Holz gebaut. Durch die Industrialisierung wurde das Holz durch Stahlbeton ersetzt. Mit Stahlbeton ging alles einfacher und schneller. Die Ressourcen waren vorhanden, auf das Klima wurde keinen Fokus gelegt. Studien zeigen, dass derzeit der Gebäudebereich knapp 40 Prozent der Treibhausgasemissionen verursacht. Durch den Holzbau könnte bis zu 50 Prozent der Emissionen eingespart werden.

Der Holzbauprozess hat sich aufgrund der Digitalisierung und des technologischen Fortschritts weiterentwickelt, und die Bauweise teilweise erheblich einfacher gestaltet. Das Fachwissen im modernen Holzbau ist vorhanden, doch bürokratisch und politisch steckt die Holzbauweise noch in der Vergangenheit fest.

## **2.1. Aber warum ist Bauen mit Holz in Deutschland so schwierig?**

Thema Brandschutz: Holz brennt. Aber wie man auch an den verkohlten Baumstämmen bei der Berichterstattung über Waldbrände sieht, brennt Holz nicht komplett ab. Auf der abgebrannten Holzschicht von zwei bis drei Zentimetern bildet sich eine Kohleschicht, ein natürlicher, hochwirksamer Brandschutz. Wissenschaftliche Studien und Nachweise haben dies bestätigt. (vgl. <https://www.oekologisch-bauen.info/news/holzbau/brandschutz-genuegt-auch-im-holzbau-hoechsten-anspruechen/>)

Und obwohl sich die Wissenschaft mit dem Thema Holz und Brandschutz auseinandergesetzt hat, und auf viele Thematiken aufmerksam gemacht hat, um die Vorgaben und Auflagen mit dem Holzbauen zu vereinfachen, so unterliegt der Holzbau weiterhin höheren Anforderungen an Brandschutz als die konventionelle Bauweise. Die Holzbauweise hat als einzige Bauweise eine Musterbauordnung – die Muster-Holzbaurichtlinie, kurz MHolzBauRL.

## **2.2. Was bedeutet die Muster-Holzbaurichtlinie für das Bauen mit Holz im Geschosswohnungsbau?**

*Überspitzt formuliert:*

*In Deutschland kann man mit Holz bauen, man darf das Holz aber nicht sehen.*

Nur durch aufwendige und kostentreibende zusätzliche Brandschutzmaßnahmen – Beplanungen mit Gipskarton – kann der Holzbau die hohen Brandschutzauflagen erfüllen. Mit ressourcenschonendem und CO<sub>2</sub>-reduziertem Bauen hat dies nichts zu tun. So kommen auf ca. 160kg Holz je m<sup>2</sup> Nutzfläche ca. 120kg Gipsbaustoffe und ca. 100kg Beton bei konsequenter Anwendung der Holzbaurichtlinie. (Faktenpapier – Koalition für Holzbau)

Natürlich können Holzelemente sichtbar sein, diese Vollholzträger und Vollholzstützen müssen jedoch so überdimensioniert werden, dass diese die Brandschutzanforderungen erfüllen. In den meisten Fällen ist dann die Umsetzung in Stahl oder Beton wirtschaftlicher.

Aufgrund der sehr hohen Brandschutzauflagen kann für den Holzbau hinsichtlich Brandschutzausbildungen ca. 10% höhere Baukosten veranschlagt werden und somit wird das Bauen mit Holz unattraktiv und unwirtschaftlich. Vor allem wenn es um bezahlbaren Wohnraum geht. Eine Herabsetzung der Brandschutzauflagen oder die Gleichstellung mit der konventionellen Bauweise würde die Kosten erheblich senken, sodass das Bauen mit Holz wirtschaftlich wird und dadurch bezahlbarer Wohnraum hergestellt werden kann. Zusätzlich würden politische Förderungen für den Holzbau sowie bürokratische Erleichterungen beim Genehmigungsprozess helfen, eine ökologisch nachhaltige Bauweise für die sozial orientierte Wohnungswirtschaft attraktiv zu gestalten. Ohne dieser Anreize durch die Politik wird die Bauweise nicht funktionieren und ein klimafreundliches oder gar klimaneutrales Bauen bis 2045 nicht umsetzbar sein.

## **3. Der Baustoff Holz als Problemlöser**

Holz ist ein wunderbarer Baustoff, welcher vielfältig eingesetzt werden kann. Er ist ökologisch und klimafreundlich. Ein Kubikmeter Holz speichert ca. eine Tonne CO<sub>2</sub>. In der Lebenszyklusbetrachtung kann Holz ohne großen technischen und energetischen Aufwand wiederverwendet oder recycelt werden.

Im Bereich der Vorfertigung hat der Holzbau entscheidende Vorteile. Die Produktion erfolgt in hoher Qualität mit Toleranzen im Millimeterbereich unter optimalen Prozessbedingungen. Nur noch die Montage, das zusammensetzen der Bauteile, erfolgt auf der Baustelle, nachdem die Fertigteile «just in time» geliefert werden. Das spart an Baustelleneinrichtung, was im urbanen Raum von großem Vorteil ist, weil die Bauprojekte effektiv und zügig umgesetzt werden können. Baustellenmüll und Baustellenlärm werden erheblich reduziert. Je nach Bauweise kann die reine Bauzeit um mindestens sechs Monate verkürzt werden. Faktoren, welche die allgemeinen Kosten, jedoch aktuell noch nicht die Baukosten, senken können.

Ein weiterer Vorteil von Holz ist seine hohe Tragfähigkeit bei geringem Eigengewicht. Dadurch können urbane Aufstockungen und Nachverdichtungen im qualitativen Maße einfacher und kostengünstiger umgesetzt werden.

Holz kann also einen wesentlichen und entscheidenden Beitrag zur Bauwende liefern. Vor allem in den Punkten Klimaschutz, CO<sub>2</sub>, serielles Bauen, Nachverdichtung und Aufstockung. Um die Potentiale des Bauens mit Holz voll ausschöpfen zu können, sind politische und bürokratische Erleichterungen aber unausweichlich. Aufgrund der wissenschaftlichen Erkenntnisse sowie Erfahrungswerten auch aus anderen Ländern, muss die Musterholzbaurichtlinie überarbeitet und angepasst werden. Die Auflagen und Verordnungen müssen reduziert und das Baugenehmigungsverfahren generell vereinfacht werden. Nur wenn diese politischen Maßnahmen ergriffen werden, gelingt die Bauwende und die sozial orientierte Wohnungswirtschaft kann bezahlbaren und bedürfnisorientierten Wohnraum schaffen.





# **Serielles Sanieren mit Holz – Aktuelle Projekte und Entwicklungen**

Andreas Miltz  
RENOWATE GmbH  
Düsseldorf, Deutschland





# Seriell Sanieren mit Holz – Aktuelle Projekte und Entwicklungen

## 1. Klimaneutralität bis 2045 und Herausforderungen im Gebäudesektor

Bis 2045 soll der Gebäudesektor klimaneutral sein. Um die ambitionierten Klimaschutzziele der Europäischen Union zu erreichen, benötigt die Wohnungswirtschaft innovative, digitalisierte Lösungen für die energetische Modernisierung von Bestandsgebäuden. Denn nur auf diesem Wege kann die angestrebte Klimaneutralität im Gebäudesektor bis 2045 erreicht werden. Darüber hinaus steht auch der Gebäudesektor heute vor einer weiteren Reihe von drängenden Herausforderungen. Neben einem wachsenden Bedarf nach bezahlbaren Wohnungen, müssen Unternehmen Lösungen entwickeln, die dem anhaltenden Fachkräftemangel begegnen können. Dies war bereits vor der Energiekrise und der damit verbundenen Gaspreisexplosion klar. Daher haben LEG und Rhomberg Anfang 2022 zusammen die RENOWATE GmbH gegründet.

Mit RENOWATE GmbH bündeln die österreichische Baufirma Rhomberg Bau und das deutsche Wohnungsunternehmen LEG Immobilien ihre Kräfte, um Bauindustrie und Wohnungswirtschaft nachhaltig zu verändern und Sanierungsprojekte effizienter und kostengünstiger – und somit auch umsetzbarer – zu machen. Das Ziel besteht darin, bestehende Gebäude zu dekarbonisieren und durch energetische serielle Sanierung zu einer klimafreundlichen Zukunft zu verhelfen.

## 2. Sanierungsansatz der RENOWATE GmbH

### 2.1. Seriell Sanieren

Die RENOWATE hat einen seriellen Sanierungsansatz für Bestandsgebäude entwickelt, denn die traditionelle energetische Sanierung ist meist mit hohen Kosten, langen Bauzeiten, ineffizienten Prozessen und einer aufwendigen Koordination unterschiedlicher Gewerke verbunden. Das innovative All-in-One Sanierungskonzept der RENOWATE GmbH setzt auf hochgradig vorgefertigte Module und End-to-End-Prozesse. Dabei werden Fassadenelemente mit modernen Heizungsanlagen und einer Dacherneuerung kombiniert. Dies geschieht digital, gewerkeübergreifend und integriert geplant. Der Zeit- und Kostenaufwand wird so erheblich reduziert.

### 2.2. In drei Schritten zur Energieeffizienz

In drei wesentlichen Schritten realisiert das Joint Venture die energetische Sanierung in kürzester Zeit. Im ersten Schritt wird mithilfe innovativer Laserscanning-Technologie eine digitale Bestandsaufnahme durchgeführt, um einen digitalen Zwilling der betreffenden Bestandsgebäude zu erstellen. Somit kann im Anschluss die gewerkeübergreifende Planung der Sanierung erfolgen.



Abbildung 1: 3D-Scan-Technologie

Im Bürostandort in Bregenz werden durch die Fachplaner:innen der RENOWATE die neuen – mit modernen Dämmsystem ausgestattet – Fassadenmodule entwickelt. Auch für diesen Schritt ist der digitale Zwilling des Gebäudes von hoher Bedeutung, denn so kann die neue Gebäudehülle ortsunabhängig und industriell vorgefertigt werden. Die vorgefertigten Fassadenelemente aus Holz haben eine integrierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Zudem sind in den Elementen bereits die neuen dreifachverglasten Fenster mit elektrischen Rollläden und Funksteuerung inkludiert.



Abbildung 2: vorgefertigte Fassadenmodule

Der dritte Schritt, die standardisierte Montagetätigkeit zeichnet sich dadurch aus, dass die verkürzte, minimalinvasive Montage der Dach- und Fassadenelemente sowohl die Bauzeit als auch die Belastung für die Bewohner:innen reduziert.



Abbildung 3: Standardisierte Montagetätigkeit

### 3. Pilotprojekt in Mönchengladbach-Lürrip

Mit ihrem ganzheitlichen und skalierbaren Prozess zur Dekarbonisierung konnte die RENOWATE bereits erste Erfolge erzielen. Das Pilotprojekt in der Zeppelinstraße in Mönchengladbach-Lürrip startete Ende Juli 2022 und umfasste eine Gesamtwohnfläche von 2.570 m<sup>2</sup>, verteilt auf 47 Wohnungen, acht Eingänge und drei Geschosse.

Bereits Mitte Dezember 2022 konnte dieses erste Projekt nach nur wenigen Monaten Bauzeit erfolgreich abgeschlossen werden. Auf dem Weg dahin hatte das Team der RENOWATE insgesamt 180 vorgefertigte Fassadenelemente verbaut.



Abbildung 4: Fassadenelement

Alle Gasetagen-Thermen und Nachtspeicher-Öfen wurden ausgetauscht und auf neueste Wärmepumpen-Technologie umgestellt – der Energiebedarf konnte so um etwa 90% reduziert und die Gebäude auf den KfW 55-Standard gehoben werden. Zudem gibt es Vorrichtungen für die Installation von Photovoltaik-Anlagen, die bei einer späteren Umsetzung den Net-Zero-Standard ermöglichen.

Nach der Sanierung haben die Gebäude einen erheblichen Energiesprung von Energieeffizienzklasse H zu A gemacht. Durch den Einbau von hoch effizienten Wärmepumpen sind die Bewohnenden somit dauerhaft von fossilen Energien entkoppelt und vor hohen Energierechnungen geschützt. Eine Besonderheit bei den Wärmepumpen ist der Verbau im Dachboden. Aufgrund der höheren Temperaturen unter dem nach Süden ausgerichteten Dach arbeiten sie dort effizienter als im Keller oder Außenbereich. Für die Dachbodenlösung wurde zur Sicherheit die Statik mithilfe von Stahlträgern verbessert. Zusätzlich wurde der Dachboden gedämmt und die Wärmepumpen auf Schallpuffer aus der Automobilindustrie gestellt.



Abbildung 5: Fassadenmontage

In zwölf weiteren Projekten wird das Verfahren nun weiter optimiert und skalierbarer gemacht. Damit einher gehen die Sanierung von mehr als 150 Wohneinheiten im LEG-Bestand, eine weitere Effizienzsteigerung durch Zeiteinsparung und eine Kostenreduktion von rund 30% im Jahr 2023. Während die RENOWATE GmbH in ihrem ersten Jahr 47 Wohnungen mit rund 2.500 m<sup>2</sup> saniert hat, wird sich das Volumen im zweiten Geschäftsjahr bereits vervierfachen und rund 10.000 m<sup>2</sup> betragen – das Produkt ist skalierbar. So wurde 2023 regelmäßig ein neues Projekt begonnen. Im Zuge der Pilotprojekte können Erfahrungen gesammelt werden, die es ermöglichen, das Produkt ständig weiterzuentwickeln, um es schließlich am Markt für externe Kunden im Baukasten-Prinzip anbieten zu können. Dieses Konzept ermöglicht u.a. auch eine variable Preisgestaltung, je nachdem, ob sich der Kunde für eine Sanierung mit Dach, mit neuer Heizung, mit Fassade, mit Photovoltaik entscheidet oder nur für eine oder einen Teil dieser Komponenten. Es sind somit auch verschiedene energetische Effizienzstandards realisierbar.

## 4. Gesammelte Erfahrungen

Im Projektverlauf der ersten Monate konnte gelernt werden, dass die wesentlichen Stakeholder, die Mieter:innen, unbedingt über die gesamte Projektzeit begleitet werden müssen. Denn die Erfahrung u.a. aus der traditionellen Modernisierung zeigt, dass Menschen gerade bei Baumaßnahmen über eine transparente Ansprache mitgenommen werden müssen, um die Akzeptanz aufrecht zu erhalten. Die RENOWATE GmbH tut dies beispielsweise durch transparente Kommunikation und hat zu diesem Zweck ein eigenes IT-Portal entwickelt. Ziel ist es, den Mieter:innen über diesen Kanal alle relevanten Informationen vor, während und nach der Kern-Bauzeit zur Verfügung zu stellen.

Dieser zusätzliche digitale Kommunikationskanal bedeutet auch für den bzw. die jeweilige:n Bestandhalter:in einen spürbaren Mehrwert, da für die ansonsten aufwendige Mieterkommunikation keine personellen Kapazitäten mehr gebunden werden. Gleichzeitig kann durch die RENOWATE GmbH selbst die Plattform – abseits der Mieterkommunikation – dafür genutzt werden, die Gewerke zu koordinieren, wichtige Informationen zu bündeln und einen optimalen Ablaufprozess sicherzustellen.

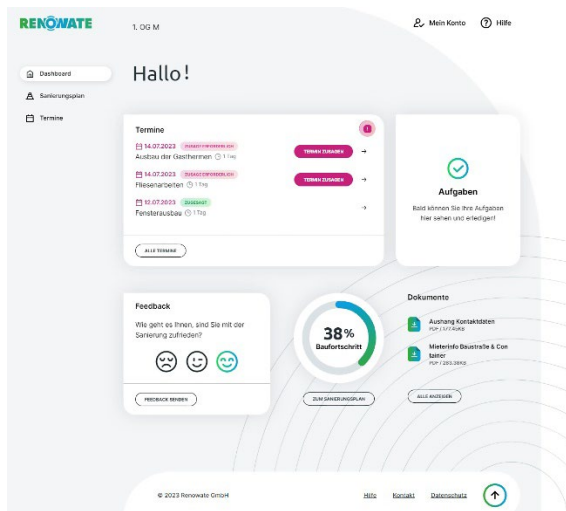


Abbildung 6: Mieterportal

Auch über die Kundenkommunikation hinaus konnten vielfältige Erkenntnisse gewonnen werden. U.a. wurde bereits eine neue Fassadenaufhängung konzipiert, die 50 % weniger Stahl für die Aufhängung benötigt und damit deutlich weniger kostet. Das bisher verwendete Standardprodukt ist Geschichte. An der Lüftungstechnik wird zurzeit ebenfalls gearbeitet und weitere Optimierungen vorgenommen – so wie auch zahlreiche weitere Komponenten.

Darüber hinaus machen sich auch in den Abläufen die gesammelten Erfahrungen und durchgeführten Optimierungen bereits bemerkbar, denn beim ersten Projekt hat es noch mehrere Wochen gedauert, bis aus der digital vermessenen Punktwolke tatsächlich die Planung für die Module und die Technik entstand – inzwischen konnte dies stark optimiert werden.

## 5. Aktuelle Projekte und Ausblicke

Im März dieses Jahres haben die Verantwortlichen ein weiteres Sanierungsprojekt begonnen, das sich in Mönchengladbach-Hardt insgesamt über acht aufeinanderfolgende Bauabschnitte erstreckt. Die zu sanierenden Wohngebäude aus dem Quartier der LEG stammen aus dem Jahr 1954 und sind daher bis lang mit einer Energieeffizienzklasse H energetisch ineffizient. Auch bei diesem Projekt wird neben der Erneuerung der Gebäudehülle mit Fassadenelementen aus Holz die gesamte technische Gebäudeausrüstung modernisiert.

Seit besagtem Baustart Ende März und wurde alle sechs Wochen ein neuer Bauabschnitt in Angriff genommen. Dieses gut geplante Zeitmanagement und die gesammelten Erfahrungen aus dem vorangegangenen Pilotprojekt ermöglichen es, dass die Bewohner während der gesamten Sanierungsphase in ihren Wohnungen verbleiben können, ohne wesentliche Beeinträchtigungen hinnehmen zu müssen. Darüber hinaus erwies sich das erworbene Know-



how aus dem Pilotprojekt als äußerst wertvoll. Denn beim Projekt in Mönchengladbach-Hardt konnten bereits die erkannten Optimierungspotenziale genutzt werden. Durch das eigens entwickelte System für die Fassadenaufhängung, was auf Basis der Erkenntnisse aus dem ersten Projekt entstanden ist, konnte eine weitere Effizienzsteigerung und eine Erhöhung der Schnelligkeit hinsichtlich der durchgeführten Maßnahmen erreicht werden.



Abbildung 7: Sanierungsprojekt im Mönchengladbach-Hardt



Abbildung 8: Montage Fassadenelement



Abbildung 9: Saniertes Gebäude am Vossenbäumchen



# **«gbt ergrünt» – Azubiwohnen in Holzmassivbauweise**

Cornel Jeuckens  
Isowoodhaus  
Finenntrop, Deutschland

Sybille Jeschonek  
Gbt Wohnungsbau  
Trier, Deutschland





# «gbt ergrünt» – Azubiwohnen in Holzmassivbauweise

## 1. Wohnen bei der gbt in Trier

Bezahlbar und nah. Trier hat 110.000 EW und 8 Welterbstätten.



## 2. Unser Unternehmen, Daten, Fakten

**24. Mai 1899**

Gründung

**01. Januar 1963**

Umwandlung: Aus der Gemeinnützigen Baugesellschaft mbH Trier (gbt) wird die Wohnungsbau und Treuhand AG

**Gesellschafter**

61,5% Provinzial Versicherung AG  
37,6% Stadt Trier  
0,88% Sonstige

**Wirtschaftsdaten 2022**

135 Mio. € Bilanzsumme; 27 Mio. Umsatz.

**Ges. 110 Mitarbeiter /-innen**

**Verbundene Unternehmen**

Gbt Dienstleistungs-GmbH  
WiT Wohnen in Trier GmbH  
Kreissiedlungsgesellschaft mbH Bitburg  
Domizil an den Thermen GmbH & Co. KG





## 5. Entscheidungsparameter

### 5.1. Pilotprojekt

Bau des Wohnheims in Holzmassivbauweise für die Krankenpflegeschüler des BBT-Krankenhauses als sozial und ökologisch nachhaltiges Projekt.

#### SOZIALE U. ÖKOLOGISCH NACHHALTIG

- 223,5 qm Wohnfläche
- Für 8 Pers. in 6 WE
- Generalanmietung durch BBT
- frei finanziert
- Grundstücksfläche 446 qm
- Gesamtkosten ca. 1,1 Mio. €
- Miete ca. 11 €/qm

#### Beispiel Großprojekt Wohnpark



In Konstanz am Bodensee steht der Wohnpark Seerhein. In unmittelbarer Nähe zum Rheinufer mit Sicht auf den

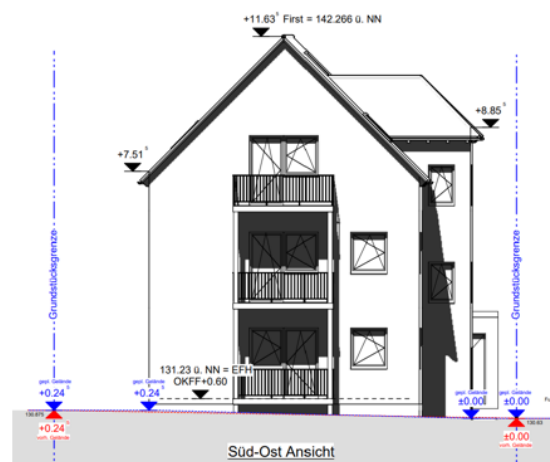
- ✓ **Nachhaltigkeit & Energieeffizienz nach neuestem KfW-Standard BEG 40 NH/EE, besonders bedeutend angesichts des ministeriellen Förderstopps für BEG 55. KfW-Neubau-Förderung Programm 261, 40 NH**
- ✓ **Energieeffiziente Bauweise: Gesamte Konstruktion und Dämmung aus Holz. Niedrige CO<sub>2</sub>-Emission beim Bau und Betrieb. Das verwendete Baumaterial wächst in rund 30 min. im Wald in Dtl. nach.**
- ✓ **Erfahrener Partner: ISOWOOD-Haus mit Erfahrung im Hotel-, Büro- und Großsiedlungsbau, patentierte und zertifizierte Konstruktion, seit über 20 Jahren europaweit tätig**
- ✓ **Lösung für die Energiezukunft: keine fossile Heizenergie, modernste energiesparende Wärmenutzung mit Luft-Wärmepumpe und 30 qm PV –Anlage mit 546 KWPeak / 4168 kWh/a**
- ✓ **Geringe Größe Grundstück und Baufenster, optimale Nutzung**
- ✓ **Geringe Energiekosten und hohe Wohnqualität für die Bewohner. 4 Appartements, 2 Tandem-WE, alle mit Balkon.**
- ✓ **FESTPREIS Isowoodhaus: 712 T€ netto/ 847 T€ brutto.**

Seite 7

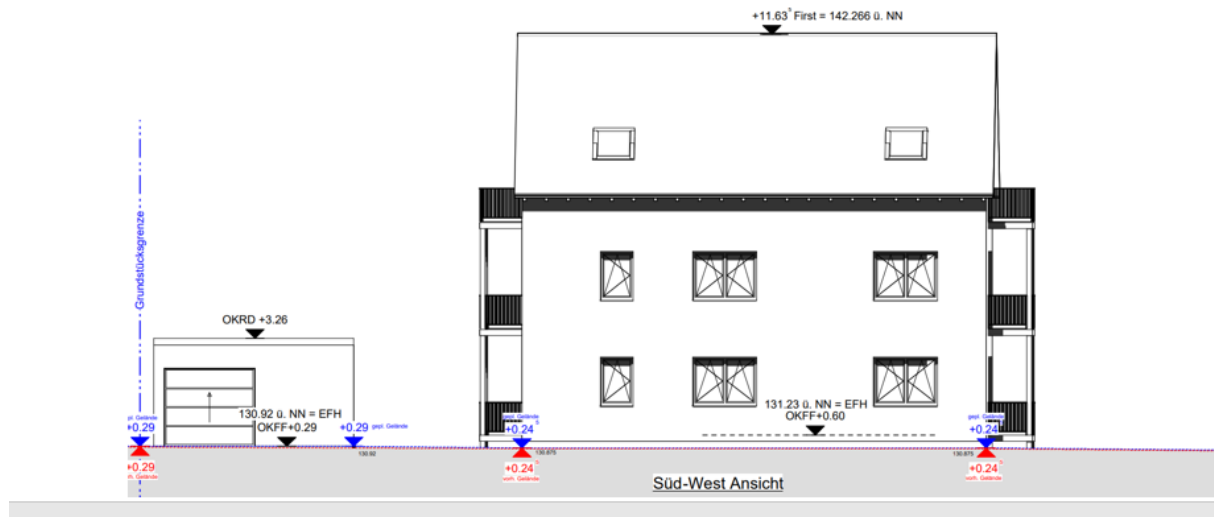
## 6. Projektstatus, Azubis-Haus – «gbt ergrünt»

6 WE, 223 qm Wfl., Peter-Friedhofen- Straße 44 in nachhaltiger Holzmassivbauweise

- **Bauantrag vom 08.11.2022 in 09/2023 genehmigt.**
- **Baubeginn wie geplant KW 43/2023**
- **Kosten NH-Zertifizierung und Baubegleitung durch Energieberater: 48 T€ (50% KfW-Zuschuss)**
- **Vergabe Erschließung Grundstück, Bodenplatte, Rampe durch gbt. Erstellung Grünanlagen und Malerarbeiten durch gbt-eigene Handwerker.**
- **Fertigstellung und Bezug ca. Feb. 2024 (!), Bauzeit nur 4 Mon.**







## 7. Planen / Gestalten / Bauen

Visualisierung Peter Friedhofen Straße 44, Trier



## 8. Förderung / Ökologische Kennzahlen

Projektentwicklung, Azubi-Haus Peter-Friedhofen-Straße

| Förderung                              | KfW, Prog. 261                                                                             | Nachhaltigkeit                                              | Kennwerte lt. BzA                                |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Gesamtbaukosten brutto ca.             | 1,1 Mio. €                                                                                 | Beheiztes Gebäudevol.                                       | 1050 m <sup>3</sup>                              |
| Davon KfW-Förderdarlehen               | <b>768.000 €</b><br>(720.000 € Wohngebäude + 48.000 € NH-Zertifizierung und Baubegleitung) | Nutzfläche                                                  | 336,3 qm                                         |
| Zinssatz KfW                           | 1,61%                                                                                      | Primärenergiebedarf                                         | <b>Projekt: 20,6 KWh/qm/a</b><br>Ref.-Geb.: 65,3 |
| Tilgungszuschuss Gebäude               | 5% von 720.000 € = <b>36.000 €</b>                                                         | Transmissionswärmeverlust                                   | <b>Projekt: 0,205 W/qmK</b><br>Ref.-Geb.: 0,384  |
| Baubegleitung und NH- <u>Zertifiz.</u> | 50% von 48.000 € = <b>24.000 €</b>                                                         | Abs. Einsparung Jahresenergiebedarf                         | 8.200 kWh/a                                      |
| Gesamt- TZ                             | <b>60.000 €</b>                                                                            | Primärenergieeinsparung                                     | 9.562 kWh/a                                      |
| KfW-Kreditsumme nach TZ                | <b>708.000 €</b>                                                                           | Einsparung der Gesamtmasse CO <sub>2</sub> -äquiv. Emission | 1571 kg/a                                        |
|                                        |                                                                                            | Gesamtdeckung santeil EE                                    | 77%<br>(dv. 12% PV-Strom, 65 % Wärmepumpe)       |

## 9. Planen / Gestalten / Bauen

Konstruktion, Peter-Friedhofen Straße 44, Trier

### Das ISOWOOD-Prinzip



$U_{(G)}$  -Wert Dach  
0,133 W/m<sup>2</sup>K



$U_{(G)}$  -Wert Aussenwand  
0,133 W/m<sup>2</sup>K

- Gesamte Gebäudehülle vollständig aus Holz (exkl. Putz u. innen GKB)
- diffusionsoffen (keine Dampfsperre-Folien)
- Rohgewicht ISOWOOD 100 kg/m<sup>3</sup>
- Brandschutzklasse n. DIN 4102, T. 2 : B2

## 10. Ökologische Features «gibt ergrünt»

### Projektentwicklung

- **Gegenüber konventioneller Stein-auf-Stein-Konstruktion:**
- **leistungsfähigere Gebäudehülle, geringere Außenwand-Querschnitte - mehr Wohnfläche**
- **diffusionsoffene Gebäudehülle, benötigt keine aufwendige Lüftungstechnik zur Entfeuchtung / Vermeidung von Schimmelrisiken. Natürlich reguliertes, gesundes Raumklima**
- **Temperaturstabiles Innenklima durch große Wärmespeicher-Kapazität der Holzmasse**
- **Dachgeschosse im Hochsommer mit normaler Raumtemperatur ohne Kühlungstechnik**



## 11. Planen / Gestalten / Bauen

Projekt ISOWOODHAUS  
Wohnpark Seerhein, Konstanz



**Block B1**  
**Taktgeber des Nachhaltigen Bauens**



# ESG & Taxonomie im Hochbau

Jannick Höper  
LIST Eco GmbH & Co. KG  
Köln, Deutschland







# ESG & Taxonomie im Hochbau

## 1. LIST Eco GmbH & Co.KG

Die LIST Eco entwickelt ganzheitliche Nachhaltigkeitskonzepte für EU-Taxonomie konforme Immobilien und zukunftsfähige Quartiere. Bei Fragen zu einer langfristigen Nachhaltigkeitsstrategie steht die LIST Eco Investoren, Bestandshaltern und Projektentwicklern disziplinen- und lebenszyklusübergreifend beratend zur Seite. Dabei führen unsere Spezialist:innen Mithilfe von GIS & BIM-basierten Optimierungsverfahren verschiedene Analysen durch – von der Ökobilanz bis hin zur Zirkularitätsbewertung. Ebenfalls gehören alle gängigen Zertifizierungen zum Leistungsportfolio. Die LIST Eco ist Teil der LIST Gruppe. Die LIST AG ist die Holding der LIST Gruppe und führt diese wirtschaftlich, strategisch und kulturell. Die LIST Gruppe versteht sich als Immobiliendienstleister, der bundesweit bereits über 3500 Immobilienprojekte entwickelt, (digital) geplant, gebaut und revitalisiert hat. Generell reicht das Produkt-Spektrum von Logistik- und Produktionshallen über Handelsobjekte bis hin zu Wohn- und Sozialimmobilien im Quartierskontext. Die unterschiedlichen Kompetenzen, die hierfür notwendig sind, hat die Unternehmensgruppe in zwölf Gesellschaften mit über 700 Mitarbeitenden an 11 Standorten konzentriert.

## 2. Einleitung

Der Klimawandel ist eine zentrale Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Dieses Thema betrifft jeden Menschen auf der Erde, weshalb eine nachhaltige Entwicklung in vielen Sektoren immer stärker in den Fokus rückt. Mit 60 % ist der Gebäudebereich der größte Ressourcenverbraucher [1]. Bei der Herstellung von Materialien sowie durch die Gebäudenutzung entstehen daneben 39 % der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen [2]. Somit besteht in diesem Wirtschaftsbereich ein hohes Optimierungspotenzial die Umweltauswirkungen zu reduzieren.

In Deutschland ist ein ähnliches Verhalten zu beobachten. Obwohl in den vergangenen Jahren die Energieeffizienz zugenommen hat, wurde im Gebäudesektor ein Rebound-Effekt bezüglich der Treibhausgasemissionen beobachtet. Dieser Effekt geht zurück auf eine Zunahme der Wohnfläche pro Person um etwa 21% im Vergleich zu 2000, allgemein sinkende Energiekosten zwischen 2010 und 2020 und das Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) [3]. Des Weiteren fand in den letzten Jahrzehnten kein signifikanter Wechsel von fossilen Heiz- und Wärmetechniken durch erneuerbare Technologien statt. Primär fand ein Wechsel von fossil auf fossil in Form von Gas- und Ölheizungen mit Brennwerttechnik statt. Obwohl diese im Vergleich zu älteren Modellen effizienter arbeiten, emittieren sie nach wie vor Treibhausgase. Trotz gesetzlicher Maßnahmen wie der Pflicht zum Austausch von Heizkesseln, die älter als 30 Jahre sind (seit 2014), Dachisolierung und Mindeststandards für energetische Teilsanierungen (laut EnEV, 2014) sowie erhöhten Fördermitteln im KfW-Programm «Energieeffizient Sanieren» blieb die Renovierungsrate in den letzten zehn Jahren weitestgehend unverändert bei rund einem Prozent. Insbesondere Gebäude der Effizienzklassen G und H sollten im Fokus stehen, da sie etwa 30% der Wohnfläche einnehmen und gleichzeitig für circa 50% der Treibhausgasemissionen stehen. Es wird ersichtlich, dass die bisherigen Instrumente nicht den gewünschten Effekt gebracht haben [3].

Das Pariser Klimaabkommen von 2015 hat die Dringlichkeit der Klimaerwärmungsbegrenzung bekräftigt und ein Ziel von 1,5 bis höchstens 2 Grad Celsius festgelegt [4]. Auch die europäische Union (EU) hat konkrete Klimaziele definiert [5]. Diese Ziele wurden in verschiedenen Strategiedokumenten und Gesetzgebungen festgelegt und im Laufe der Zeit angepasst. Beispielsweise verfolgt die EU das Ziel, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen der EU bis zum Jahr 2030 um 55 Prozent gegenüber 1990 sinken und bis zum Jahr 2050 soll Europa treibhausgasneutral zu sein [5]. Somit sind die Ziele deutlich gesteckt und die Maßnahmenpakete werden immer konkreter. Nachfolgend wird in diesem Referat auf die Bausteine Environmental, Social und Governance (ESG) und Taxonomie eingegangen und die dazugehörigen tangierenden Bereiche.

### 3. ESG

ESG steht für «Environmental, Social, and Governance», zu Deutsch «Umwelt, Soziales und Unternehmensführung». Es handelt sich dabei um drei zentrale Faktoren zur Messung der Nachhaltigkeit und ethischen Auswirkungen einer Investition in ein Unternehmen oder Geschäft. ESG-Kriterien werden immer häufiger von Investoren und Analysten herangezogen, um das langfristige, nicht nur finanzielle Potenzial von Unternehmen zu bewerten. Die Idee, dass Unternehmen soziale und umweltbezogene Verantwortung tragen und dass Investoren diese Aspekte in ihre Entscheidungsprozesse integrieren sollten, hat eine lange Geschichte. Der heutige ESG-Ansatz hat sich jedoch in den letzten Jahrzehnten entwickelt. Die Environmental (Umwelt) Kriterien bewerten, wie ein Unternehmen seine Umweltauswirkungen handhabt. Dazu gehört beispielsweise der Klimawandel. Dies umfasst sowohl die Treibhausgasemissionen eines Unternehmens als auch die Maßnahmen, die es ergreift, um diese zu reduzieren und sich an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen. Social (Soziales) Kriterien betrachten, wie ein Unternehmen mit Menschen interagiert – sowohl intern mit seinen Mitarbeitern als auch extern mit seinen Kunden, Lieferanten und der Gemeinschaft, in der es tätig ist (z.B. Arbeiterrechte: Dies umfasst faire Löhne, Arbeitszeiten, Gesundheit und Sicherheit sowie Respekt vor den Arbeitnehmerrechten.). Governance (Unternehmensführung) Kriterien betrachten, wie ein Unternehmen geleitet wird, insbesondere in Bezug auf Ethik, Rechenschaftspflicht und Transparenz. Beispielsweise gehört hierzu Unternehmensethik und Integrität: Dazu gehören Fragen wie Korruptionsbekämpfung und ethisches Geschäftsverhalten [6]. ESG ist die Struktur, welche sich durch alle Richtlinien und Pflichten der EU hindurchzieht und Rahmengeber für die Taxonomie. Der Europäische Green Deal und ESG sind zwei miteinander verbundene Konzepte, die darauf abzielen, den Übergang zu einer nachhaltigeren und klimaneutralen Wirtschaft zu beschleunigen.

Der Europäische Green Deal ist eine Initiative der Europäischen Union, die darauf abzielt, dass Europa bis 2050 keine Netto-Treibhausgase mehr ausstößt, und gleichzeitig die Wirtschaft anzukurbeln und das Wohlergehen der Bürger zu verbessern [7]. Die wichtigsten Ziele und Maßnahmen des Europäischen Green Deals sind [7]:

- Klimaneutralität bis 2050: Das Hauptziel ist die Erreichung der Klimaneutralität bis 2050, was bedeutet, dass die EU ihre Netto-Treibhausgasemissionen auf null reduziert.
- Investitionen: Die Strategie sieht umfangreiche Investitionen in umweltfreundliche Technologien und die Beseitigung von Umweltschäden vor. Der Europäische Green Deal Investitionsplan soll mindestens 1 Billion Euro an nachhaltigen Investitionen im nächsten Jahrzehnt mobilisieren.
- Biodiversität: Der Plan legt auch ein besonderes Augenmerk auf den Schutz der natürlichen Umwelt durch Initiativen wie die Biodiversitätsstrategie für 2030 und den «Von der Farm auf den Tisch»-Plan, der eine nachhaltige Lebensmittelproduktion fördern soll.
- Energie: Ein Übergang zu einer sauberen und kreislauforientierten Wirtschaft, wobei ein Schwerpunkt auf erneuerbaren Energien und Energieeffizienz liegt. Dies umfasst auch den Plan, die Energieunion zu vervollkommen und den Energiebinnenmarkt zu vertiefen.
- Verkehr: Die Förderung nachhaltiger Verkehrsmittel und die Verringerung der Verkehrsemissionen sind ebenfalls Schlüsselaspekte des Green Deals.
- Bauen und Renovieren: Ein «Renovierungswelle»-Initiative, die darauf abzielt, die Energieeffizienz von Gebäuden zu steigern und so den Energieverbrauch und die Emissionen zu reduzieren.
- Umweltverschmutzung: Eine «Null-Verschmutzungs»-Zielsetzung für Luft, Wasser und Boden.

- Gerechter Übergang: Ein Mechanismus für einen gerechten Übergang wurde vorgeschlagen, um Regionen zu unterstützen, die am stärksten von einem Übergang zu einer grünen Wirtschaft betroffen sind, z.B. Gebiete, die stark von Kohle und fossilen Brennstoffen abhängig sind.

Der Zusammenhang zwischen ESG und dem Europäischen Green Deal lässt sich wie folgt erklären:

- Environmental (Umwelt): Der «Environmental»-Teil von ESG überschneidet sich stark mit den Kernzielen des Green Deals. Beide betonen die Wichtigkeit von Klimaschutz, erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und Biodiversität.
- Social (Sozial): Während der Green Deal primär als eine umwelt- und klimafokussierte Initiative bekannt ist, hat er auch soziale Dimensionen. Er berücksichtigt die Schaffung von Arbeitsplätzen, den Übergang für Arbeitnehmer aus fossilen Industrien und die allgemeine Verbesserung des Lebensstandards der EU-Bürger.
- Governance (Unternehmensführung): Ein solider Governance-Rahmen ist für die erfolgreiche Umsetzung und das Monitoring von Initiativen im Zusammenhang mit Umwelt- und Sozialthemen unerlässlich.
- Finanzierung und Investition: Der Europäische Green Deal erfordert erhebliche Investitionen. ESG-orientierte Investitionsstrategien können dazu beitragen, Kapital in Projekte und Unternehmen zu lenken, die im Einklang mit den Zielen des Green Deals stehen. Gleichzeitig können Vorschriften und Anreize im Rahmen des Green Deals dazu führen, dass Investoren ESG-Kriterien noch stärker in ihre Anlageentscheidungen einbeziehen.
- Transparenz und Berichterstattung: Eine der Hauptforderungen im ESG-Bereich ist die Transparenz und Berichterstattung von Unternehmen über ihre ESG-Performance. Der Green Deal und damit verbundene Regulierungen wie die EU-Taxonomie erhöhen ebenfalls die Anforderungen an die Offenlegung und Berichterstattung für Unternehmen und Finanzinstitutionen.

Zusammengefasst, während der Europäische Green Deal eine umfassende politische Agenda und Strategie darstellt, um Europa grüner und nachhaltiger zu gestalten, dienen ESG-Faktoren als Werkzeuge und Kriterien, um die Nachhaltigkeitsleistungen von Unternehmen und Investitionen zu bewerten. Der Green Deal kann als ein Katalysator für die Stärkung von ESG-Praktiken und -Investitionen in Europa gesehen werden, da er den rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmen für nachhaltiges Handeln schafft.

Zur Förderung der Transparenz und Offenlegung von Informationen, hat die EU mit der Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) für Finanzmarktteilnehmer und die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) für Nicht-Finanzunternehmen weitere Werkzeuge umgesetzt. ESG, SFDR und CSRD sind drei wichtige Elemente im europäischen Kontext der nachhaltigen Finanzierung und Investition. Sie sind eng miteinander verbunden, da sie alle darauf abzielen, die Transparenz und Berichterstattung in Bezug auf nachhaltige und verantwortungsbewusste Geschäftspraktiken zu erhöhen. Die SFDR ist eine Verordnung der Europäischen Union, die Transparenzanforderungen für Finanzmarktteilnehmer und Finanzberater in Bezug auf Nachhaltigkeitsrisiken und -auswirkungen ihrer Finanzprodukte festlegt. Die SFDR, bekannt als Verordnung (EU) Nr. 2019/2088, ist ein rechtliches Instrument der EU, das Transparenzpflichten im Hinblick auf Nachhaltigkeit im Finanzdienstleistungssektor festlegt [8]. Sie setzt EU-weite Anforderungen für Finanzakteure und Berater bezüglich der Einbindung von Nachhaltigkeitsrisiken und der Berücksichtigung von negativen Nachhaltigkeitsfolgen in ihren Abläufen und in den bereitgestellten Informationen über Finanzprodukte (siehe Art. 1 SFDR). Diese Verordnung ist Teil des Aktionsplans 2018 der EU-Kommission zur Förderung nachhaltigen Wachstums und trat am 10. März 2021 in Kraft [8]. Mit der Einführung der SFDR Level 1 im März 2021 wurden die grundlegenden Elemente dieses Rahmens etabliert. Ab dem 1. Januar 2023 tritt SFDR Level 2 in Kraft, welches durch technische Regulierungsstandards (RTS) gekennzeichnet ist [9]. Diese bieten zusätzliche Richtlinien zur Darstellung und Methodik von Informationen. Große Investmentunternehmen mit über 500 Angestellten müssen jetzt dem «Comply

or Explain»-Prinzip folgen. Dies bedeutet, dass sie entweder die nachhaltigen Qualitäten ihrer Finanzprodukte klar darstellen oder alternativ angeben müssen, dass sie keine Nachhaltigkeitsrisiken berücksichtigt haben (weiter ausgebaut durch die Level-2-Standards RTS). Finanzfirmen sind verpflichtet, sowohl auf Unternehmens- als auch auf Produktebene zu berichten, wie sie Nachhaltigkeitsfaktoren in ihre Investitionsentscheidungen integrieren. Zudem müssen sie die negativen Effekte ihrer Entscheidungen auf die Nachhaltigkeit (bekannt als Principal Adverse Impacts on Sustainability oder PAIs) offenlegen. Diese PAIs umfassen Kernindikatoren sowie freiwillige Indikatoren in Bereichen wie CO<sub>2</sub>-Emissionen, Energie, Biodiversität, Wasser, Abfall und soziale Themen. Die Offenlegungen zu PAIs müssen online zugänglich gemacht werden. Spezifische ESG-Finanzprodukte (Artikel 8 und 9) unterliegen weiteren Offenlegungsanforderungen bezüglich ihrer ESG-Eigenschaften. In Berichten sollten diese Eigenschaften möglichst durch KPIs messbar gemacht oder gegen Benchmarks geprüft werden. Ab 2023 müssen Produkte mit umweltbezogenen Nachhaltigkeitsmerkmalen zusätzlich einen Bericht gemäß der EU-Taxonomie vorlegen. Eine zentrale Herausforderung ist dabei, die benötigten ESG-Daten zu ermitteln und zu beschaffen.

Die CSRD ist eine Richtlinie der Europäischen Union, die die Offenlegung von ESG-Themen vorschreibt. Sie steht in Verbindung mit anderen rechtlichen Rahmenbedingungen wie der EU-Taxonomie und der SFDR. Im Rahmen des Sustainable Finance Frameworks der EU werden durch die CSRD, die EU-Taxonomie und die SFDR Nachhaltigkeitsaspekte auf verschiedenen Ebenen festgelegt. Während SFDR sich auf die Offenlegung von Finanzprodukten konzentriert, konzentriert sich die CSRD auf die Unternehmen selbst. Sie fordert Unternehmen auf, genaue, relevante und umfassende Informationen über ihre ESG-Performance bereitzustellen. Der Hauptantrieb hinter der CSRD ist die Anerkennung, dass Investoren und andere Stakeholder klare, vergleichbare und konsistente Informationen über die Nachhaltigkeitspraktiken und -leistung von Unternehmen benötigen, um fundierte Entscheidungen treffen zu können [10]. Die nicht-finanzielle Berichterstattung ist im Jahr 2023 für KMUs nicht vorgeschrieben und kann auf freiwilliger Basis geschehen. Ab dem Jahr 2024 müssen dann börsennotierte Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeiter verpflichtend reporten. Im darauffolgenden Jahr erfolgt dann die nächste Stufe. Wenn mindestens zwei der drei nachfolgenden Kriterien zutreffen, ist ein Unternehmen Reportingpflichtig

- Mehr als 250 Mitarbeiter
- Umsatz von mehr als 40 Mio. €
- Bilanzsumme von mehr als 20. €

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle vier Werkzeuge (ESG, Green Deal, SFDR, CSRD) darauf abzielen, die Transparenz im Bereich der nachhaltigen Finanzierung zu erhöhen und Investoren, Kunden und der breiteren Öffentlichkeit klarere Informationen über die ESG-Performance von Unternehmen und Finanzprodukten zu liefern. Die Informationen, die Unternehmen durch die CSRD bereitstellen, können von Finanzmarktteilnehmern genutzt werden, um ihre Offenlegungspflichten gemäß SFDR zu erfüllen. Das wiederum informiert Investoren darüber, wie ESG-Kriterien in Investitionsentscheidungen und Finanzprodukten berücksichtigt werden. Sowohl die SFDR als auch die CSRD verstärken den Druck auf Unternehmen, verantwortungsbewusster zu handeln, ihre ESG-Performance zu verbessern und transparent über ihre Bemühungen in diesem Bereich zu berichten.

Bezogen auf den Hochbau, kann aktuell (Stand: 10.2023) lediglich das «E» standardisiert bewertet werden. Hierzu liegt die Taxonomie vor. Für die Bereiche «S» und «G» gibt es noch keine definierten Kriterien, bzw. Taxonomie.

## 4. Taxonomie

Die EU-Taxonomie ist ein Rahmenwerk, das von der Europäischen Union entwickelt wurde, um festzulegen, welche wirtschaftlichen Aktivitäten als ökologisch nachhaltig gelten können. Es ist ein wichtiges Instrument der EU, den Übergang zu einer nachhaltigeren Wirtschaft zu fördern und Investitionen in umweltfreundliche Technologien und Projekte zu steuern. Die Hauptabsicht der Taxonomie ist es, ein einheitliches Klassifikationssystem zu schaffen, um Investoren, Unternehmen und Stakeholdern zu helfen, wirtschaftliche Aktivitäten zu identifizieren, die als ökologisch nachhaltig betrachtet werden können [11]. Somit

stellt die Taxonomie keine Steuer oder ähnliches dar. Sie definiert einheitliche «Spielregeln» im Bezug auf das Thema nachhaltige Wirtschaftsaktivität. Die Taxonomie legt Kriterien für sechs übergeordnete Umweltziele fest [12]:

- Klimaschutz – Minderung des Klimawandels
- Anpassung an den Klimawandel
- Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen
- Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, Abfallvermeidung, Recycling
- Vermeidung und Verringerung der Umweltverschmutzung
- Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und Ökosysteme

Für eine wirtschaftliche Tätigkeit, um als ökologisch nachhaltig gemäß der Taxonomie zu gelten, muss sie zu mindestens einem dieser Ziele beitragen, ohne die anderen signifikant zu beeinträchtigen. Die EU entwickelt technische Bewertungskriterien für verschiedene Wirtschaftssektoren (z.B. Baugewerbe und Immobilien), um festzulegen, welche Aktivitäten die Umweltziele erfüllen. Neben dem positiven Beitrag zu einem der Umweltziele dürfen die Aktivitäten keinen signifikanten Schaden in Bezug auf die anderen Umweltziele verursachen – s.g. «Do No Significant Harm» (DNSH) Prinzip. Mit der Implementierung der Taxonomie gehen auch Offenlegungspflichten einher. Unternehmen und Finanzmarktteilnehmer werden dazu verpflichtet, Informationen darüber offenzulegen, wie und in welchem Umfang ihre Aktivitäten und Investitionen mit der Taxonomie vereinbar sind. Neben der Wirtschaftsaktivität Baugewerbe und Immobilien gibt es noch weitere wie z.B. Energiesektor. Auch hier gibt es eine Taxonomie. Im weiteren Verlauf wird jedoch nur auf das Baugewerbe eingegangen.

Innerhalb der Wirtschaftsaktivität Baugewerbe und Immobilien wird zwischen verschiedenen Tätigkeiten unterschieden [12]:

- Neubau
- Renovierung bestehender Gebäude
- Installation, Wartung und Reparatur von energieeffizienten Geräten
- Installation, Wartung und Reparatur von Ladestationen für Elektrofahrzeuge in Gebäuden (und auf zu Gebäuden gehörenden Parkplätzen)
- Installation, Wartung und Reparatur von Geräten für die Messung, Regelung und Steuerung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- Installation, Wartung und Reparatur von Technologien für erneuerbare Energien
- Erwerb von und Eigentum an Gebäuden

Jeder Tätigkeit werden jeweils Anforderungen zugeordnet. Aufgrund der sehr umfangreichen Anforderungen und zur Verdeutlichung der Taxonomie, wird nachfolgend nur auf das Thema «Neubau» eingegangen (siehe nachfolgende Abbildung).

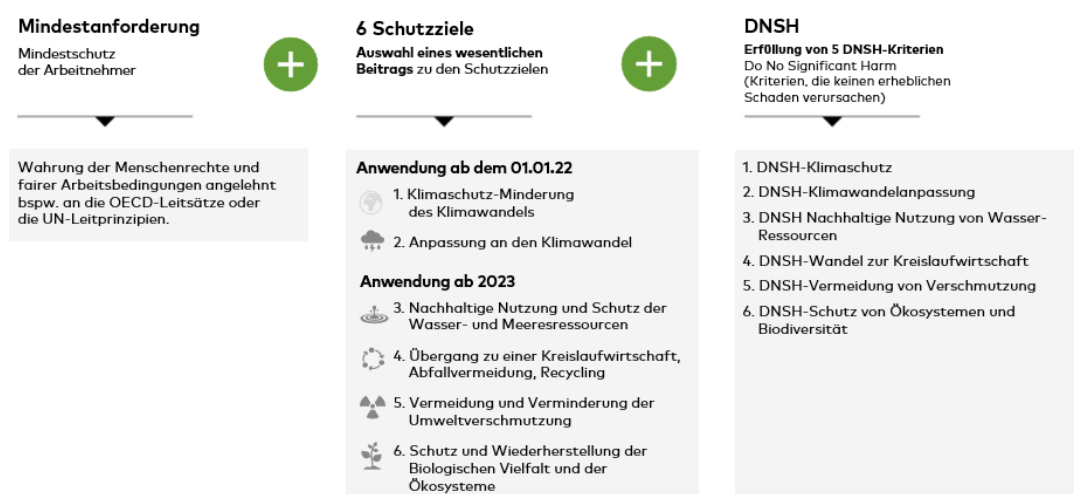


Abbildung 1: Umsetzung der EU-Taxonomie für das «E» in ESG [Eigene Darstellung]

Die EU-Taxonomie ist ein zentrales Element des Sustainable Finance Action Plan der EU. Der EU-Aktionsplan für nachhaltiges Wachstum ist Teil der Bemühungen der Europäischen Union, eine nachhaltigere Wirtschaft zu fördern und die EU in Einklang mit den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen zu bringen. Dieser Aktionsplan zielt darauf ab, Finanzmittel in nachhaltigere Wirtschaftsaktivitäten zu lenken und so eine wirtschaftliche Transformation zu unterstützen, die sowohl umweltfreundlich als auch sozial gerecht ist [13]. Erfüllen Wirtschaftsaktivitäten die Bewertungskriterien (substanzieller Beitrag zu einem Schutzziel, keine Beeinträchtigung der anderen Schutzziele, Einhaltung soziale Mindeststandards) gelten sie als taxonomikonform.

Momentan (Stand 10.2023) können für den Hochbau drei Schutzziele verfolgt werden:

- Klimaschutz – Minderung des Klimawandels
- Anpassung an den Klimawandel
- Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, Abfallvermeidung, Recycling

In der nachfolgenden Abbildung sind die jeweiligen Kriterien zu dem jeweiligen Schutzziel aufgezeigt.

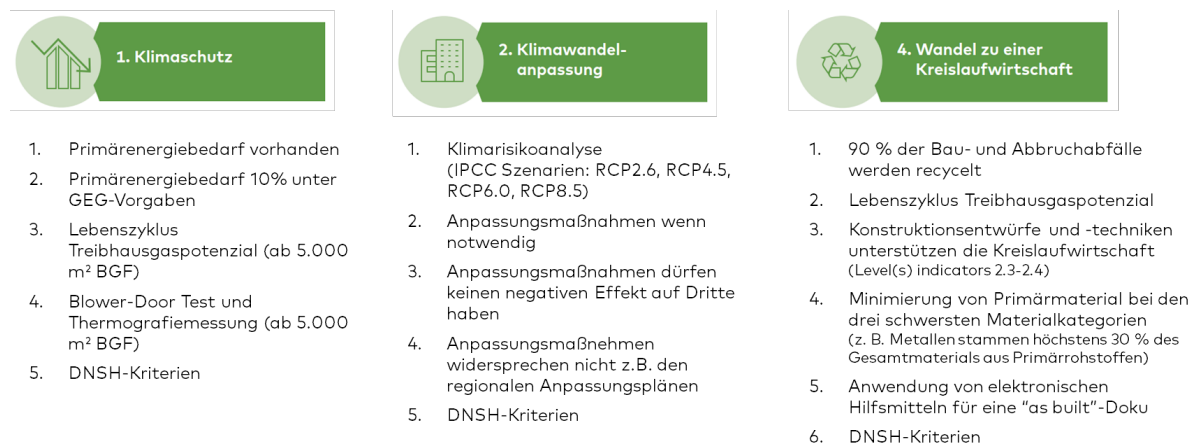


Abbildung 1: Schutzziele und die jeweiligen Kriterien für den Hochbau (Neubau) [Eigene Darstellung]

Die Taxonomie ist auch elementar für die Offenlegung und das Reporting (SFDR & CSRD). Die EU-Taxonomie legt den Grundstein für das Verständnis und die Definition dessen, was in der EU als «nachhaltige» wirtschaftliche Aktivität gilt. Die SFDR nutzt diese Definition, um sicherzustellen, dass Finanzprodukte, die behaupten, nachhaltig zu sein, tatsächlich nachhaltige Investitionen enthalten, die den Kriterien der EU-Taxonomie entsprechen. Finanzmarktteilnehmer müssen unter anderem offenlegen, welcher Anteil Taxonomie konform ist und welcher nicht. Die CSRD stellt sicher, dass Unternehmen genügend Informationen bereitstellen, damit Investoren und andere Stakeholder beurteilen können, ob die Geschäftspraktiken und -aktivitäten eines Unternehmens tatsächlich nachhaltig sind und ob sie den Kriterien der EU-Taxonomie entsprechen. Unternehmen müssen offenlegen wie groß der Anteil von CapEx, OpEx und Umsatz der Taxonomie entsprechen.

## 5. Fazit & Ausblick

Die EU-Taxonomie und ESG repräsentieren entscheidende Instrumente und Kriterien, die die Transformation hin zu einer nachhaltigeren und verantwortungsvolleren Finanz- und Wirtschaftswelt leiten. Während ESG eine breite Palette von Nachhaltigkeitskriterien abdeckt, die Unternehmen und Investoren in ihre Entscheidungsprozesse integrieren sollten, bietet die EU-Taxonomie eine klar definierte und standardisierte Klassifizierung darüber, was als «nachhaltig» betrachtet wird. Zusammen legen sie den Grundstein für transparentere, verantwortungsvollere und nachhaltigere Geschäftspraktiken und Investitionsentscheidungen in der gesamten Europäischen Union.

Mit der Einführung und Umsetzung der EU-Taxonomie und der verstärkten Integration von ESG-Kriterien in Geschäfts- und Investitionsentscheidungen ist es wahrscheinlich, dass:

- Mehr Transparenz und Standardisierung: Es wird eine deutlichere Standardisierung und Klarheit darüber geben, was in der EU als «nachhaltig» betrachtet wird, wodurch das Risiko von «Greenwashing» reduziert wird – also das Phänomen, dass Unternehmen sich fälschlicherweise oder übertrieben als «grün» oder «nachhaltig» darstellen.
- Förderung nachhaltiger Investitionen: Mit klareren Richtlinien und Anforderungen wird erwartet, dass mehr Kapital in nachhaltige Investitionen fließt, die echte positive ökologische und soziale Auswirkungen haben.
- Risikominimierung: Unternehmen und Investoren, die ESG-Faktoren in ihre Strategien und Prozesse integrieren, könnten besser positioniert sein, um langfristige Risiken zu managen und potenzielle Geschäftschancen in einer sich wandelnden Welt zu nutzen.
- Stärkung des Verbrauchervertrauens: Durch transparentere Berichterstattung und klare Kriterien könnten Verbraucher und Investoren mehr Vertrauen in Unternehmen und Produkte haben, die sich als nachhaltig bezeichnen.
- Weitere Entwicklungen: Da die Auswirkungen des Klimawandels und soziale Fragen immer dringlicher werden, könnten weitere Initiativen und Anpassungen an den Rahmenwerken erwartet werden, um sicherzustellen, dass die EU und ihre Wirtschaftsakteure auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Zukunft bleiben.

Zusammengefasst befindet sich die europäische Wirtschaft in einer Phase der Transformation. Die EU-Taxonomie und ESG werden in den kommenden Jahren wohl entscheidende Rollen spielen, um diese Transformation zu leiten und eine resilientere, inklusivere und nachhaltigere Zukunft für alle zu gestalten.

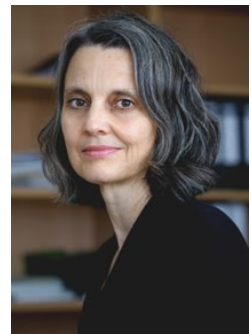


## 6. Literaturangaben

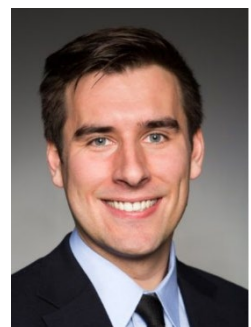
- [1] Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A. u. Aranda Usón, A.: Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment* 46 (2011) 5, S. 1133–1140
- [2] 2019 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector, Global Alliance for Buildings and Construction, 2019
- [3] Geschäftsstelle Expertenrat für Klimafragen: Zweijahresgutachten 2022
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), [www.bmub.bund.de](http://www.bmub.bund.de): Übereinkommen von Paris
- [5] Europäische Union: VERORDNUNG (EU) 2021/1119 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 («Europäisches Klimagesetz»). 2021
- [6] BaFin: Verbraucher – Was ist mit ESG konkret gemeint? Und was hat die Taxonomie für nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten damit zu tun?, 2023. [https://www.bafin.de/Shared-Docs/FAQs/DE/Verbraucher/NachhaltigeGeldanlage/01\\_esg.html](https://www.bafin.de/Shared-Docs/FAQs/DE/Verbraucher/NachhaltigeGeldanlage/01_esg.html), abgerufen am: 02.10.2023
- [7] European Commission: A European Green Deal, 2023. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en), abgerufen am: 02.10.2023
- [8] Europäische Union: VERORDNUNG (EU) 2019/2088 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. November 2019 über nachhaltigkeitsbezogene Offenlegungspflichten im Finanzdienstleistungssektor (2019)
- [9] S.A., C.: Die Europäische Offenlegungsverordnung – Level 2: Neue Anforderungen an Art. 8 und Art. 9 Fonds ab dem 1. Januar 2023 | FONDSTRENDS, 2022. <https://www.fondstrends.lu/geld-und-markt/die-europaeische-offenlegungsverordnung-level-2-neue-anforderungen-an-art-8-und-art-9-fonds-ab-dem-1-januar-2023/>, abgerufen am: 02.10.2023
- [10] Europäische Union: RICHTLINIE (EU) 2022/2464 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (2022)
- [11] Bundesumweltministeriums: EU-Taxonomie und die rechtliche Grundlage- BMUV – Cluster, 2023. <https://www.bmuv.de/faqs/taxonomie-und-die-rechtliche-grundlage>, abgerufen am: 02.10.2023
- [12] Europäische Union: ANHANG der Delegierten Verordnung (EU) .../... der Kommission zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung der technischen Bewertungskriterien, anhand deren bestimmt wird, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass eine Wirtschaftstätigkeit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel leistet, und anhand deren bestimmt wird, ob diese Wirtschaftstätigkeit erhebliche Beeinträchtigungen eines der übrigen Umweltziele vermeidet. ANNEX 2
- [13] Europäische Union: Renewed sustainable finance strategy and implementation of the action plan on financing sustainable growth, 2018. [https://finance.ec.europa.eu/publications/renewed-sustainable-finance-strategy-and-implementation-action-plan-financing-sustainable-growth\\_en#documents](https://finance.ec.europa.eu/publications/renewed-sustainable-finance-strategy-and-implementation-action-plan-financing-sustainable-growth_en#documents), abgerufen am: 02.10.2023

# Aufstockung statt Abriss – ein Beitrag zum Klimaschutz durch Holzbau

Annette Hafner  
Ruhr-Universität Bochum - Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen  
Bochum, Deutschland



Michael Storck  
Ruhr-Universität Bochum - Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen  
Bochum, Deutschland





# Aufstockung statt Abriss – ein Beitrag zum Klimaschutz durch Holzbau

## 1. Einleitung

Aufstockungsmaßnahmen stellen eine sinnvolle Möglichkeit dar ressourcenschonend mit Bestandsgebäuden umzugehen und dringend benötigten Bedarf an Wohnraum in bereits dicht bebauten Flächen zu schaffen. Durch seine Eigenschaften können sich für den Holzbau Potentiale im Bereich der Aufstockung von Gebäuden ergeben.

Der Umgang mit Bestandsstrukturen stellt sich als größter Hebel zur Erreichung der Klimaschutzziele im Gebäudebereich dar. So zeigt sich, dass EU-weit etwa 80 % der heute existierenden Gebäude auch 2050 noch existieren werden. [1] Die Reduktion der Emissionen kann aus Sicht des Klimaschutzes vor allem durch energetische Sanierung des Bestands erreicht werden. Hierbei ergibt sich, dass durch Sanierung und entsprechende Weiternutzung der Lebenszyklus von bereits errichteten Strukturen ohne weitere Emissionsentwicklung genutzt werden kann, was in einem Vergleich zu Neubauten zu einer Ersparnis an materialbedingten Emissionen führt. Darüber hinaus werden weitere Ziele wie etwa einer Flächenneutralität bis zum Jahr 2050 angestrebt, während, insbesondere in den innerstädtischen Bereichen, dringend weitere Wohnungen benötigt werden.

Aufstockungsmaßnahmen können hierzu aus Gesichtspunkten des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung drei allgemeine Vorteile erzeugen:

- Reduzierung des Flächenverbrauchs
- Mit der Aufstockungsmaßnahme energetische Sanierung des Bestands
- Weiternutzung von Bestandsstrukturen

In zwei Studien wurden allgemeine Potentiale zur Schaffung von Wohnraum durch Aufstockungsmaßnahmen erarbeitet. Hierbei ergab sich ein Potential von etwa 1,1 – 1,5 Mio. Wohneinheiten durch Aufstockung von Wohngebäuden in innerstädtischen Bereichen mit erhöhter Nachfrage nach Wohnraum. [2] Weitere 2,3 – 2,7 Mio. Wohnungen sind darüber hinaus in urbanen Lagen durch Aufstockung und Umnutzungen von Nichtwohngebäuden möglich. [3]

## 2. Holzbau in der Aufstockung

Gerade für den Holzbau kann das Thema der Aufstockung von Gebäudebeständen eine Zukunftsaufgabe sein, da sich die Vorteile des Holzbaus hier gut umsetzen lassen. Für den Holzbau ergeben sich durch sein geringes Gewicht, die große Tragfähigkeit, die guten Wärmedämmeigenschaften und Vorfertigung Vorteile im Bereich Sanierung / Umbau / Anbau und oder Aufstockungen.

Gleichzeitig müssen für die Errichtung von Aufstockungsmaßnahmen eine Reihe an Voruntersuchungen des Bestands durchgeführt werden, etwa zu statischen Lastreserven, baurechtlichen Anforderungen, zum Vorhandensein von Schadstoffen oder zum möglichen Wegfall des Bestandsschutzes. Im Rahmen des Forschungsvorhabens «Leitlinie zur Vereinfachung der Planung und Durchführung von Aufstockungs-/Erweiterungsmaßnahmen als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen» [4] wurden typische Problematiken bei der Planung und Durchführung von Aufstockungsmaßnahmen analysiert und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt.

In einem kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekt «Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen (HolzAuf)» wurde dargestellt welche konstruktiven Lösungen es für typische Anschlussmöglichkeiten von Holzbauteilen auf Bestandsstrukturen gibt und typische Aufstockungskonstruktionen in Holzbauweise erarbeitet und ökologisch bewertet. [5] Die erarbeiteten Konstruktionen sind im frei zugänglichen Ökobilanz-Tool eLCA des Bundesinstituts für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR) veröffentlicht.

Im Rahmen der Forschungsprojektarbeit wurde eine Analyse tatsächlich durchgeführter Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass die meisten Aufstockungsmaßnahmen in Großstädten und Ballungsgebieten durchgeführt werden.

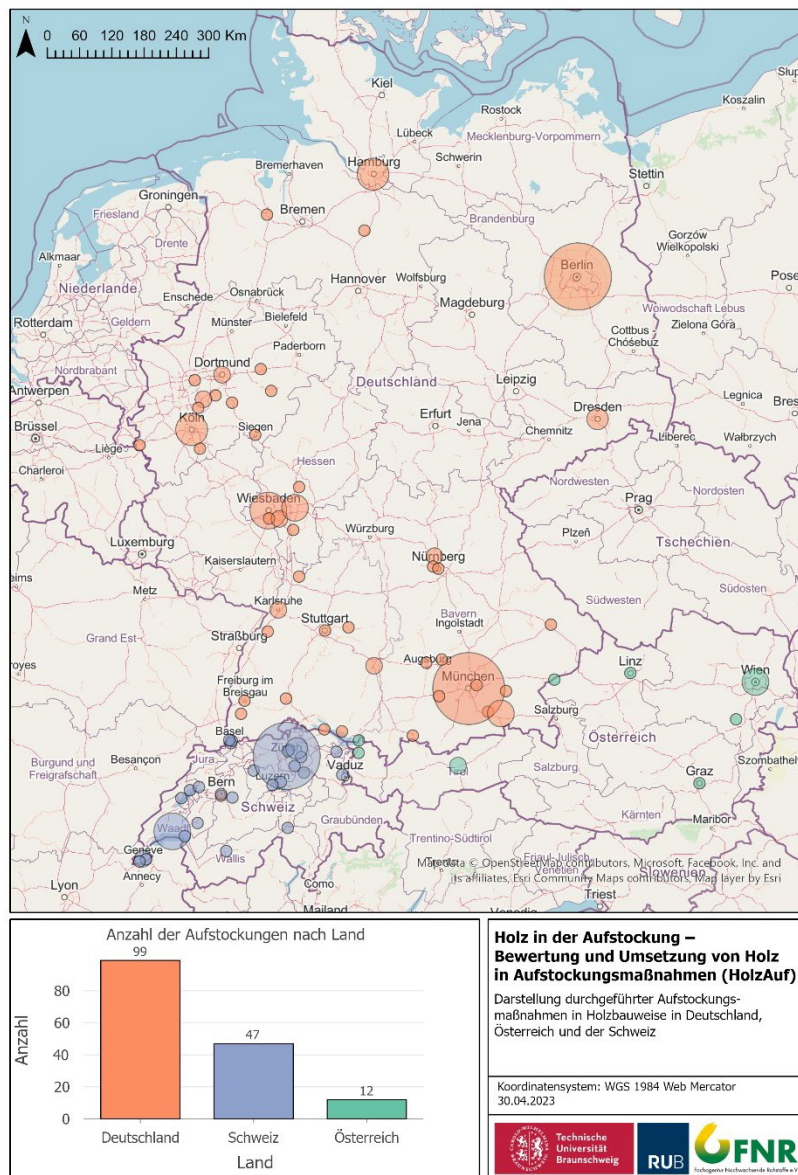


Abbildung 1: Karte mit Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise für den DACH-Raum

Neben konstruktiven und bauphysikalischen Eigenschaften ergeben sich für Aufstockungen in Holzbauweise Vorteile durch die Bindung von Kohlenstoff in Bauteilen, wodurch das Gebäude als temporärer Speicher von Kohlenstoff dienen kann.

### 3. Ökobilanzen für Aufstockung und Sanierung

Durch Ökobilanzen können systematisch Umweltwirkungen von Produktsystemen über den Lebenszyklus dargestellt werden. Die Systematik zur Bewertung von Umweltwirkungen im Gebäudebereich ist vor allem für den Fall des Neubaus ausgelegt und wird in der Normierung nach DIN EN 15978 normativ geregelt. [6] Über Anpassungen kann die Bewertung auch für Bestandsumbaumaßnahmen verwendet werden. Hierzu muss neben betrieblichen Emissionen etwa durch Heizung und Warmwasserbereitung auch die durch Materialien ausgelösten Emissionen und weiteren Umweltwirkungen bestimmt werden. Die Bewertung geschieht über Lebenszyklusmodule welche den Lebenszyklus des Gebäudes in bestimmte Abschnitte wie Herstellungsphase (Modul A), Nutzungsphase (Modul B) und Entsorgungs-

phase (Modul C) aufteilen. Darüber hinaus können Gutschriften außerhalb der Systemgrenzen weitere Vorteilhaftigkeiten durch Wieder-/Weiterverwendung beschreiben (Modul D). Ökobilanzergebnisse werden auf Grundlage von Datensätzen ermittelt, in Deutschland wird in der Regel die Datenbank Ökobau.dat des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen verwendet. [7] Ökobilanzergebnisse werden durch verschiedene Wirkungskategorien dargestellt. Vor allem die Berechnung von Treibhausgasäquivalenten als Globales Erwärmungspotential (Global Warming Potential (GWP)) hat sich als ein wichtiger Indikator für Ökobilanzergebnisse etabliert.

Für Aufstockungs- und Sanierungsmaßnahmen müssen die für den Fall eines Neubaus entstandenen Rechenregeln angepasst werden. In verschiedenen Forschungsvorhaben wurde hierzu eine entsprechende nach DIN 15978 Normkonforme Systematik zur Bewertung von Aufstockungs- und Sanierungsmaßnahmen entwickelt, die in Abbildung 3 dargestellt ist.

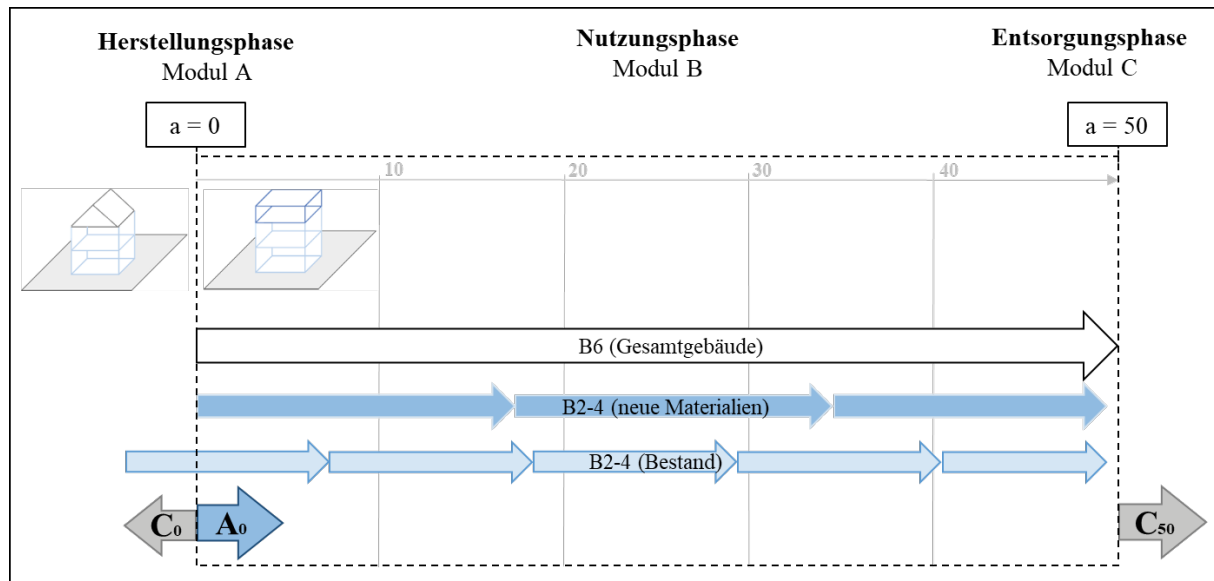


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Lebenszyklusmodulanpassungen zur ökologischen Bewertung von Aufstockungs- und Sanierungsmaßnahmen [8]

Es ergibt sich die Besonderheit, dass das Produktsystem «Gebäude» nicht erst hergestellt werden muss, sondern Bestandsbauteile teilweise zurückgebaut werden müssen, wie etwa der Dachstuhl, und Bestandsbauteile im Gebäude verbleiben, wie etwa tragenden Innen- und Außenwände. Neu hinzukommende Materialien, wie die Aufstockungskonstruktionen oder Dämmungen werden dem System wie Neubauteile hinzugefügt und entsprechend bilanziell bewertet. Es wird angenommen, dass der Lebenszyklus einer Weiternutzung des Gebäudes von 50 Jahren entspricht.

Durch die Weiternutzung von Bestandsstrukturen ergibt sich die Vorteilhaftigkeit gegenüber einer Abriss- und Neubauvariante. Großflächige Strukturen wie Bestandsdecken oder Wände können ohne Herstellungsaufwendungen vom Gebäude genutzt werden. Die aus dem Bestand kommenden «grauen» Umweltwirkungen und Emissionen können dementsprechend im Vergleich zu einem Referenzfall Abriss-Neubau Vorteile ergeben. Dies soll als Vergleichsrechnung zwischen Aufstockung und Abriss-Neubau im folgenden Kapitel dargestellt werden.

## 4. Ökobilanzvergleich Abriss-Neubau gegenüber Aufstockung

### 4.1. Beschreibung des Vergleichs

Auf Grundlage der zuvor vorgestellten Ökobilanzsystematik wird eine Aufstockungsmaßnahme mit einer fiktiven Abriss-Neubau-Variante verglichen. Hierzu wurden zunächst sämtliche Massen ermittelt und mit den Datensätzen der ÖkobaDat und den zugehörigen angepassten Lebenszyklusmodulen verknüpft. Für die Abriss-Neubau Variante wurde angenommen, dass das gesamte Gebäude inklusive der Fundamentierung zunächst zurückgebaut wird und an gleicher Stelle in gleicher Größe und Kubatur wie die Aufstockungsvariante neu errichtet wird. Neben der Betrachtung der durch Materialien ausgelösten Emissionen sollte auch der Frage nachgegangen werden inwieweit die Reduktion von betrieblichem Energieverbrauch durch einen besseren Wärmedämmstandard des Neubaus mögliche Vorteile aus Materialemissionen über den Betrachtungszeitraum amortisieren kann. Als Neubauvariante wurden typische Konstruktionen eines heutigen Neubaus (Effizienzhaus 55 in massiver Bauweise) gewählt und bewertet. Weiche Faktoren wie die bessere Ausnutzung von Flächen oder soziale Faktoren wie Barrierefreiheit im Neubau wurden nicht berücksichtigt, stellen aber für Planende ebenfalls Entscheidungsfaktoren dar. Die Aufstockung wurde auf Basis von einer tatsächlich durchgeführten Maßnahme bewertet. Das aufgestockte Gebäude stammt aus den 1950er Jahren und wurde neben der Schaffung der Aufstockung durch Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems energetisch saniert. Die Konstruktionen der Aufstockung sind vorgefertigte Ziegelwände, Trockenbauwände im Innenbereich und eine Flachdachkonstruktion in Holzbauweise. Beide Gebäude werden mit Fernwärme beheizt, Nutzerstromverbräuche wurden nicht berücksichtigt.

### 4.2. Ergebnisse Aufstockung gegenüber Abriss-Neubau

Die Ergebnisse des Vergleiches zwischen Aufstockung und Abriss-Neubauvarianten sind in Abbildung 3 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Aufstockungsvariante sowohl im Bereich der Herstellung als auch über den gesamten Lebenszyklus weniger Emissionen verursacht als die untersuchte Abriss-Neubau Variante. Insbesondere die Einsparungen zum Zeitpunkt der Herstellung als Differenz in Höhe von  $4,77 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2\text{BGF}\cdot\text{a}$  trägt maßgeblich zum besseren Gesamtergebnis bei. Die hier eingesparten Emissionen verdeutlichen die Vorteile der Weiternutzung von Bestandsstrukturen im Vergleich zum Abriss-Neubau. Über den Lebenszyklus werden verschiedene Materialien in beiden Konstruktionen instandgesetzt, dies zeigt sich in kleineren Sprüngen der Emissionsentwicklung, beispielsweise im Jahr 2052. Die betrieblichen Emissionen zur Heizung und Warmwasserbereitung werden über 50 Jahre bemessen und ergeben eine leichte Einsparung zugunsten der Neubauvariante, welche sich auf  $0,29 \text{ kgCO}_2\text{-Äq./m}^2\text{BGF}\cdot\text{a}$  beläuft. Es ist anzumerken, dass es sich hierbei um eine relativ intensive energetische Sanierung des Bestandsgebäudes bei gleichzeitig geringem Emissionsfaktor der Fernwärme handelt. Der Einfluss des betrieblichen Energieeinsatzes (Modul B6) kann hier je nach Untersuchungsgegenstand deutlich höher ausfallen. Am Ende des Lebenszyklus werden beide Vergleichsgebäude rechnerisch zurückgebaut, die entstehenden Emissionen sind für das Jahr 2072 dargestellt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Aufstockungsvariante im Bereich der Betrachtung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen deutliche Vorteile aufzeigt. Insbesondere durch Weiternutzung von bestehenden Gebäudeteilen und entsprechendem Wegfall des Abrisses und Neu-Herstellung dieser Materialien. Anzumerken ist, dass es sich bei beiden Berechnungsvergleichen um zwei Beispiele mit entsprechenden Vorgaben handelt. Weitere Untersuchungen können die dargestellten Ergebnisse verifizieren. Ebenfalls kann auf Grundlage der Ergebnisse keine abschließende Aussage zur allgemeinen Vorteilhaftigkeit einer Variante über die andere getätigt werden. Es ist in Zukunft zu empfehlen, die durch Weiternutzung eingesparten Materialemissionen bei der Entscheidungsfindung Abriss-Neubau gegenüber Sanierung/Aufstockung mit zu berücksichtigen.



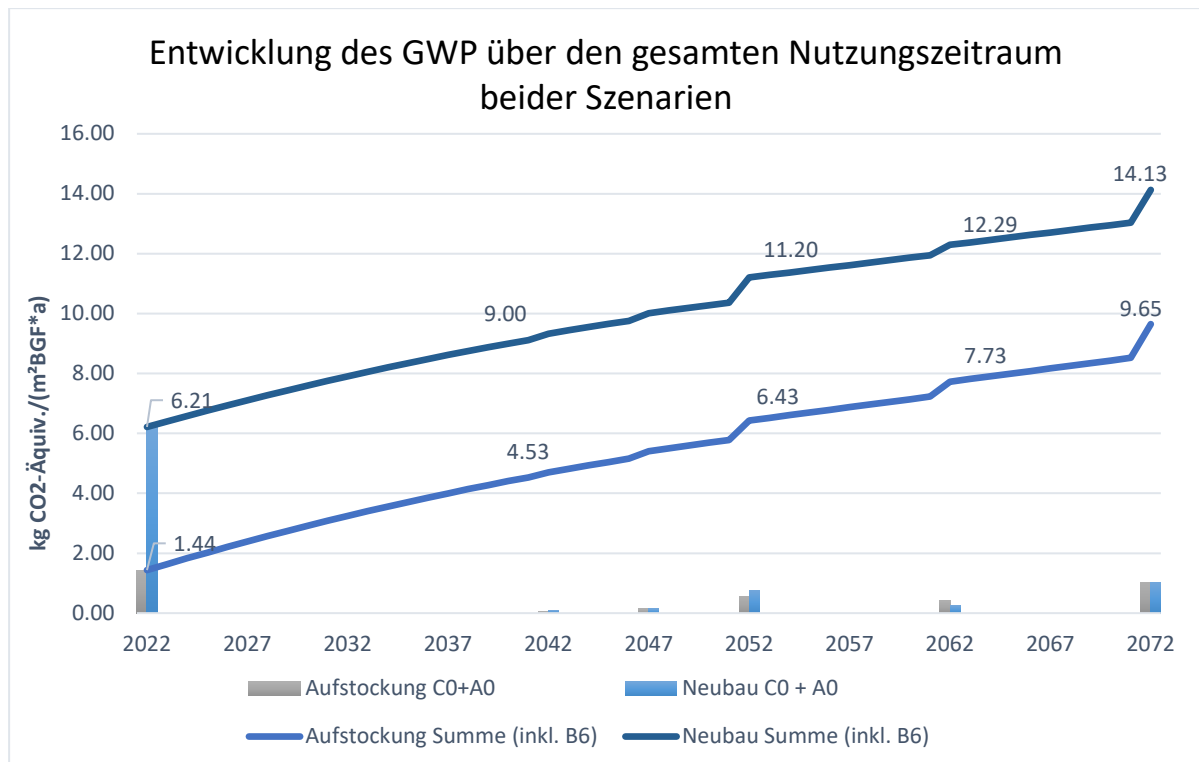


Abbildung 3: Emissionsentwicklung beider Maßnahmen über den Lebenszyklus nach [8]

Neben der Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde ebenfalls der Vergleich von Lebenszykluskosten als ökonomische Nachhaltigkeitsbetrachtung in [8] untersucht. Es ergibt sich für die vorgestellte Untersuchung, dass durch die Weiternutzung von Bestandsbauteilen etwa die Hälfte an Lebenszykluskosten im Vergleich zum Falle eines Abrisses und Neubaus entstehen.

## 5. Fazit

Es zeigt sich, dass zur Erreichung der Klimaschutzziele ein sinnvoller Umgang mit bestehenden Gebäuden unumgänglich ist. Eine Möglichkeit des Bestandsumgangs stellen Aufstockungen von Bestandsgebäuden dar. Hierdurch entstehen Vorteilhaftigkeiten durch Weiternutzung von bestehenden Strukturen, Schaffung von Wohnraum ohne weiteren Flächenverbrauch und eine häufig mit der Aufstockung einhergehende Sanierung des Bestands. Insbesondere für den Bereich Holzbau lassen sich materialbedingte Vorteile bei Aufstockungsmaßnahmen umsetzen und Potentiale realisieren.

Die ökologische Vorteilhaftigkeit von Aufstockungsmaßnahmen im Vergleich zu einem Abriss-Neubau-Fall ergibt sich zu großen Teilen durch die Weiternutzung von Bestandsbauteilen. Hierbei können Materialien ohne weitere Emissionen weiterverwendet werden. Die ökologische Bewertung von Sanierungs- und Aufstockungsmaßnahmen kann über ein angepasstes Vorgehen der Lebenszyklusanalyse berechnet werden. Hierbei müssen die Besonderheiten des Zusammenkommens von Bauteilen aus unterschiedlichen Zeitpunkten beachtet werden.

Für den hier dargestellten Vergleich einer durchgeführten Aufstockungsmaßnahme gegenüber einer fiktiven Abriss-Neubau Variante ergibt sich eine deutliche Einsparung der Emissionen über den Lebenszyklus. Insbesondere die Einsparungen der Herstellung beeinflussen das Gesamtergebnis.

Zur besseren Einschätzbarkeit sollten in Zukunft weitere Berechnungen mit anderen Randbedingungen durchgeführt werden. Eine abschließende Aussage zur Vorteilhaftigkeit von Aufstockung gegenüber Abriss und Neubau kann nicht getätigt werden. Da das Ergebnis von einer Vielzahl an Faktoren, beispielsweise dem energetischen Standard der Sanierung abhängt. Dennoch sollte die Weiternutzung von bestehenden Bauteilen in zukünftigen Vergleichen zwischen Sanierung und Aufstockung gegenüber einem Abriss- und Neubau mitberücksichtigt werden.

## 6. References

- [1] The Royal Academy of Engineering. Engineering a low carbon built environment: The discipline of Building Engineering Physics. London 2010.
- [2] Tichelmann, Groß. Deutschland-Studie 2015 – Wohnraumpotentiale durch Aufstockungen. Darmstadt 2015.
- [3] Tichelmann, Blome, Ringwald. Deutschlandstudie 2019 – Wohnraumpotentiale in urbanen Lagen: Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden. Darmstadt 2019.
- [4] Fath M, Storck M, Kurzer C, et al. Leitlinie zur Vereinfachung der Planung und Durchführung von Aufstockungs-/Erweiterungsmaßnahmen als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2019.
- [5] Storck M, Fath M, Hafner A, Sieder M. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben – Holz in der Aufstockung – Bewertung und Umsetzung von Holz in Aufstockungsmaßnahmen (in Veröffentlichung). Gülzow 2023.
- [6] DIN-Normenausschuss im Bauwesen (NABau). Entwurf DIN EN 15978-1 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden Teil 1: Umweltqualität. Berlin: Beuth Verlag; 2021.
- [7] Bundesministerium für Wohnung, Stadtentwicklung und Bauwesen. ÖKOBAUDAT – Version nach EN 15804+A1; 2021 [cited 2023 June 6]  
Available from: URL: [https://www.oekobaudat.de/no\\_cache/datenbank/suche.html](https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html).
- [8] Storck M, Hafner A. Aufstockung versus Abriss und Neubau – Vergleich von ökologischen und ökonomischen Auswirkungen – Bauphysik Kalender 2023. Wiley; 2023.

# **QNG – Paradigmenwechsel in der Bauförderung**

Holger König  
Ascona GbR  
Gröbenzell, Deutschland





# QNG-Beispiel eines Gebäudes

## 1. Anwendung der Ökobilanz in Deutschland

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

### Entwicklung der Nachhaltigkeitsnormen



Abbildung 1-1: Normenentwicklung für Ökobilanzen

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

### Zertifizierungssysteme in Deutschland– 2006-2009-2015



Copyright LEGEP Software GmbH 85757 Karlsfeld Moosweg 9 [www.legep.de](http://www.legep.de) [info@legep.de](mailto:info@legep.de)

Abbildung 1-2: Zertifizierungssysteme in Deutschland

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

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

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

Der Primärenergiebedarf wird unterteilt in «erneuerbar» und «nicht erneuerbar», die Wirkungsbilanz auf die Umwelt wird mit fünf oder mehr Indikatoren nachgewiesen, der bekannteste Indikator ist das Klimagaspotenzial in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

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

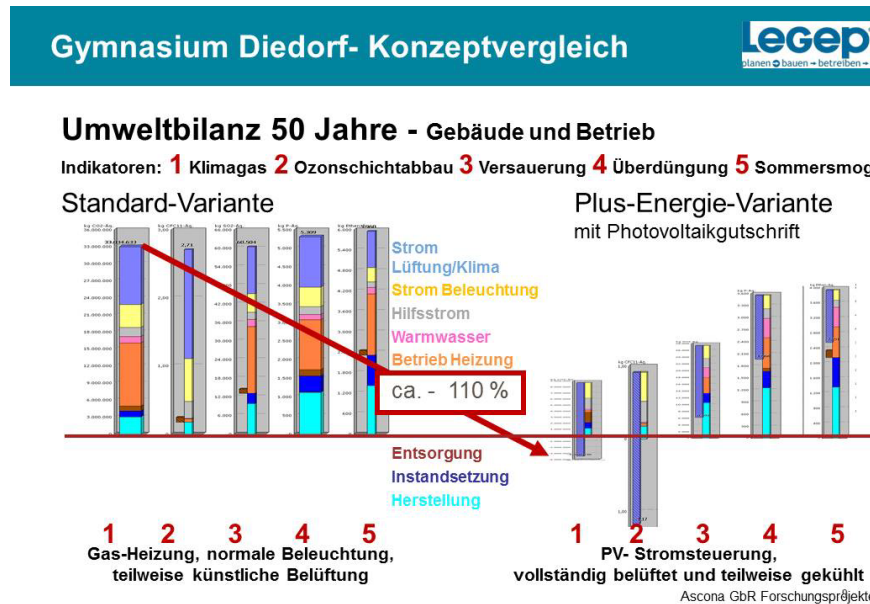


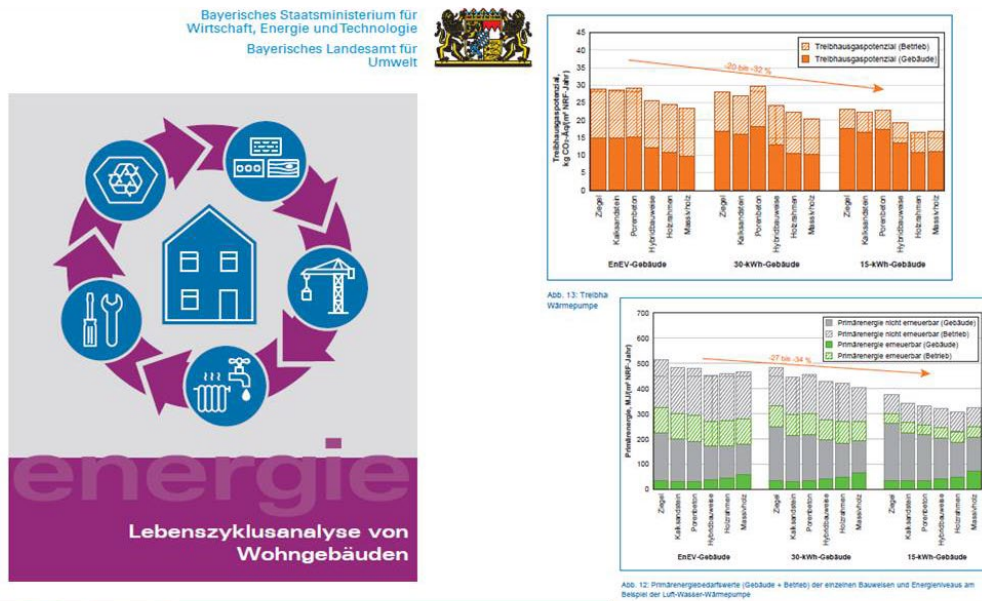
Abbildung 1-3: Beispiel Ökobilanz eines Schulgebäudes mit Plus-Energie-Standard

## 2. Der pflanzliche Kohlenstoffkreislauf

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

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

## Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden



Ascona GbR Forschungsprojekte

Abbildung 2-1: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden

### 3. Das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude QNG

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

#### 3.1. Die QNG-Regeln

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

##### Wohnungsbau:

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

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

##### Nichtwohnungsbau:

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

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



## Information über QNG - 3

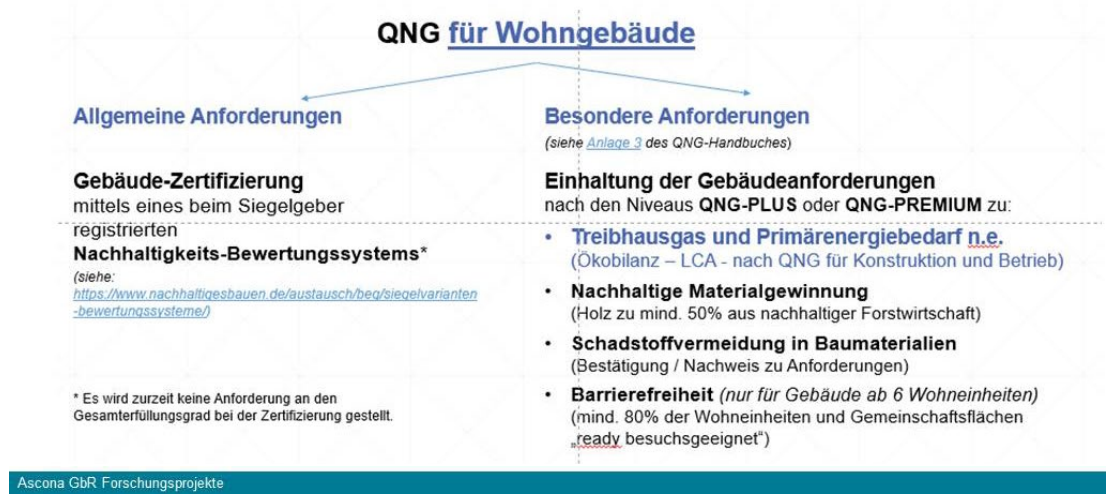


Abbildung 3-1: Anforderung QNG für Wohngebäude. Quelle: Fortbildung QNG Ökozentrum Hamm.

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

### Wohnungsbau:

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

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

Folgende **Regeln** sind zu berücksichtigen:

- Es wird ein **Nutzerstrom mit 20 kWh/m<sup>2</sup>\*a** pro m<sup>2</sup> beh. Fläche angesetzt.
- Es wird ein **Sockelbetrag** für die Grundinstallation der Haustechnik angesetzt.
- Die **Effizienz der PV-Anlage** wird standortgerecht berücksichtigt. Der Eigenverbrauch des erzeugten Stroms wird berücksichtigt.

Es gilt die Erfüllung der Anforderungen für zwei Bewertungsniveaus nachzuweisen:

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

| Benchmark QNG - Wohnungsbau |                                                                         |                   |                                                | <br><small>bauen • berechnen • betreiben</small> |  |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Module                      |                                                                         | Bezugs-<br>fläche | Niveau I<br><b>PLUS</b>                        | Niveau II<br><b>PREMIUM</b>                                                                                                          |  |
|                             |                                                                         |                   | Normal<br>EH 55                                | Gehoben<br>EH 40<br>PLUS<br>mit<br>Speicher                                                                                          |  |
| Gesamter<br>Lebenszyklus    | <b>Primärenergie<br/>nicht erneuerbar in<br/>kWh/m<sup>2</sup>*a</b>    | NRF               | <b>96</b>                                      | <b>64</b>                                                                                                                            |  |
|                             | <b>Treibhausgaspoten-<br/>zial in kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>*a</b> | NRF               | <b>28 reduziert<br/>auf 24 ab<br/>1.1.2023</b> | <b>20</b>                                                                                                                            |  |

Ascona GbR Forschungsprojekte

Abbildung 3-2: Benchmark QNG für Wohngebäude

### Nichtwohnungsbau:

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

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

Folgende **Regeln** sind zu berücksichtigen:

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

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

Es gilt die Erfüllung der Anforderungen für zwei Bewertungsniveaus nachzuweisen:

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

### 3.2. Vorgehensweise bei der Berechnung

Zur Erstellung der Ökobilanz werden verschiedene Datenbanken und Informationsmittel benötigt:

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

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

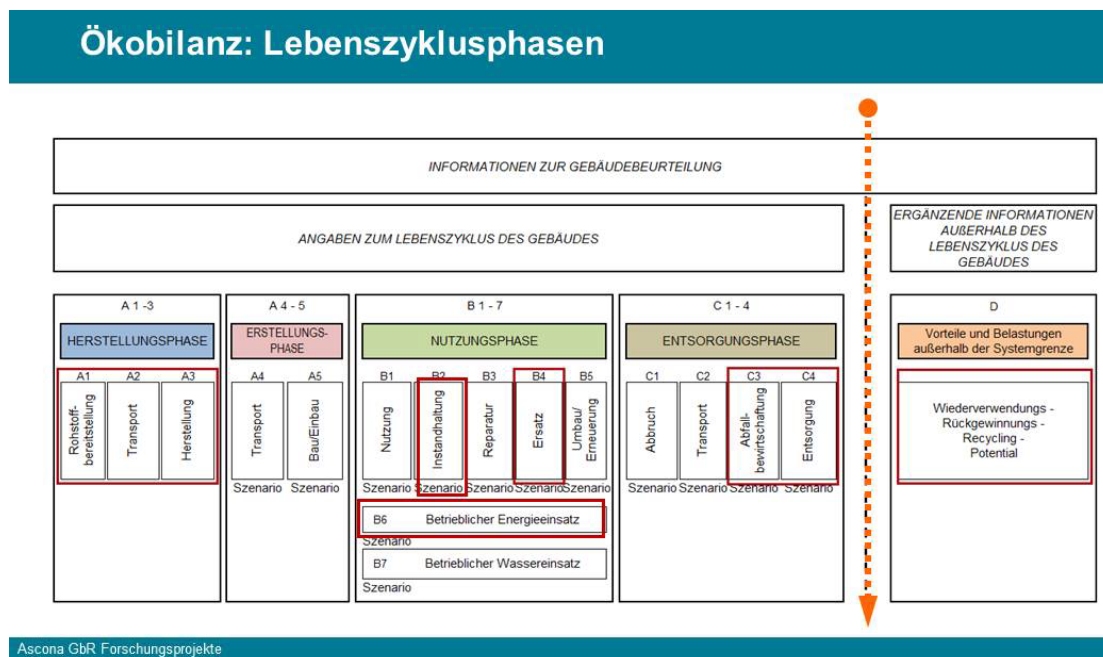


Abbildung 3-3: Module des Lebenszyklus von Gebäuden

### 3.3. Ergebnis der Berechnung

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

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



Copyright LEGEP Software GmbH 85757 Karlsfeld Moosweg 9 [www.legep.de](http://www.legep.de) [info@legep.de](mailto:info@legep.de)

Abbildung 3-4: Ergebnis QNG-Berechnung

# **Block B2**

## **BIM in der Praxis**



# **BIM in der Praxis – Holzbaugerechte Planungsprozesse**

Gerd Prause  
Prause Holzbauplanung GmbH & Co. KG  
Lindlar-Hartegasse, Deutschland







# BIM in der Praxis

## 1. Holzbaugerechte Planungsprozesse

### 1.1. Einleitung

Die Nachfrage und damit das Bauen von Holzgebäuden verändert sich aktuell stark vom Einfamilienhaus zu mehrgeschossigen Gebäuden in Gebäudeklasse 4 und 5. Dadurch verändern sich auch die Planungsprozesse. Anfang der 1990er Jahre haben sich die Zimmereien mit dem Hauptgeschäft Dachstuhlfertigung zu Holzbaubetrieben als Schlüsselfertiganbieter von Einfamilienhäusern weiterentwickelt und in diesem Zuge sind sie zunehmend als Generalübernehmer = Totalunternehmer aufgetreten. Durch die Veränderung der Nachfrage müssen viele Holzbauer, die die letzten Jahrzehnte alles in Eigenregie umgesetzt haben, jetzt wieder mit fremden Architekten und Fachplanern zusammen an großen Projekten arbeiten. Auch für die meisten Fachplanerteams ist das Bauen mit Holz derzeit Neuland.

Worin liegen die Herausforderungen?

*Der Holzbau unterscheidet sich von anderen Bauweisen erstens durch den hohen Grad der Vorfertigung und zweitens durch die große Anzahl und Auswahl an möglichen Bauteilschichten.*

### 1.2. Digitales Aufmaß

Die Vorfertigung (= fertig, unveränderbar auf die Baustelle geliefert) erfordert millimetergenaue digitale Aufmaße, wie das Beispiel eines Tachymeter- und Laserscanaufmaß eines Gebäudes für serielle Sanierung zeigt.

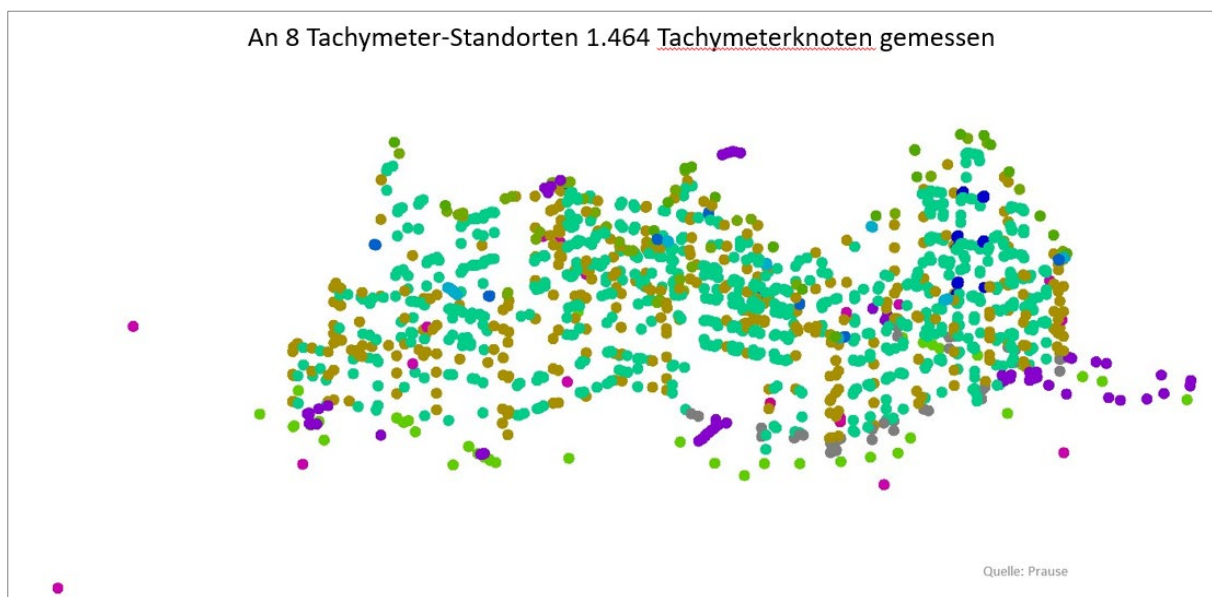


Abbildung 1: An 8 Tachymeter-Standorten 1.464 Tachymeterknoten gemessen. Quelle: Prause

An 42 Laserscanner-Standorten 470.549.396 Scannerpunkte aufgenommen



Quelle: Prause

Abbildung 2: An 42 Laserscanner-Standorten 470549.396 Scannerpunkte aufgenommen. Quelle: Prause

Modell des Aufmaßes für Entwurf, Statik, Wärmeschutz, Arbeitsvorbereitung



Quelle: Prause

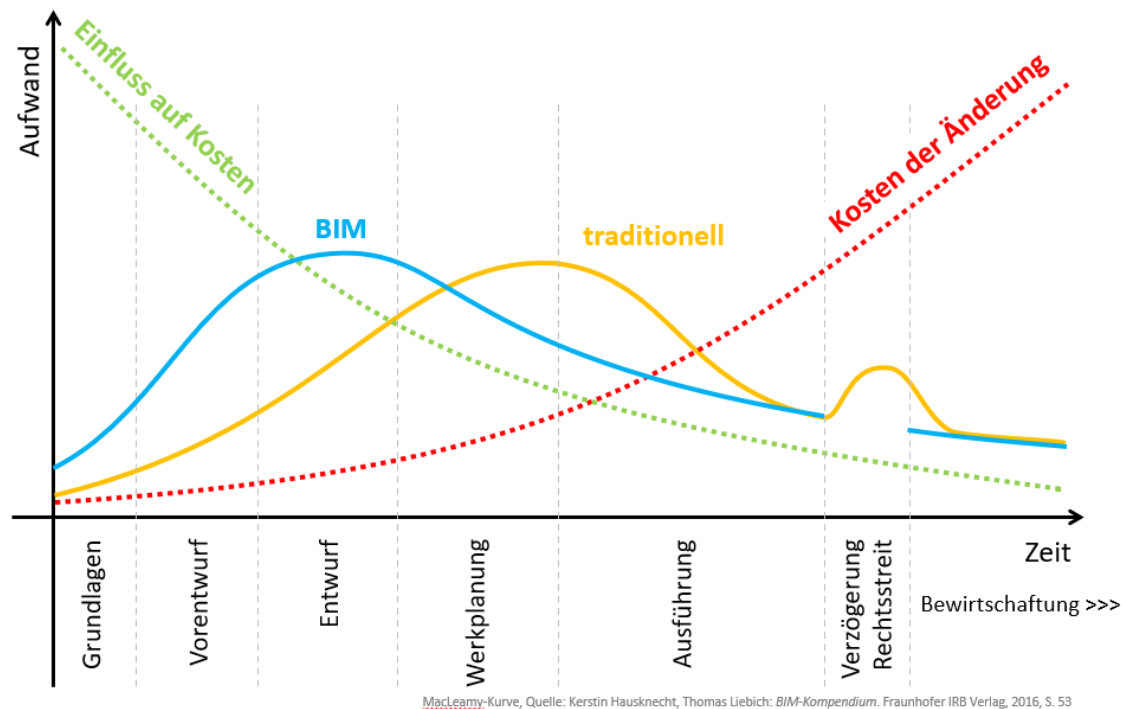
Abbildung 3: Modell des Aufmaßes für Entwurf, Statik, Wärmeschutz, Arbeitsvorbereitung. Quelle Prause

Das Aufmaß sollte Grundlage des Entwurfs sein. Dadurch werden unnötige Anpassungen im weiteren Prozess vermieden.

### 1.3. Vorfertigung

Vorfertigung bedingt, dass es kein baubegleitendes Planen geben kann. Lösungen müssen vorab (im Modell) erarbeitet werden. Die Bauteile werden im Unternehmen gefertigt und schlüsselfertig auf die Baustelle geliefert. Die Planung muss vor der Ausführung = Fertigung abgeschlossen sein. «Das Vorziehen von Planungsentscheidungen in frühere Planungsphasen haben der moderne Holzbau und die Planungsmethode BIM gemeinsam.» [1]

Dies zeigt auch die MacLeamy-Kurve. Das Ziel der BIM Methode «Erst planen, dann bauen» wird im Holzbau schon umgesetzt.



MacLeamy-Kurve, Quelle: Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich: *BIM-Kompodium*. Fraunhofer IRB Verlag, 2016, S. 53

Abbildung 4: MacLeamy-Kurve. Quelle: Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich: *BIM-Kompodium*. Fraunhofer IRB Verlag 2016, S. 53

## 1.4. Bauteilkatalog

Die Entwicklung der mehrschichtigen Bauteile in einem Bauteilkatalog sollte integral im gesamten Team erarbeitet werden. Damit alle Schichten eine sinnvolle Einheit bilden und alle Anforderungen an die Bauteile erfüllt werden, müssen sich viele Planer (Architektur, Schallschutz, Brandschutz, Wärmeschutz, Statik und Holzbauplanung) an der Erstellung des Katalogs beteiligen. Erst wenn der Katalog von allen Fachplanern gemeinsam erstellt und freigegeben ist, ergeben sich daraus die millimetergenauen Gesamtdicken der Aufbauten und damit auch die genauen Raumgrößen.

## 1.5. Holzbauspezifische Modellierung

Die deutschen und schweizerischen Forschungsvorhaben BIMwood empfehlen als Ergebnis ihrer Forschung, dass die Bauteile von den Architekten zunächst als einschichtiges Hüllkörpermodell modelliert werden und dann, wenn der Entwurf und die Bauteile feststehen, von ihnen in ein dreischichtiges Modell umgewandelt werden. Damit wissen zum Beispiel nachfolgende Bearbeiter wie die Tragwerksplaner genau, wo in der Tragschicht Sonderpfosten positioniert werden können. Alle Komponenten werden aber erst vom Werkstattplaner im Holzbaubetrieb modelliert.

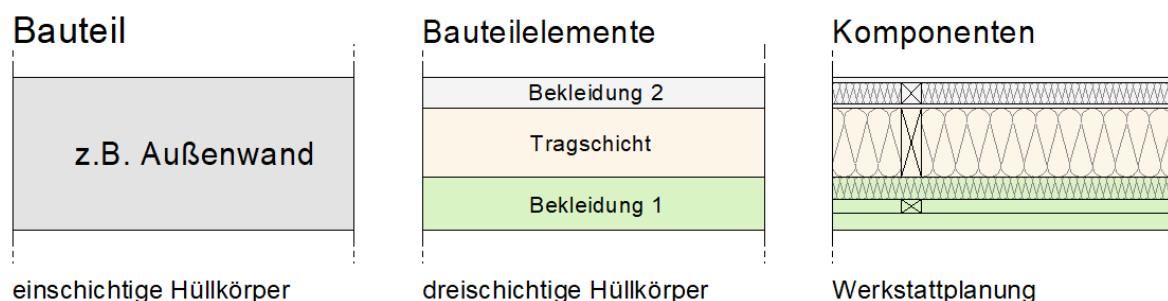


Abbildung 5: Bauteil, Bauteilelemente, Komponenten. Quelle: Prause

## 1.6. Neues Verständnis des Digitalen Zwillings

Im Planungsprozess benötigen wir keinen vollständigen digitalen Zwilling des zu erstellen- den Modells. Das würde nur zur Überfrachtung der Modelle führen. Wir brauchen präzise und eindeutige Informationen, die genau auf die Bedürfnisse der Nutzer zugeschnitten sind. Das bedeutet, dass Schnittstellen eindeutig definiert sein müssen und der Informationslieferant für die vereinbarte Datenqualität verantwortlich ist.

Das Schweizer BIMwood-Team schlägt vor, den Prozess von einem Push- in einen Pull-Prozess umzuwandeln.

«Ein Pull-Planungsprozess wird vom gewünschten Ergebnis hergedacht und gestaltet. Zu Projektbeginn werden die Ziele definiert und es werden die Teilziele aller Projektbeteiligten und die damit verknüpften Meilensteine identifiziert. Dies fördert die Integration der Informationsbedürfnisse des vorgefertigten Holzbaus in den Prozess. So können Daten im Projektteam qualitativ hochwertig aufbereitet dem Holzbauunternehmen übermittelt werden.» [2]

Damit werden Themen aus Fertigung, Transport und Montage sowie die Gestaltung von Fügungen frühzeitig im Prozess integriert.

## 1.7. Ehrliche Terminplanung

Jeder Holzbau braucht mehr Zeit zwischen Beauftragung und Montagebeginn an der Baustelle als andere Bauweisen. Demgegenüber steht eine um ein Vielfaches kürzere Bauzeit. Die Zeit für Fertigung, Zuschnitt, Bestellung, Materiallieferung und Werkstattplanung beginnen erst nach der Vergabe und der Fertigstellung der Fachplanungen und einem notwendigen Design Freeze. Bei großvolumigen Gebäuden können zwischen Vergabe und Montagebeginn schon 7 bis 9 Monate notwendig sein und dies muss im Bauzeitenplan berücksichtigt werden.

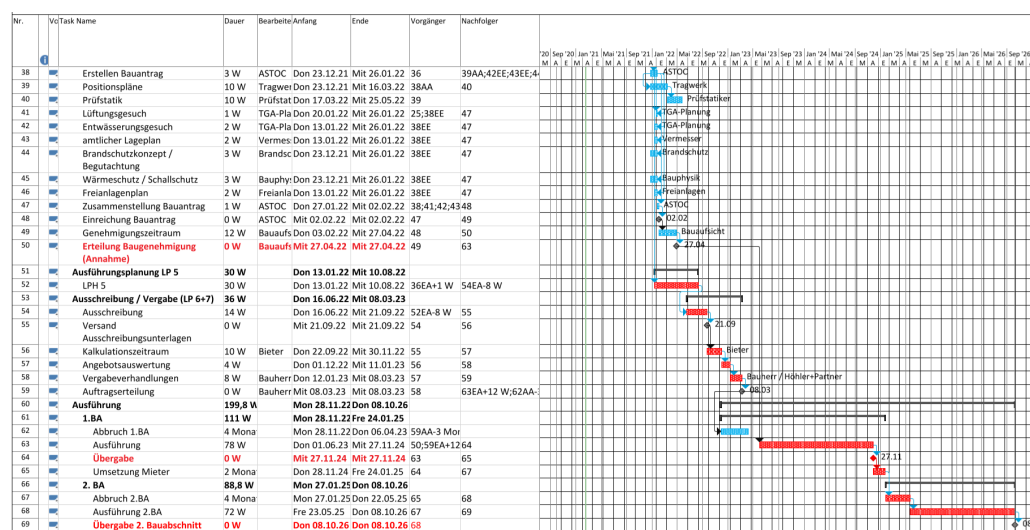


Abbildung 6: Terminplanung. Quelle: Volkswohnung

## 1.8. Holzbaugerechte Vergabe

Wenn das Bauvorhaben nicht so komplex ist, wie zum Beispiel Raummodulbau oder Ingenieurholzbau, und mit Holzbaukompetenz vollständig geplant wird, kann unter Berücksichtigung des veränderten Bauzeitenplans das übliche Ausschreibungsverfahren durchgeführt werden.

Es gibt aber auch Projekte, wie zum Beispiel Hotelbau mit Raummodulen, bei denen der Holzbauer durch eine teilfunktionale Ausschreibung schon in Leistungsphase 3 als Mitplanender hinzugezogen werden sollte. Dies liegt in den unterschiedlichen Produktionsweisen von Raummodulen begründet.

## 1.9. Fachplanung Holzbau

Die Forschungsvorhaben leanwood und BIMwood haben ergeben, dass ein frühes Hinzuziehen von Holzbaukompetenz bei der Planung von Holzbauten notwendig ist, um spätere Änderungsforderungen durch den Holzbauer zu vermeiden. Die notwendige Kompetenz ist die Holzbaufachkompetenz mit dem Wissen um und die Erfahrung mit den Montage-, Transport-, Fertigungs-, Zuschnitts- und Arbeitsvorbereitungsprozessen im Holzbau. Leider gibt es noch keinen «Fachplaner Holzbau» in Deutschland und jedes Team sucht eigene Lösungen, um sich das Ausführungswissen anzueignen.

## 1.10. Stellenwert der Arbeitsvorbereitung



Abbildung 7: Arbeitsvorbereitung. Quelle: Prause

Im Holzbau gibt es Planende auf der Ausführungsseite, die Arbeitsvorbereiter / Werkstattplaner. Diese erstellen aus allen Informationen der Fachplaner ihr eigenes Modell, aus dem dann die Maschinen angesteuert und die Montagepläne erzeugt werden. Die Arbeitsvorbereitung ist die letzte, entscheidende Stelle im Planungsprozess. So wird es gebaut! Innerbetrieblich ist sie die letzte Stelle vor der Maschinenproduktion und oft der Engpass im Holzbaubetrieb. In der Branche ist die AV der Personalengpass, der anders als Zuschnitt und Fertigung nicht automatisiert werden kann und bei den Planern und Bauherren ist die Rolle oft unbekannt.

## 2. Fazit

«Gefragt ist eine neue Planungskultur, die es den Akteur:innen ermöglicht, erfolgreich Projekte kooperativ in einem konstruktiven zielorientierten Miteinander umzusetzen. Voraussetzung für den Projekterfolg ist die vorhandene Kompetenz in den Bereichen BIM und Holzbau (vgl. Kapitel 4.2 und 4.3) ebenso wie die Bereitschaft der fachlich Beteiligten zur interdisziplinären, transparenten und kooperativen Zusammenarbeit und Kommunikation, verbunden mit einer offenen Fehlerkultur.» [3]

## 3. Literaturverzeichnis

- [1] <https://www.arc.ed.tum.de/holz/forschung/bimwood/aktuelles/schlussveroeffentlichung-bimwood/>
- [2] BIMwood Argumentarium – <https://bimwood.info/>
- [3] <https://www.arc.ed.tum.de/holz/forschung/bimwood/aktuelles/schlussveroeffentlichung-bimwood/>



# **BIM im Hochbau – Wenn die Theorie auf die Praxis trifft**

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Wimmer  
Hochschule Karlsruhe  
Karlsruhe, Deutschland







# BIM im Hochbau – Wenn die Theorie auf die Praxis trifft



Abbildung 1: Zweckmäßige Abbildung der Realität mittels BIM [1].

## 1. Einleitung

Building Information Modeling (BIM) zählt zu den wichtigsten Entwicklungen in der modernen Bauindustrie. Die Methode erlaubt Architekten, Ingenieuren und Bauherren, ein Gebäude detailliert in allen Phasen – von der ersten Idee bis zum Abriss – zu visualisieren, zu planen und zu verwalten (siehe Visualisierung in Abbildung 1). Dieser umfassende Ansatz fördert die Zusammenarbeit aller Beteiligten, spart Kosten und optimiert den Bauprozess. [2–4]

BIM beruht auf dem Einsatz von digitalen Modellierungswerkzeugen, die sowohl die physischen als auch die funktionalen Merkmale eines Gebäudes darstellen. Dabei integriert es auch Informationen über verwendete Materialien, Kosten, Zeitpläne sowie zahlreiche andere relevante Daten, die während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes von Nutzen sind. Dies führt nicht nur zu einer verbesserten Planung und Durchführung, sondern auch zu einer effizienteren Wartung und Verwaltung des Gebäudes nach seiner Fertigstellung.

Eine zentrale Rolle in diesem Prozess spielt das IFC-Format (Industry Foundation Classes), da es einen offenen und international anerkannten Standard für den Datenaustausch im BIM-Prozess darstellt. Es ermöglicht die Interoperabilität zwischen verschiedenen Softwareanwendungen und stellt sicher, dass alle Beteiligten auf konsistente und genaue Informationen zugreifen können.

Jedoch gibt es in der deutschen Bauwirtschaft spezifische Herausforderungen bei der Umsetzung von BIM und dem IFC-Format, wie beispielsweise gesetzliche Regelungen, die Ausbildung von Fachkräften und die Anpassung bestehender Arbeitsabläufe. Um das volle Potenzial von BIM in Deutschland auszuschöpfen und die Bauwirtschaft in eine neue Ära der Effizienz und Innovation zu führen, müssen bestimmte Herausforderungen überwunden werden. In diesem Referat werden diese Herausforderungen im Detail untersucht und mögliche Lösungen aufgezeigt.

## 2. Das IFC-Format und seine wachsende Bedeutung in der Bauindustrie

Das IFC-Format ist ein wichtiges Instrument in der heutigen Bau- und Architekturbranche. Es wurde als offenes und standardisiertes Datenmodell entwickelt, um den ständig wachsenden digitalen Anforderungen der Bauindustrie gerecht zu werden.

Die hauptsächliche Motivation für die Entwicklung des IFC-Formats war die Notwendigkeit einer einheitlichen und effizienten Kommunikation zwischen verschiedenen BIM-Softwareanwendungen. Angesichts der Vielfalt an BIM-Tools auf dem Markt war es unerlässlich, ein standardisiertes Format zu schaffen, um die Interoperabilität zwischen diesen Anwendungen zu gewährleisten. [5]

Das IFC-Format bietet jedoch viel mehr als nur die Darstellung von Gebäudestrukturen. Es ermöglicht die Integration einer großen Bandbreite von Informationen, angefangen von den ersten architektonischen Skizzen bis hin zur detaillierten Planung von Elektro-, Sanitär- und HLK-Systemen sowie der spezifischen Baumaterialien. Dies erleichtert nicht nur die Abstimmung zwischen den verschiedenen Projektteams, sondern ermöglicht auch genauere Kalkulationen von Kosten und Zeitplänen.

Ein wichtiger Vorteil des IFC-Formats liegt in seiner Offenheit. Da es sich um einen offenen Standard handelt, können Entwickler und Softwarefirmen darauf basierende Tools und Anwendungen entwickeln, ohne sich um proprietäre Beschränkungen sorgen zu müssen. Dies trägt zur Förderung der Innovation bei und bietet kleinen und mittleren Unternehmen die Möglichkeit, sich in einem Markt zu etablieren, der von großen Softwareanbietern dominiert wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das IFC-Format ein entscheidendes Element zur Steigerung von Effizienz, Genauigkeit und Zusammenarbeit in der Bauindustrie darstellt. Es ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zu einer vollständig integrierten und digitalisierten Bauwirtschaft.

## 3. (MVDs) und ihre Rolle im Kontext von BIM und IFC

Der Datenaustausch spielt eine zentrale Rolle im BIM-Prozess. Zur Übertragung werden standardisiert IFC-Formate genutzt, die bereits in vorangegangenen Kapiteln erläutert wurden. Allerdings sind nicht alle im IFC-Format gespeicherten Daten für jeden Prozess oder jede Anwendung notwendig. Hier treten die Modell-View-Definitionen (MVDs) in Erscheinung.

MVDs sind präzise Teilbereiche des IFC-Formats, die speziell auf bestimmte Anwendungen oder Prozesse zugeschnitten sind. Man kann sich MVDs als maßgeschneiderte Filter vorstellen, welche lediglich relevante Daten aus dem umfangreichen IFC-Datenpool herausfiltern (siehe Abbildung 2). Dadurch wird der Datenaustausch zielgerichteter und effizienter gestaltet. Anstatt irrelevante Datenmengen für einen bestimmten Prozess zu übertragen, ermöglichen MVDs den Austausch von genau den Daten, die tatsächlich benötigt werden.

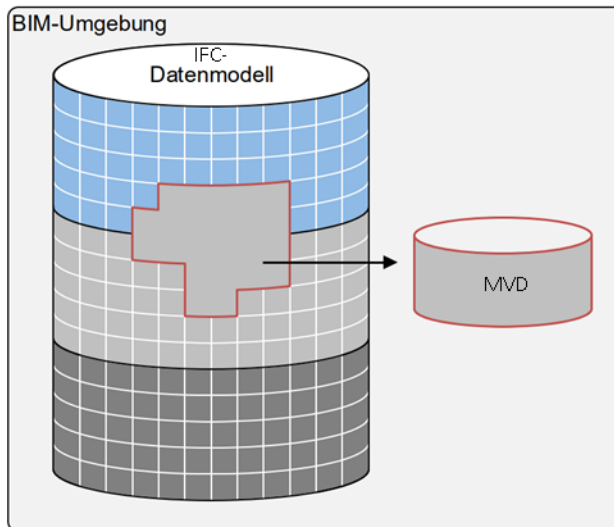


Abbildung 2: Model View Definitions [6].

Allerdings nutzen viele Softwareanbieter trotz dieses klaren Vorteils nur den standardisierten Teil der MVDs. Das bedeutet, dass sie das gesamte Potenzial des IFC-Formats und der MVDs nicht ausschöpfen. Dies kann ineffiziente Arbeitsabläufe verursachen und die Vorteile, die BIM bietet, einschränken. Deshalb ist es vorteilhaft für Unternehmen und Softwareentwickler, sich eingehend mit den Möglichkeiten von MVDs zu beschäftigen, um den BIM-Prozess bestmöglich zu unterstützen und die Zusammenarbeit unter den verschiedenen Beteiligten zu verbessern.

#### 4. Die Rolle von BIM und IFC im Projekt «Cube 11»

Das Projekt «Cube 11» der Wohnungsbau Ludwigsburg [7] war eine umfassende Initiative, die sich nicht nur auf architektonische und soziale Aspekte konzentrierte, sondern auch ein technologisches Experiment darstellte. Es bot die Chance, die Vorteile und Herausforderungen von BIM und IFC in einem realen Kontext zu erforschen. Das primäre Ziel des Projekts war der Bau von Übergangswohnungen für Flüchtlinge. Angesichts der Komplexität des Projekts war eine präzise und effiziente Kommunikation zwischen den verschiedenen Softwarelösungen unerlässlich.

Die Implementierung von CAD-CAM-Prozessen unter Verwendung von IFC war ein ambitionierter Ansatz, um eine bessere Integration und Kommunikation zwischen den verschiedenen CAD- und CAM-Tools zu ermöglichen. Der IFC-Standard sollte sicherstellen, dass alle Beteiligten – von Architekten und Ingenieuren bis hin zu Bauarbeitern – Zugang zu konsistenten und aktuellen Informationen haben.

Leider hat sich herausgestellt, dass die Einführung des IFC nicht alle Herausforderungen des Projekts lösen konnte. Es gab Schwierigkeiten bei der Konvertierung und Integration von Daten, weshalb Anpassungen an den Arbeitsabläufen vorgenommen werden mussten, um die Vorteile der Technologie voll auszuschöpfen. Auch wenn nicht alle Probleme mit IFC gelöst werden konnten, ermöglichte das Projekt «Cube 11» wertvolle Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Grenzen von BIM und IFC, insbesondere bei komplexen Bauprojekten wie dem Bau von Unterkünften für Flüchtlinge.

#### 5. Herausforderungen der deutschen Bauindustrie

Ein tieferes Verständnis der Herausforderungen, mit denen die deutsche Bauindustrie konfrontiert ist, ist entscheidend für die Entwicklung zukünftiger Strategien und Lösungen. Im Folgenden werden die wichtigsten Herausforderungen skizziert, denen sich die deutsche Bauwirtschaft bei der Umsetzung von BIM gegenüber sieht:

**1. unvollständige Nutzung von IFC:** Viele Softwareanbieter beschränken sich auf den standardisierten Teil von MVDs. Dies führt zu Informationsverlusten, da nicht alle relevanten

Daten übertragen werden. In der Bauphase können solche Lücken zu erheblichen Problemen führen, wenn z. B. wichtige technische Details fehlen oder falsch interpretiert werden.

**2. Mangelnde Kenntnisse über IFC:** Trotz der wachsenden Bedeutung des IFC-Formats sind viele Beteiligte in der Branche nicht vollständig über die erweiterten Möglichkeiten jenseits der Standard-MVDs informiert. Dieser Mangel an Informationen kann zu ineffizienten Arbeitsabläufen führen und verhindert, dass das volle Potenzial von BIM ausgeschöpft wird.

**3. Mangelnde Anwendung der BIM-Methode:** BIM ist mehr als ein Softwaretool, sondern eine umfassende Arbeitsmethode. Wird sie nicht richtig oder nur teilweise angewandt, können Projekte an Effizienz verlieren.

**4. Fehlen einer standardisierten Ausbildung:** Die BIM-Ausbildung in Deutschland ist zersplittert. Es fehlt eine einheitliche Plattform oder ein standardisiertes Curriculum, das sicherstellt, dass Fachleute über die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, um BIM effektiv zu nutzen.

**5. Unzureichende Zertifikate:** Die derzeit verfügbaren BIM-Zertifikate decken oft nur die Grundlagen ab und bieten keine umfassende Ausbildung, die für eine effektive Anwendung in der Praxis notwendig ist. Dies kann zu einer Diskrepanz zwischen der Zertifizierung und der tatsächlichen Qualifikation führen.

**6. Fehlen einer zentralen Ausbildungsplattform:** Eine zentrale, national anerkannte Plattform könnte die Qualität und Konsistenz der BIM-Ausbildung deutlich verbessern. Durch die Zusammenarbeit von Hochschulen, Unternehmen und Behörden könnten Standards gesetzt und Ressourcen effizienter genutzt werden, um die BIM-Kompetenz in Deutschland zu erhöhen.

## 6. Ausblick und Lösungsansätze

Die BIM-Methode mit dem IFC-Format sind beispielhafte Innovationen, die das Potenzial haben, den Bau- und Planungsprozess zu revolutionieren. Doch trotz ihrer Vorteile sind viele Unternehmen und Fachkräfte noch nicht ausreichend mit diesen Technologien vertraut. Um Deutschland an der Spitze der digitalen Transformation in der Bauindustrie zu halten, sind verschiedene Lösungsansätze und Strategien erforderlich. Im Folgenden werden einige dieser Ansätze detailliert vorgestellt:

**1. Bildung und Schulung:** Es ist entscheidend, dass sowohl die Führungskräfte in der Bauindustrie als auch die Mitarbeiter auf der Baustelle besser darüber informiert werden, welche Möglichkeiten das IFC-Format und die BIM-Methode bieten. Regelmäßige Schulungen und Workshops können dazu beitragen, das Bewusstsein und die Fähigkeiten in diesem Bereich zu schärfen. Darüber hinaus sollten Experten aus der Praxis eingeladen werden, um ihre Erfahrungen und Best Practices zu teilen, wodurch eine praxisnahe Bildung gewährleistet wird.

**2. Engere Zusammenarbeit zwischen Industrie und Bildungseinrichtungen:** Eine engere Zusammenarbeit könnte dazu beitragen, die BIM-Ausbildung besser auf die Bedürfnisse der Industrie abzustimmen. Dies könnte durch gemeinsame Projekte, Gastvorträge von Industrieexperten und Praktika für Studierende in Unternehmen realisiert werden.

**3. Förderung von BIM in der Ausbildung:** BIM sollte ein zentraler Bestandteil der Ausbildung in baubezogenen Studiengängen werden, um sicherzustellen, dass zukünftige Fachkräfte mit den neuesten Technologien und Methoden vertraut sind. Dies könnte durch die Integration von BIM in Lehrpläne, die Entwicklung von spezialisierten Kursen und die Bereitstellung von BIM-Software für Studierende unterstützt werden.

**4. Entwicklung einer zentralen Ausbildungsplattform:** Eine solche Plattform könnte dazu beitragen, die BIM-Ausbildung in Deutschland zu standardisieren und zu verbessern. Sie könnte von Universitäten, Unternehmen und Ämtern genutzt werden, um sicherzustellen, dass alle BIM-Fachkräfte nach denselben hohen Standards ausgebildet werden. Diese Plattform könnte auch als Forum für den Austausch von Wissen und Ressourcen dienen und sicherstellen, dass die neuesten Entwicklungen und Trends in der BIM-Technologie in die Ausbildung integriert werden.

**5. Forschung und Innovation:** Es ist wichtig, in Forschung und Entwicklung im Bereich BIM zu investieren. Dies würde nicht nur dazu beitragen, die Technologie weiter voranzutreiben, sondern auch sicherstellen, dass Deutschland an der Spitze der BIM-Innovation bleibt. Forschungsinstitute könnten eng mit der Industrie zusammenarbeiten, um praxisrelevante Lösungen zu entwickeln.

## 7. Fazit

Die Integration von BIM und dem IFC-Format im Kontext des CAD CAM Prozesses stellt einen bedeutenden Fortschritt für die deutsche Bauindustrie dar. BIM ermöglicht es, den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes in einem digitalen Modell zu erfassen und zu verwalten, wodurch die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren des Bauprozesses optimiert wird.

Das Projekt «Cube 11» dient als exemplarisches Beispiel für die Anwendung dieser Methoden und Prozesse. Trotz anfänglicher Herausforderungen, die im Laufe des Projekts auftraten, konnten diese durch kreative Lösungsansätze und die flexible Anwendung von BIM und dem CAD CAM Prozess überwunden werden. Dies zeigt, dass selbst bei komplexen Projekten mit unerwarteten Hürden, die richtige Kombination von Methodik und Technologie zu erfolgreichen Ergebnissen führen kann.

Die Vorteile der Kombination von BIM, IFC und dem CAD CAM Prozess sind vielfältig. Sie bieten nicht nur eine Reduzierung von Fehlern und Nacharbeiten, sondern auch eine optimierte Ressourcen- und Zeitplanung sowie eine verbesserte Kommunikation und Dokumentation. In einer Industrie, in der Zeit und Budget entscheidende Faktoren sind, kann die Implementierung dieser Methoden und Prozesse den Unterschied zwischen Erfolg und Misserfolg ausmachen.

Allerdings sind die Herausforderungen, die mit der Einführung dieser Methoden und Prozesse einhergehen, nicht zu unterschätzen. Es bedarf einer durchdachten Strategie, die nicht nur die Auswahl der richtigen technologischen Tools berücksichtigt, sondern auch eine Kultur der Zusammenarbeit und des kontinuierlichen Lernens fördert. Alle Beteiligten müssen die Vorteile erkennen und bereit sein, sich neuen, digital unterstützten Prozessen zu öffnen.

Abschließend lässt sich sagen, dass die deutsche Bauindustrie an einem Wendepunkt steht. BIM, IFC und der CAD CAM Prozess bieten das Potenzial, die Branche zu revolutionieren. Das Projekt «Cube 11» hat gezeigt, dass trotz Herausforderungen, mit der richtigen Herangehensweise und Zusammenarbeit, beeindruckende Ergebnisse erzielt werden können. Es liegt nun an uns, dieses Potenzial weiterhin zu nutzen und die Vorteile dieser Methoden und Prozesse in zukünftigen Projekten voll auszuschöpfen.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] Reinhard Wimmer. Midjourney: Mittels KI generiertes Bild; 2023.
- [2] BMVI. Stufenplan Digitales Planen und Bauen: Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken 2015.
- [3] Borrmann A, König M, Koch C, Beetz J, editors. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. 2nd ed. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Vieweg; 2021.
- [4] Hartmann U. Building Information Modeling - Grundlagen, Standards, Praxis: Digitales Denken im Ganzen. Berlin: Ernst et Sohn GmbH; 2023.
- [5] buildingSMART. Industry Foundation Classes 4.0.2.1: Version 4.0 - Addendum 2 - Technical Corrigendum 1. Schemadokumentation. [https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2\\_TC1/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/). Accessed 17 Sep-tember 2023.
- [6] Wimmer R. BIM information management for thermal energetic simulation of building service systems; 2020.
- [7] Wohnungsbau Ludwigsburg. Cube 11. <https://cube11.de/>. Accessed 17 September 2023.





# **Zirkuläres Bauen und BIM – Best Practice der Bauteilwiederverwendung im Holzbau**

Katrin Bahlo  
Madaster Germany  
Berlin, Deutschland



Markus Stepler  
DERIX Gruppe  
Niederkrüchten, Deutschland





# Zirkuläres Bauen und BIM – Best Practice der Bauteilwiederverwendung im Holzbau

Digitalisierung und automatisierter Datenaustausch erscheinen vielfach noch als große Herausforderung, obwohl bereits viele relevante Daten vorhanden sind, die aktuell sowie langfristig einen Mehrwert bieten. Diese müssen nun breitflächig nutzbar gemacht werden, damit sinnvolle Strukturen für eine Kreislaufwirtschaft geschaffen werden können.

## 1. Die Nutzung, Sicherung und Verwendung von Daten allgemein

### 1.1. Die aktuelle Situation

Gebäuderessourcenpässe bieten mehr Informationen als nur die Erfassung der Massen verbauter Materialien und Produkte in Immobilien. Durch gezieltes Auslesen von BIM-Modellen können Objekte, je nach Modellierungstiefe, bis auf Produktkomponentenebene erfasst und analysiert werden.

Neben der Materialitätsanalyse liegt der Fokus vor allem auf der Auswertung der damit einhergehenden Umweltdaten der verwendeten Produkte sowie den Informationen zur Zirkularität. Diese betreffen einerseits den Anteil der genutzten (zertifizierten) Primär- und Sekundärrohstoffe, andererseits die jeweiligen Elementverbindungen und die daraus resultierende Demontierbarkeit. Mit der Bereitstellung ihrer Produktdaten bilden Produzenten die Grundlage der Berechnungen.

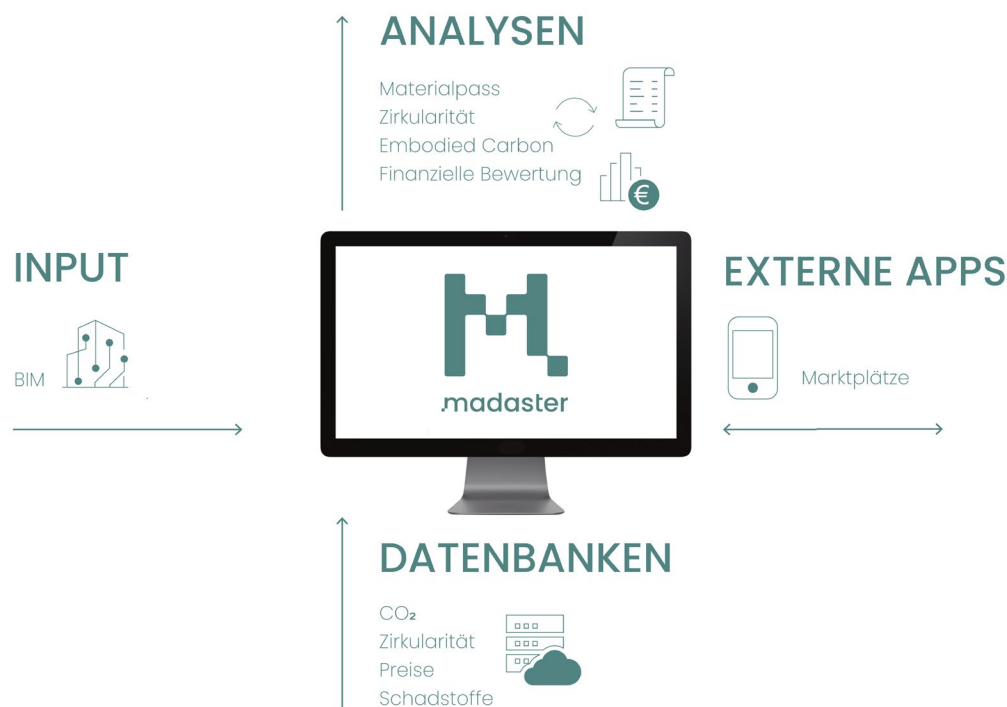


Abbildung 1: Funktionsweise von madaster

### 1.2. Der langfristige Mehrwert

Nicht nur als Nachweis für die Einhaltung bevorstehender Recyclinganteilsquoten oder ökologischer Maximalwerte, digitale Gebäuderessourcenpässe dauerhaft und zentral im Materialkatalog madaster gespeichert, profitieren langfristig über die einmalige Berechnung hinaus. Erfasste Verknüpfungen von Objektelementen mit konkreten Produktdatensätzen können zukünftig auch hinsichtlich weiterer Aspekte, wie beispielsweise der Materialgesundheit, automatisiert analysiert werden. Denn Neuberechnungen aufgrund aktualisierter

oder erweiterter Produktinformation sind jederzeit per Knopfdruck möglich und folglich auch die Prüfung, ob ein Objekt insgesamt oder einzelne Bauteile noch den geforderten Standards entsprechen.

Produzenten wiederum können im Materialkataster stetig nachverfolgen, wo welches ihrer Produkte wann verbaut wurde. Diese Daten sind vielseitig interessant. Im Falle einer Rücknahmeverpflichtung schafft diese Information langfristige Planungssicherheit. Ist das Bauteil noch nicht am Ende seines Produktlebenszyklus angelangt, kann es erneut eingesetzt und die Daten an Marktplätze oder ein anderes Gebäude übertragen werden. Aber auch hinsichtlich der Erschließung von lokalen Quellen für Sekundärrohstoffe, ist die Produktverfolgung relevant. Ohne konkrete Informationen lassen sich nur schwer effiziente Strukturen für eine Kreislaufwirtschaft aufbauen.

### 1.3. Anforderungen an die BIM-Modelle

Dem Nutzen gegenüber sind die Mindestanforderungen an BIM-Modelle als Grundlage aller Auswertungen überschaubar. Benötigt werden die sogenannten Basismengen der Elemente bzw. Komponenten, wie Volumen, Flächen, Längen und/oder Stückzahl. Außerdem die jeweilige Materialbezeichnung oder alternativ eine Produkt-ID gemäß der Herstellerdatenbank. Und schließlich die Details zur Demontierbarkeit, wie Art bzw. Mittel der Verbindung und Überschneidungen von Komponenten.

## 2. Nutzung von Holzbaudaten für eine Wiederverwendung in der Praxis

### 2.1. Der digitale Zwilling im Holzbau

Die Planungstiefe im Holzbau ist systembedingt bereits seit mehreren Jahrzehnten deutlich detaillierter als in konventionellen Bauweisen.

Der Prozess der Vorfertigung im Holzbau benötigt qualitativ hochwertige Daten. Daten in Form einer digitalen Nachbildung (design-as-built) der zu produzierenden Bauteile. Die Bearbeitung mit CNC-Maschinen basieren auf Schnittstellen zur CAD-Software und den dort hinterlegten Attributen und Informationen.

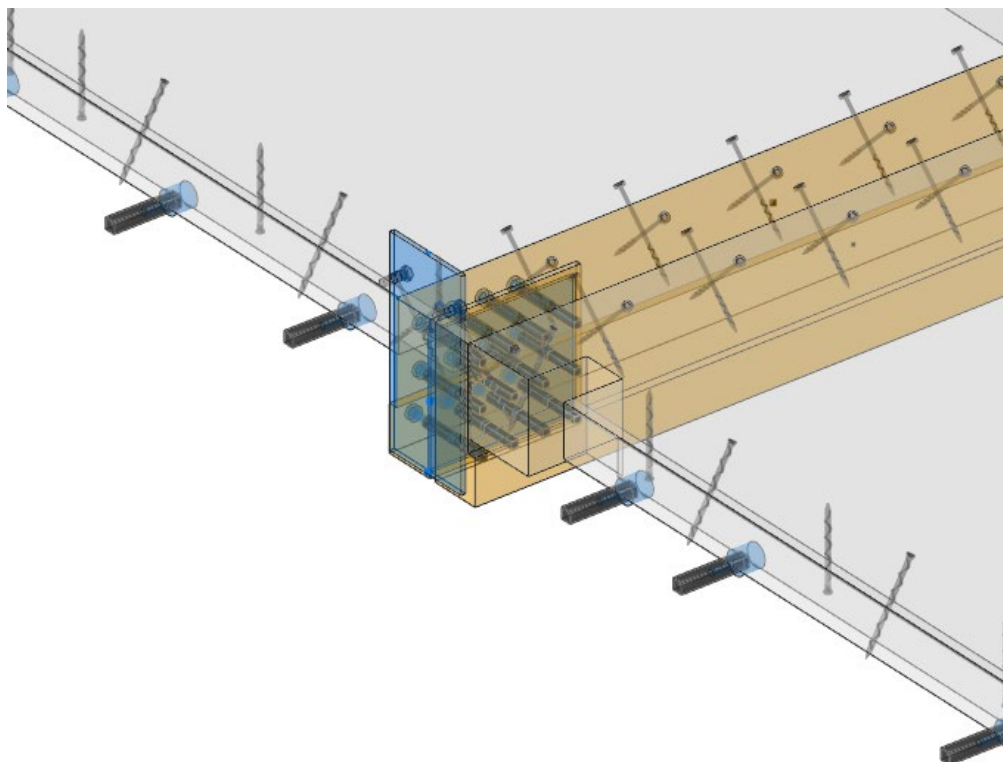


Abbildung 2: Detailausschnitt CADWORK-Modell Stahlschuh an Beton

## 2.2. Kreislaufwirtschaft als Ausgangspunkt für Datennutzung

Nach der Einführung einer Allgemeinen Rücknahmeverpflichtung durch die DERIX-Gruppe stellt sich die Frage nach der Verfügbarkeit von Daten – über mehrere Jahrzehnte hinaus.

Vollständige Daten über gebrauchte Holzelemente sind unter anderem neben der Vermeidung von Verbundkonstruktionen, neben dem notwendigen Vorlauf von 12 Monaten eine weitere elementare Voraussetzung für die Rücknahme von Bauteilen. Mit der Speicherung der Daten in einem digitalen Gebäuderessourcenpass und der Verknüpfung mit dem Materialkatalog ergeben sich neue große Möglichkeiten für den zirkulären Holzbau.

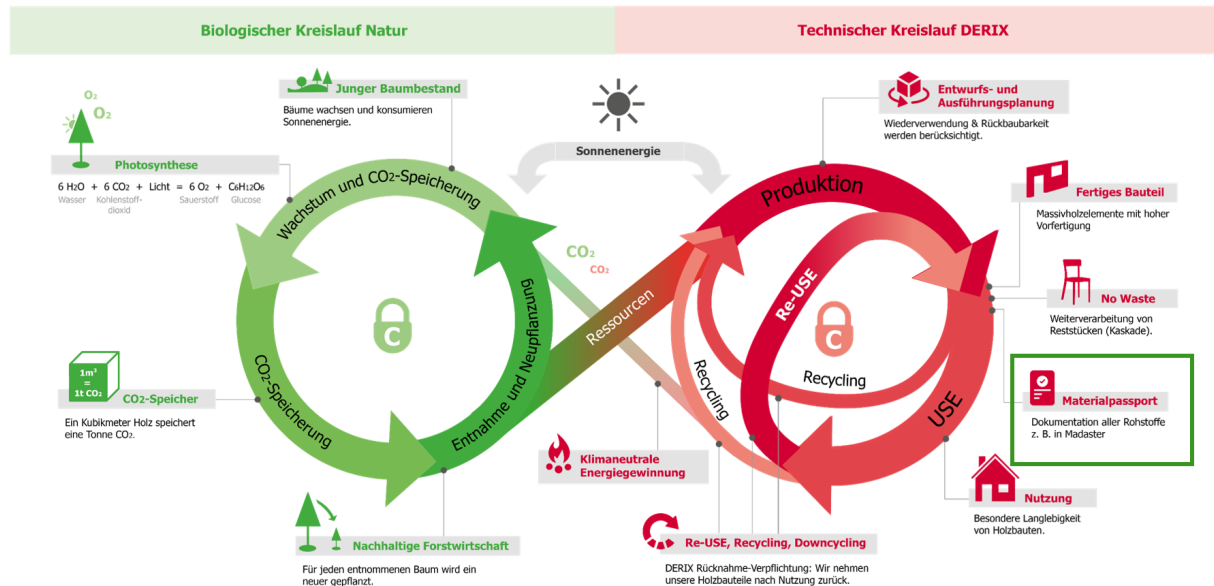


Abbildung 3: Unendlichkeitskreislauf mit DERIX Rücknahmeverpflichtung (markiert: Materialpass)

## 2.3. Schnittstelle CAD – madaster

Bislang blieben die detaillierten Informationen aus den Produktionsdaten (der digitale Zwilling) nach Abschluss der Bauteilproduktion weitestgehend ungenutzt. Mit der Einführung von digitalen Gebäuderessourcenpässen ändern sich die Rahmenbedingungen für Datenverfügbarkeit jedoch grundlegend zum Positiven.

DERIX und madaster haben hier gemeinsam eine Schnittstelle zum Planungsprogramm CADWORK, das von der DERIX-Gruppe in der Konstruktion genutzt wird, programmiert. Mit wenigen Klicks in der Attributisierung der Bauteilinformationen werden sämtliche Bauteile mit ihren Informationen bzw. Attributen in die Plattform madaster eingelesen.

Mein Dashboard  
Favoriten  
Derix GmbH & Co.  
Lieferprojekte  
Montageprojekte  
Niederkrüchten  
Westerkappeln  
Derix GmbH & Co. (NK)  
Derix GmbH & Co. (WK)  
Systemdatenbanken & Produzenten  
Informationen  
Support

Suchen

Filtern nach

Hersteller  
W. u. J. Derix ... 7  
Produkttyp  
Volumen 8  
Material 2  
Menge 1  
Status 1  
Aktiv 11

Informationen zur Datenbank

| Name                                     | Produktcode | Type     | Hersteller              |
|------------------------------------------|-------------|----------|-------------------------|
| <input type="checkbox"/> BSH GL24C NK    |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |
| <input type="checkbox"/> BSH GL24H NK    |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |
| <input type="checkbox"/> BSH GL28C NK    |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |
| <input type="checkbox"/> BSH GL28H NK    |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |
| <input type="checkbox"/> BSH GL30C NK    |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |
| <input type="checkbox"/> BSH GL30H NK    |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |
| <input type="checkbox"/> Elastomerflager |             | Material |                         |
| <input type="checkbox"/> OSB Platte      |             | Volumen  |                         |
| <input type="checkbox"/> Stahlbauteile   |             | Material |                         |
| <input type="checkbox"/> VBM             |             | Menge    |                         |
| <input type="checkbox"/> XLAM NK         |             | Volumen  | W. u. J. Derix GmbH Co. |

Zellen pro Seite: 50 1-11 von 11

2023 - Madaster (Build: 22437)

Abbildung 4: Datenübernahme nach madaster

Die DERIX-Gruppe kooperiert mit madaster, um die Kreislaufwirtschaft in der Bau- und Immobilienbranche zu fördern und den ersten Schritt (Anlegen des Projektes mit sämtlichen Holzbau-Daten) für den Bauherrn bereits mit Abnahme zu liefern. Künftig kann das Ingenieurholzbau-Unternehmen DERIX der Plattform so auf Wunsch des Eigentümers sämtliche digitale Tragwerksdaten aus den eigenen Holzbauprojekten zur Verfügung stellen und so effektiv zur zirkulären Verwendung der Baustoffe beitragen.

Auf der Cloud-Plattform sind die Bestandteile des Holzbaus damit dokumentiert, sodass die Bauteile und Materialien bei einem späteren Rückbau effizient wiederverwendet werden können. Die hier dokumentierten Rohstoffe können dann beim Rückbau der Immobilie über Rohstoffbörsen zum Verkauf angeboten und für den Bau neuer Holzbauten genutzt werden. Ziel ist die Etablierung einer erfolgreichen Kreislaufwirtschaft: Nur wer weiß, was in einem Gebäude steckt, kann es als «Materiallager» nutzen.





## **Projekte mit Ausstrahlung in Köln für NRW**

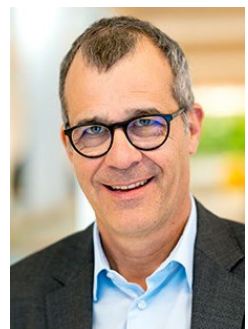


# Friedrich und Karl – Nachverdichtung DuMont Areal, Köln

Stefan Höher  
Bauwens Development  
Köln, Deutschland



Konrad Merz  
merz kley partner  
Dornbirn, Österreich





# Friedrich und Karl – Nachverdichtung Areal Druckzentrum Neven-DuMont

## 1. Ziele der Projektentwicklung

### 1.1. Städtebau

Das ca. 2 ha. große Projektgrundstück liegt stadteinwärts von Norden kommend nur etwa 10 min. entfernt von der bekannten Kölner Skyline mit Dom und Hohenzollernbrücke. Die Zentralität und der unmittelbar gegenüber angrenzende noch im Betrieb befindliche Niehler Hafen geben der Lage eine für die zukünftige städtebauliche Entwicklung im Kölner Norden prägende Bedeutung. Mit der Entwicklung des Büroquartiers Friedrich und Karl erhält Köln einen neuen Stadteingang mit Strahlkraft auf künftige Entwicklungen in der Umgebung.

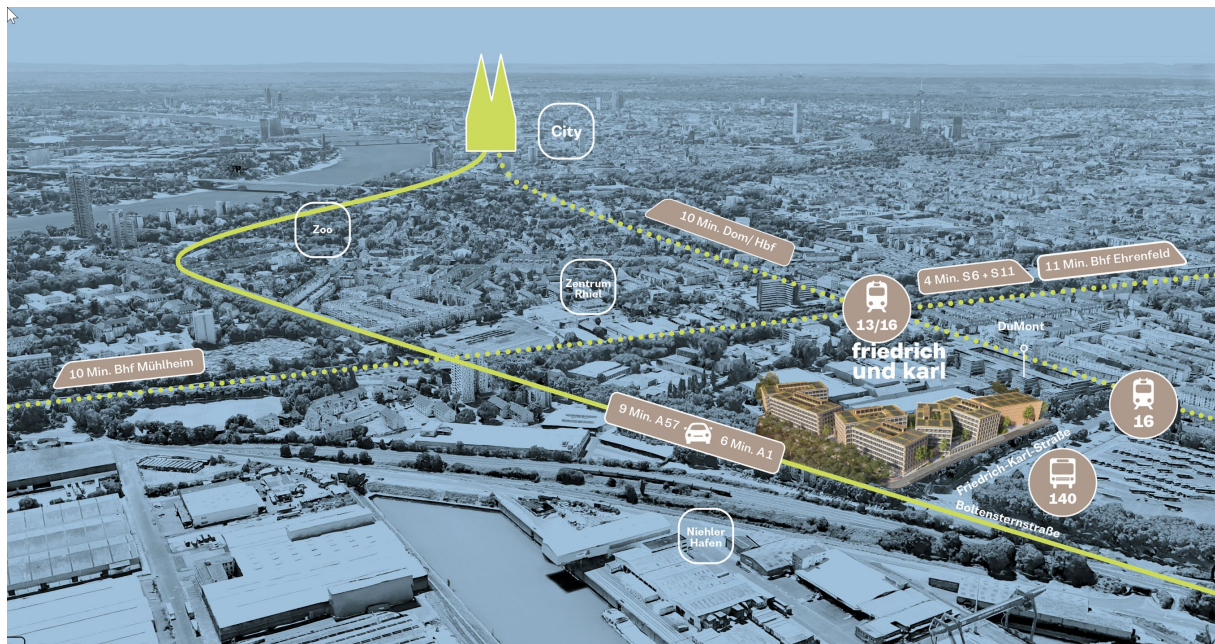


Abbildung 1: Lage des Projektgrundstücks

### 1.2. Wettbewerbsziel Klimaneutralität

In der Vorbereitung zum mehrstufigen Architektur-Wettbewerb wurden die wesentlichen Ziele der Bebauungs-Konzeption seitens der Bauherrenschaft mit Politik und Verwaltung vorabgestimmt. Umfangreiche Vorstudien zu Ausnutzungsdichte, verkehrlicher Erschließung und Umweltbelangen fanden Eingang in die Ausschreibungsunterlagen. Mit Blick auf eine Minimierung der klimarelevanten Auswirkungen des Projekts wurde bereits in der Wettbewerbsvorbereitung ein Klimaschutz- und Energieversorgungskonzept erarbeitet, das den Teilnehmern verbindlich zur Vorgabe gemacht wurde mit dem Ziel, ein klimaneutrales Büroquartier nach Definition der DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen) zu errichten. Dies setzt voraus, dass vor Ort mindestens genausoviel CO<sub>2</sub>-Äquivalente durch regenerative Stromproduktion kompensiert werden, wie durch den Betrieb des Gebäudes emittiert werden.

### 1.3. Nachhaltigkeit messbar machen und wirtschaftlich umsetzen

Alle Planungen werden kontinuierlich auf ihren Einfluss auf CO<sub>2</sub>-Emission über den ganzen Lebenszyklus hin dokumentiert und bewertet. Weichen die Parameter von dem gesetzten Ziel der Klimaneutralität ab, muss regelmäßig in der Planung nachgeschärft werden. Der gleiche Maßstab wird auch für die wirtschaftlichen Kennzahlen zugrunde gelegt, um den Nachweis zu erbringen, dass Nachhaltigkeit bezahlbar sein kann. An diesen beiden gleichbedeutenden Betrachtungsweisen orientieren sich alle wesentlichen Entscheidungen in der Projektentwicklung.

## 2. Prozessoptimierung zur Zielerreichung

### 2.1. Auswahl der Bau- und Planungsteams

Zur Erreichung der Projektziele steht die sorgfältige Auswahl des Planungsteams am Beginn der Projektentwicklung. Die Philosophie von Bauwens («Von Anfang an richtig») bedingt eine frühe Festlegung auf das für die Ausführung vorgesehene Team. Das enge Zusammenspiel von Projektentwicklung und Bauausführung ist ebenso entscheidend für den Erfolg wie die Bereitschaft aller am Projekt beteiligten Planer, eigene Zielsetzungen dem Gesamterfolg unterzuordnen.

### 2.2. BIM - Koordination

Die BIM-Planungs-Methodik ist ab der Entwurfsphase verbindlich in jedem Projekt vorgeschrieben. Dies erlaubt eine intensive Vorabstimmung und Verständigung der Planungsteams mit dem für das BIM-Management Verantwortlichen bei Bauwens während der frühen Projektphasen und sichert einen reibungslosen Übergang zum Start der Modellierung.

### 2.3. Einbindung des Preconstruction-Partners

Dem Umstand der Projektgröße geschuldet ist es erforderlich, frühzeitig mit der Bauindustrie in Kontakt zu treten, um entsprechende Kapazitäten zu sichern und um die wesentlichen Fragen der Baubarkeit vorabzustimmen. Hierbei spielt es im Bereich der Holz-Hybrid-Bauweise eine große Rolle, ob man sich innerhalb oder außerhalb genormter Bauverfahren bewegt. Die Abstimmungen hierzu finden bereits in der Vorentwurfsphase statt, um aufwändige Umlanungen zu vermeiden.

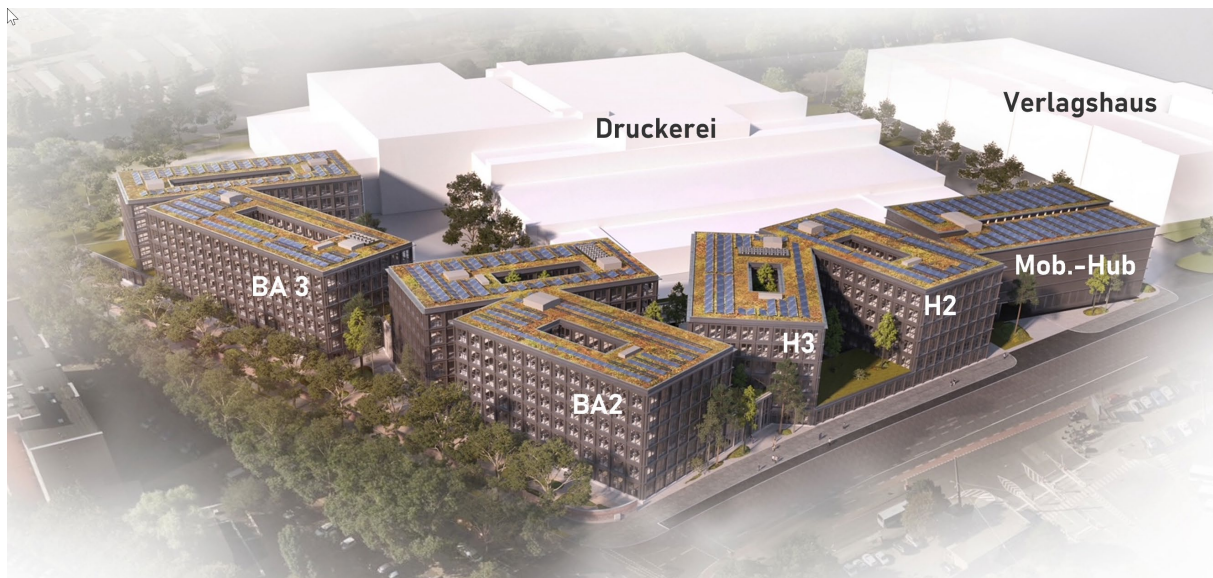


Abbildung 2: Städtebauliche Gesamtfigur

## 3. Ganzheitliches Energiemanagement

### 3.1. Einbindung Impact

Bereits in der Konzeption des Projektes wurde festgelegt, dass die Umsetzung des ambitionierten Energiekonzeptes mit Geothermie, Wärmepumpentechnologie und Solar-Kraftwerk in enger Abstimmung mit dem späteren Contractor für die Energie-Dienstleistungen Impact erfolgen soll.

### 3.2. Festlegung der Schnittstellen

Wesentlicher Erfolgsgarant ist die saubere Definition der Schnittstelle zwischen dem Leistungsbereich der technischen Gebäudeausrüstung und der Energiezentrale, die ihre Leistung aus der auf dem Dach installierten Photovoltaik-Anlage erhält und diese über die Ansteuerung der Saug- und Schluckbrunnen in Heiz- und Kühlenergie für das Bürogebäude umsetzt.



Das Zusammenspiel dieser beiden Disziplinen mit dem Ingenieurbüro für Hydrologie setzt eine frühzeitige Festlegung auf die Energieform Geothermie voraus, insbesondere wenn, wie hier der Fall, eine Anbindung an das örtliche Fernwärmenetz nicht gegeben ist.

## 4. Entwurfsgrundlagen

### 4.1. Nutzung

Insgesamt sind knapp 2.500 Arbeitsplätze verteilt auf 6 Baukörper mit je sechs Geschossen vorgesehen. Hinzukommen Flächen für Schulungsbetrieb, Kantine und Konferenzzonen. Die Gebäude sind nur teilweise unterkellert, um die erforderlichen Technikräume und geringe Lagerkapazitäten zu platzieren. Alle sechs Baukörper sind im Erdgeschoss miteinander verbunden. Dem Ensemble angegliedert ist ein Mobilitäts-Hub, dessen Erdgeschoss ausschließlich der Unterbringung von Fahrradstellplätzen sowie der Anlieferung und Versorgung der Gesamtanlage dient.



Abbildung 3: Lageplan

### 4.2. Fassaden

Bereits im Wettbewerbskolloquium wurde über die angemessene Materialität für ein Bürogebäude in Holz-Hybrid-bauweise eingehend diskutiert. Hierbei spielen aus Sicht der Projektentwicklung die Langlebigkeit und die Wartungsarmut eine deutlich größere Rolle als die kurzfristig, zu erzielende Aufmerksamkeit für in hiesigen Breiten unübliche Ausführungen in Holz als sichtbarer Baustoff im Außenbereich. Nach eingehender Abwägung der Vor- und Nachteile von in Frage kommenden Materialien für die Schutzschicht der in Holzrahmen-Bauweise konstruierten Gebäudewände fiel die Entscheidung der Bauherren auf eine klassische Metallhaut, die ihren Vorteil u.a. darin hat, dass keine Gerüste für die Ausbildung der Fassadenarbeiten erforderlich sind und dass ein insgesamt hoher Grad an Vorfertigung sichergestellt werden kann.

### 4.3. Raumkonzept Regeletagen

Für den üblichen Bürobeford wurde ein Regelmodul entwickelt, dass zur Aufnahme eines Doppelarbeitsplatzes ideale Abmessungen im Hinblick auf Belichtung, Belüftung und erforderliche Bewegungsflächen bietet. Hierauf wurde das Tragraster des konstruktiven Holzbaus hin optimiert.



## 5. Konstruktion

### 5.1. Anforderungen und Vorgaben

Die Nachhaltigkeit spielt bei der Umsetzung eine wesentliche Rolle. Es soll in ökologischer Hinsicht Maßstäbe setzen und dabei wirtschaftlich und effizient sein. Planungs- und Ausführungssicherheit soll durch Vorfertigung und Baustellenmanagement nach Lean gewonnen werden. Daraus ergibt sich der Anspruch, wesentliche Details in Zusammenarbeit mit allen Fachplanern und Pre-Con Partnern zu erarbeiten. Weiterhin die Einbindung der Zertifizierungssysteme DGNB und QNG, die Ökobilanzierung und die Wahl der baubiologisch geeigneten Materialien, auch im Hinblick auf die Rückbaubarkeit.

Der Gebäudekomplex wird als Sitz einer Verwaltungsbehörde des Bundes genutzt werden und hat demnach im Wesentlichen die Anforderungen an ein Bürogebäude mit Nutzlasten von 3,5 kN/m<sup>2</sup> zu erfüllen. Sämtliche Dächer, die nicht begehbar sind, sind weitestgehend frei von technischen Aufbauten und können daher mit einer extensiven Begrünung und einer PV Anlage versehen werden. Dachterrassen zur Nutzung des Außenraumes oder zur Begrünung der eingeschnittenen Höfe sind teils extensiv, teils intensiv begrünt.

### 5.2. Materialisierung

Der Gebäudetrakt H1, der Mobilitätshub, ist eine Stahl-Beton Hybridkonstruktion in Systembauweise. Alle anderen Gebäudetrakte sind Holz-Beton Hybridkonstruktionen. Wo vorhanden, sind die Untergeschosse in wasserundurchlässiger Ortbetonbauweise ausgeführt. Ebenfalls in Ortbeton sind die Erdgeschosse und pro Gebäude jeweils zwei Erschließungskerne. Gegründet wird die gesamte Konstruktion auf einer Pfahlfundation. Die Gebäudehülle hat einen Glasanteil von ca. 50%. Die geschlossenen Teile sind Holzrahmenelemente, die außenliegend mit einer Aluminiumverkleidung und Raffstoreanlagen gegen Verwitterung geschützt werden.

### 5.3. Holztragwerk

Das Holztragwerk der Bürogebäude besteht aus einer Skelettkonstruktion, welche durch Stahlbetonkerne stabilisiert wird. Die Decken des Skelettbaus werden aus Brettschichtholzbalken, welche auf Unterzügen aus Brettschichtholz aufliegen, aufgebaut. Auf den Deckenbalken liegen Betonfertigteile als «Schalung» für den weiteren Bodenaufbau. Sie sind «lose» auf die Balken gelegt und wirken nicht im Verbund mit diesen. Bei der kleinen Deckenspannweite in den Fluren, wird auf Balken verzichtet, um mehr Platz für die Haustechnik zu schaffen. Das tragende Deckenelement ist hierbei nurmehr die Stahlbetonplatte. Die Unterzüge liegen sowohl in der Fassadenachse, als auch in den Innenachsen auf Holzstützen auf, welche Last bis auf den Massivbau führen.

Die Aussteifung des Holzbaus erfolgt durch die Ausbildung einer Deckenscheibe in der Ebene des Stahlbetons indem die Fugen der Fertigteile vergossen werden und nachträglich zusätzliche Gurtbewehrung eingebaut wird. Die Deckenscheibe wird kraftschlüssig mit den Massivbaukernen verbunden. Auch hier erfolgt der Kraftfluss durch Fugenverguss und rückbiegbare Bewehrungen in den Kernen.

Die weit gespannte Foyerdächer werden durch Brettschichtholzbinder überspannt. Zwischen den Holzbinder sind Stahlbeton-Flachdecken als Fertigteile geplant.

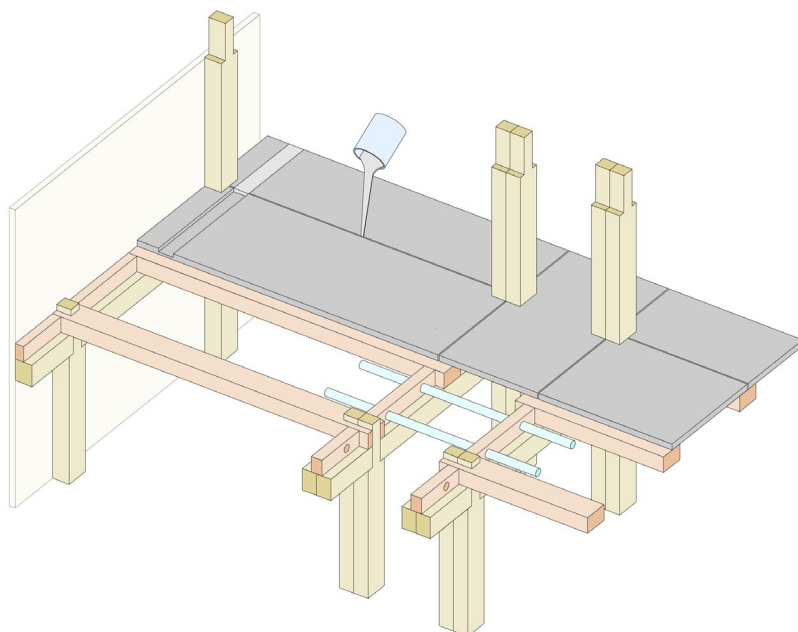


Abbildung 4: Prinzip der Holztragkonstruktion

## 5.4. Montagekonzept

Das Holztragwerk soll in Abschnitten montiert und bei schlechtem Wetter oder sonstigen Montageunterbrüchen mit mobilen Mitteln temporär vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Konstruktion der Gebäudehülle noch nicht abschließend festgelegt. Darum der Platzhalter in der Abbildung 5. Idealerweise wird die Gebäudehülle aber gemeinsam mit den Stützen vorgefertigt und montiert, so dass auf eine temporäre Fassade als Witterungsschutz verzichtet werden kann. Die Vergussarbeiten zum Ausbilden der Deckenscheibe kann nachlaufend erfolgen.

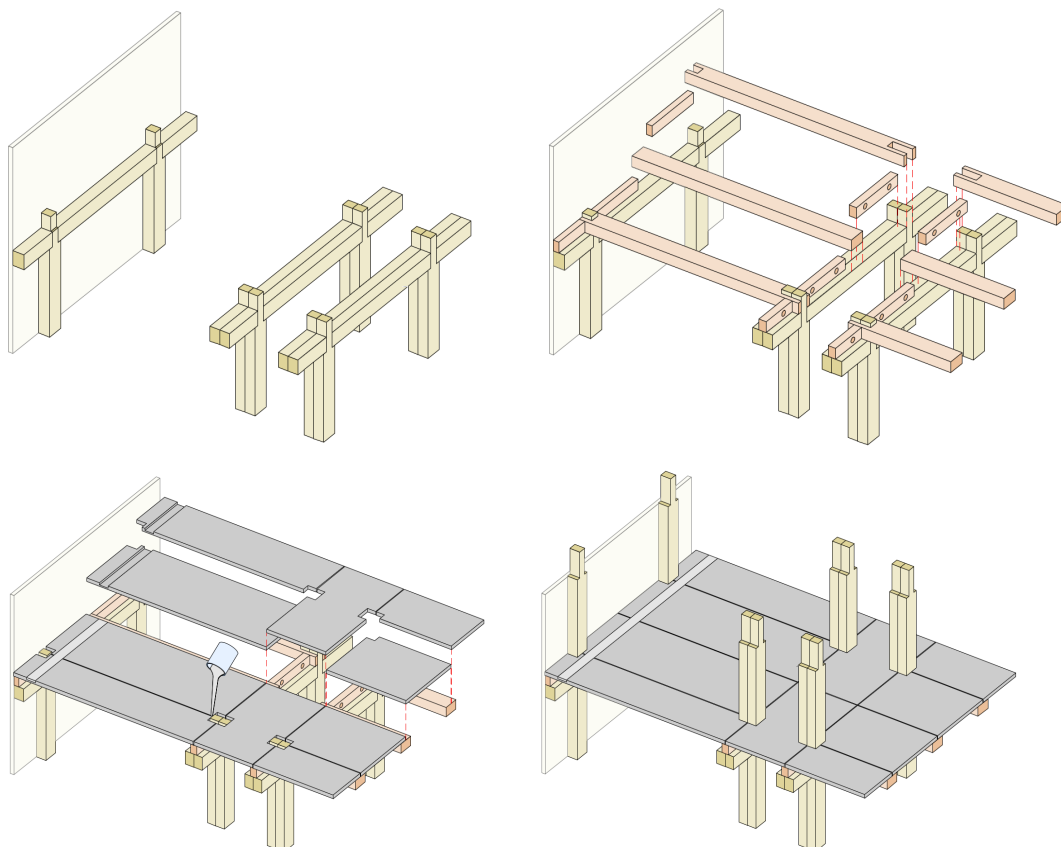


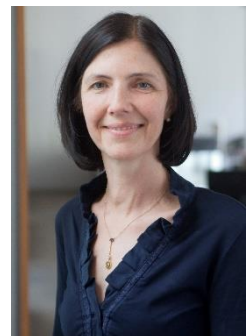
Abbildung 5: Montageabfolge

## 6. Am Bau Beteiligte

|                              |                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bauherr                      | PE FKS GmbH & Co. KG, vertreten durch<br><b>Bauwens Development GmbH &amp; Co. KG</b><br>Holzmarkt 1, 50672 Köln                                                |
| Generalunternehmer           | <b>Bauwens Construction GmbH &amp; Co. KG</b><br>Holzmarkt 1, 50672 Köln                                                                                        |
| Entwurfsverfasser            | <b>Wiel Arets Architects</b><br>Prinzregentenstraße 93, 81677 München                                                                                           |
| Objektplaner                 | <b>HKR+ Architekten</b> Architektur<br>Leyendeckerstraße 35-37, 50825 Köln                                                                                      |
| Tragwerksplanung             | <b>merz kley partner</b><br>Sägstraße 6, A-6850 Dornbirn<br><br><b>bwp Burggraf + Weber Beratende Ingenieure GmbH</b><br>Lyonel-Feininger-Straße, 80807 München |
| Prüfingenieur                | <b>Dipl.-Ing. Alexander Pirlet</b><br>Hohenstaufenring 48-54, 50674 Köln                                                                                        |
| Brandschutzplanung           | <b>Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH &amp; Co. KG</b><br>Meinhardshof 1, 38100 Braunschweig                                                               |
| Prüfingenieur f. Brandschutz | <b>KLW Ingenieure GmbH &amp; Co. KG</b><br>Hauptstraße 5, 12159 Berlin                                                                                          |
| Pre Con Partner Holzbau      | <b>WIEHAG Bau GmbH</b><br>Linzer Straße 24 A-4950 Altheim                                                                                                       |

# Neubau Gesamtschule Fitzmauricestraße Köln

Barbara Schaeffer  
Molestina Architekten + Stadtplaner  
Köln, Deutschland



Fynn Rösch  
Assmann Beraten + Planen  
Hamburg, Deutschland





# Neubau Gesamtschule Fitzmauricestraße Köln



Anfang 2023 hat die Gebäudewirtschaft der Stadt Köln den Bau einer Gesamtschule in der Fitzmauricestraße in Köln-Ossendorf in unmittelbarer Nähe zum ehemaligen Flughafengelände am Butzweiler Hof vergeben. Ab Herbst 2023 wird gebaut. Es wird ein Schulgebäude für eine noch zu gründende neue Gesamtschule, sechszügig in der Sekundarstufe I, fünfzügig in der Sekundarstufe II sowie eine Zweifach- und Dreifachsporthalle realisiert.

In Zeiten finanzieller Knappheit, Klimawandel, demographischer Veränderungen und verbreiteten Kulturspannungen bietet der Bau einer neuen Schule die Chance, zumindest auf der Ebene der Architektur eine verantwortungsvolle Haltung gegenüber großen Unsicherheiten zu vermitteln. Anstatt kurzlebigem, zweckgebundenem Bauen, sollen die Materialien einer Schule langfristig klar und verständlich sein; die Konstruktion und Raumstruktur ehrlich und nachvollziehbar. Es kommt darauf an, einen Lernort zu schaffen, der die Schülerinnen und Schüler mit deren Umwelt verbindet; eine Schule, die auf natürliche, nachhaltige Materialien und Bauweise und auf eine direkte Architektursprache setzt. Es sollen Raumatmosphären geschaffen werden, die es erlauben, eine starke Verbindung zwischen den Klassenzimmern und dem Außenraum herzustellen, und die Jahreszeiten und Umwelt in übertragenem Sinne verfolgen lassen. Auf subtile und beständige Weise vermittelt eine Schule über die Jahre der Schulzeit gesellschaftliche Werte – nicht nur durch Lerninhalte, sondern auch indirekt durch die Räume, in denen das Lernen stattfindet.

## 1. Städtebau



Das Grundstück befindet sich an der Ecke Fitzmauricestraße/Hugo-Eckener-Straße und erstreckt sich im rückwärtigen Bereich einer bestehenden Wohnbebauung entlang der Fitzmauricestraße. Die neue Schulanlage versteht sich als eine additive Anreicherung von 4 verschiedenen Modulen («Häusern»), die den großen Maßstab des Raumprogramms in kleinere Bauvolumina gliedern. Die kreuzförmigen Module schaffen kleinformatige Höfe, die sich zu einer Seite komplett öffnen. Den Schülerinnen und Schülern wird eine Auswahl an Außenräumen angeboten: von den großformatigen Freiräumen im Westen, über die auch die Erschließung der «Häuser» erfolgt, zu den ruhigen kleinteiligen Höfen im Osten, die von Klassenzimmern umgeben sind. Zusätzlich zu den vier «Häusern» steht das «Sporthaus» an der prominentesten Ecke des Grundstücks, Hugo-Eckener-Straße/Ecke Fitzmauricestraße, als unabhängiger Solitär. Es stellt ein sichtbares Angebot an das umliegende Quartier dar, und kann völlig unabhängig von der restlichen Schule von außen benutzt werden.

## 2. Architektur





Das klare, vorgegebene pädagogische Konzept wird konsequent in ein additives, architektonisches Modul übersetzt. Das Herz des Grundmoduls ist der Cluster, der als integrativer Raum samt Lichthof im Kern eines jeden Moduls angeordnet ist – als Mitte des Drehkreuzes, von dem sich vier mögliche Achsen ableiten. Dieses Grundmodul ist das Grundthema, das in Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Raumkombinationen im Programm variiert. Es entstehen vier Hauptvarianten des Grundmoduls mit unterschiedlichen Funktionen:

### **Modul 1:**

**Das Eventhaus**, welches den Haupteingang in Verbindung mit der Aula und Mensa im Erdgeschoss und Bibliothek, Verwaltung, Lehrräume für Kunst, Darstellen/Gestalten und Musik im 3. Obergeschoss beherbergt.

### **Modul 2/3:**

**Das große Lernhaus** mit doppelten Clustern für die Sekundarstufe 1 und im obersten Geschoss das naturwissenschaftliche Cluster, zugänglich auch von den anderen «Häusern».

### **Modul 4:**

**Das kleine Lernhaus** mit den drei Clustern der Sekundarstufe 2. Im obersten Geschoss befindet sich das Cluster Hauswirtschaft und Technik mit den dazugehörigen Werkstätten.

## **2.1. Vernetzung der Häuser untereinander**

Im 3. Obergeschoss sind alle Häuser miteinander verbunden, und eine Begehbarkeit des gesamten Hauses, ohne andere Cluster zu queren, ist auf dieser Ebene gegeben.

## **2.2. Klassenzimmer**

Die den Klassenräumen vorgeschalteten Laubengänge dienen nicht nur als zweiter Rettungsweg, sondern bieten mit einer Breite von ca. 2,5 m bei passendem Wetter die Möglichkeit, die Klassenzimmer großzügig nach außen zu öffnen und den Außenraum nutzbar zu machen.

## **2.3. Sporthaus**



© Molestina Architekten + Stadtplaner



Das Sporthaus beherbergt die Zwei- und Dreifachsporthallen sowie die dazugehörigen Umkleide- und sonstigen Nebenräume.

Im 3. Obergeschoss befinden sich Technikflächen sowie die Hausmeisterwohnung als Penthouse-Wohnung, welche durch das Treppenhaus und den Aufzug barrierefrei erschlossen wird. Die 3-Zimmer-Wohnung hat eine großzügige nach Westen orientierte Terrasse. Aufgrund der Lage der Wohnung ist die Privatheit des Hausmeisters gewährleistet, vor Schalllärm und ungewollten Einblicken geschützt.

Unter der Sporthalle befindet sich eine Tiefgarage mit 43 Parkplätzen, sowie weitere Technikflächen.

### 3. Fassaden



Die Module der Häuser 1-4 erhalten eine Klinkerfassade mit Glasbändern entlang der Längsseite der Klassenzimmer. Die Laubengänge vor den Klassenzimmern bestehen aus einer hellen Stahlkonstruktion mit Betonfertigteildecken. Durchlaufende Pflanztröge ermöglichen eine Begrünung, die auch von den Schülerinnen und Schülern gepflegt werden kann und die Jahreszeiten botanisch erlebbar werden lässt.

Außenliegende Sonnenschutzrollos gliedern die Fassade und unterstützen durch die Farbgebung die Individualität der Häuser.

Die Aula ist ein selbstständiger, wenn auch seitlich angeschlossener Baukörper, der sich entsprechend seines repräsentativen Charakters durch eine farbig glasierte Klinkerfassade absetzt.

Das Sporthaus ist ebenfalls als selbstständiger Baukörper konzipiert, der gut sichtbar ist und eine große Ausstrahlungskraft in Richtung Nachbarschaft nach Norden ausweist. Er erhält ebenfalls eine farbig glasierte Klinkerfassade.

### 4. Begrünung

Das Dach des Schulgebäudes wird als Retentionsdach mit Null-Gefälle ausgebildet. Über der extensiven Dachbegrünung werden PV-Module installiert. Die Sheddachkonstruktion der Sporthalle ist auf der vertikalen Nordseite großzügig verglast, die nach Süden orientierte, geneigte Dachfläche erhält vollflächig PV-Module.

Die Pflanztröge auf den Laubengängen dienen ebenfalls als «Retentionsraum» und nehmen das Regenwasser, welches sich auf den Laubengängen sammelt, auf und geben dieses verzögert und in der Menge reduziert nach unten weiter. So wird die Intensität der mit Trinkwasser gespeisten Tröpfchenbewässerung reduziert, welche mittels Feuchtigkeitsmesser reguliert wird. Regenwasser wird grundsätzlich auf dem Grundstück gehalten und nicht in das öffentliche Kanalnetz eingespeist. Hierzu sind in den Freiflächen Versickerungsmulden und Rigolen geplant. Die notwendigen Stauvolumen für Starkregenereignisse sind auf dem Grundstück berücksichtigt.

Alle Baum- und Strauchpflanzen werden hinsichtlich der Bienen- und Insektenfreundlichkeit sowie dem Klimawandel ausgewählt. Einzelne Wandflächen werden mit Rankpflanzen begrünt.

## 5. Brandschutz

Das Gebäude wird in feuerbeständiger Bauweise (REI 90) in einer Holzhybrid-Konstruktion erstellt. Alle tragenden Bauteile werden in einer Heißbemessung für 90 Minuten Feuerwiderstand nachgewiesen oder konstruktiv durch eine Brandschutzbekleidung geschützt. Die notwendigen Treppenräume und Brandwände werden als massive Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen erstellt. Die Unterrichtsräume sind in Lerncluster mit einer Fläche von ca. 600 m<sup>2</sup> angeordnet. Weiter sind ergänzende brandschutztechnische Separierungen innerhalb der Cluster möglich. Die Rettungswege mit außenliegenden Fluchtbalkonen, Außentreppen und notwendigen Treppenräumen sind so dimensioniert, dass ausreichende Kapazitäten selbst bei Vollbelegung aller Bereiche vorgehalten werden können. Die Fluchtbalkone und Außentreppen sind als Stahlkonstruktionen ohne Feuerwiderstand geplant.

Ergänzend wird eine flächendeckende Brandmeldeanlage mit Aufschaltung zur Feuerwehr vorgesehen. Über geeignete Flächen im Außenbereich ist der Zugang für die Feuerwehr zu allen relevanten Stellen uneingeschränkt möglich.

## 6. Tragwerk

Für die Gesamtschule in der Fitzmauricestraße in Köln ist eine Holzhybrid-Konstruktion vorgesehen. Die Gründung, Treppenhauskerne und Brandwände werden dabei komplett aus Stahlbeton hergestellt. Die übrige Konstruktion vom Erdgeschoss bis zum 3. Obergeschoss besteht aus einer Holzhybrid-Konstruktion.

Um eine möglichst einheitliche und wirtschaftliche Tragstruktur zu erzeugen, ist das gesamte Gebäude so aufgebaut, dass alle Klassenräume und auch die Bereiche um die Innenhöfe der Cluster über alle Geschosse weitestgehend identisch aufgebaut sind. Dadurch ist es möglich einen Skelettbau mit gleichbleibender Deckenspannweite unter 7 m zu realisieren. Für diese Spannweite ist eine Holzbeton-Verbund-Konstruktion als Deckenbauteil vorgesehen. Die HBV-Decke wird als 15 cm Stahlbetonfertigteile mittels Kervenverguss auf der Baustelle mit den Holzdeckenbalken verbunden. Durch die schubsteife Verbindung mittels Kerven zwischen den unteren Holzbalkenquerschnitten und dem darüber liegenden Überbeton, macht man sich die positiven Eigenschaften beider Materialien zu Nutze und ermöglicht einen schnellen Bauablauf. Durch die Masse und Höhe des auf Druck beanspruchten Betons werden alle Schall- und Brandschutzanforderungen erfüllt. Die auf Zug beanspruchten Holzbalken (28/36 cm) bringen durch die statische Höhe zusätzliche Steifigkeit und sorgen für eine ansprechende Oberfläche. Um gleichzeitig für die Raumakustik eine positive Wirkung zu erzeugen, können die Bereiche zwischen den Holzbalken mit akustischen Elementen versehen bzw. bekleidet werden.

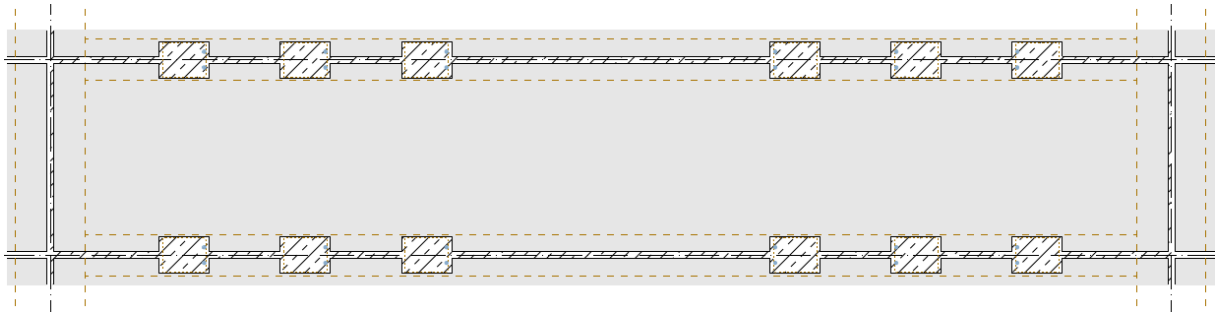


Abbildung 1: HBV-Decke mit Vergusskernen

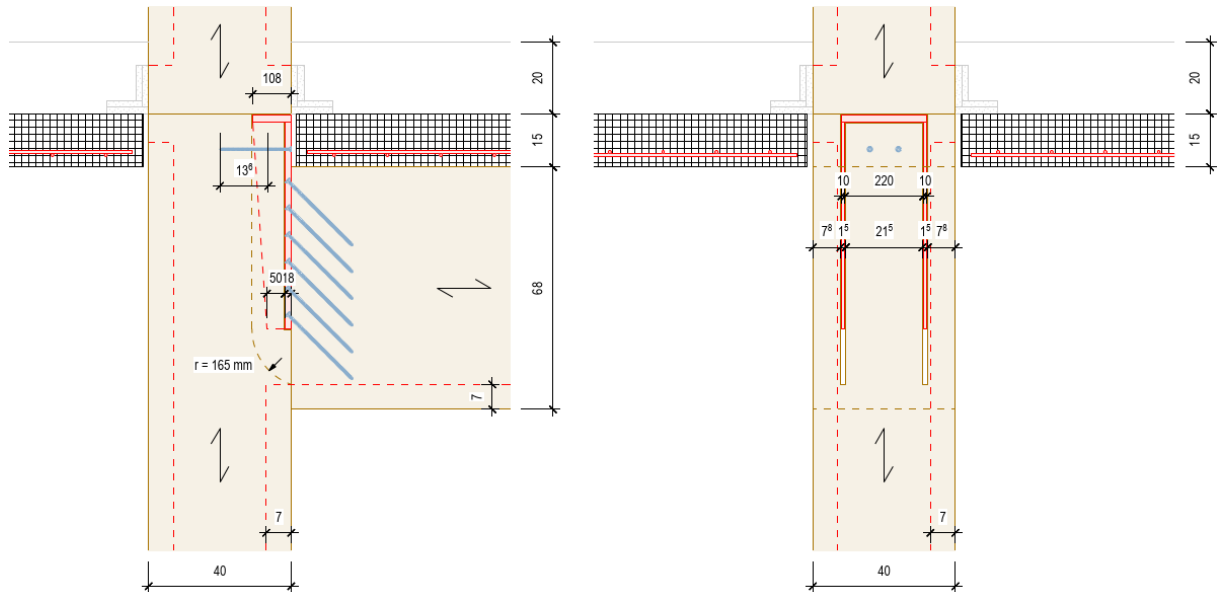


Abbildung 2: Anschluss Mittelbalken an eine Stütze

An den Außenwänden und im Gebäudeinneren lagern die Decken auf Brettschichtholz Unterzügen. Diese geben die Lasten über Stahlhängeverbinder direkt an Holzstützen weiter, die ebenfalls in dem beschriebenen, regelmäßigen Raster angeordnet sind. Die Wandoberflächen der Brettsperrholzwände können so variabel gestaltet werden. Soll die Holzoberfläche sichtbar bleiben, sind die Bauteile so bemessen, dass sie im Brandfall einen genügend großen Restquerschnitt aufweisen. In Teilbereichen werden die Brettsperrholzwände mit Gipsfaserplatten bekleidet.

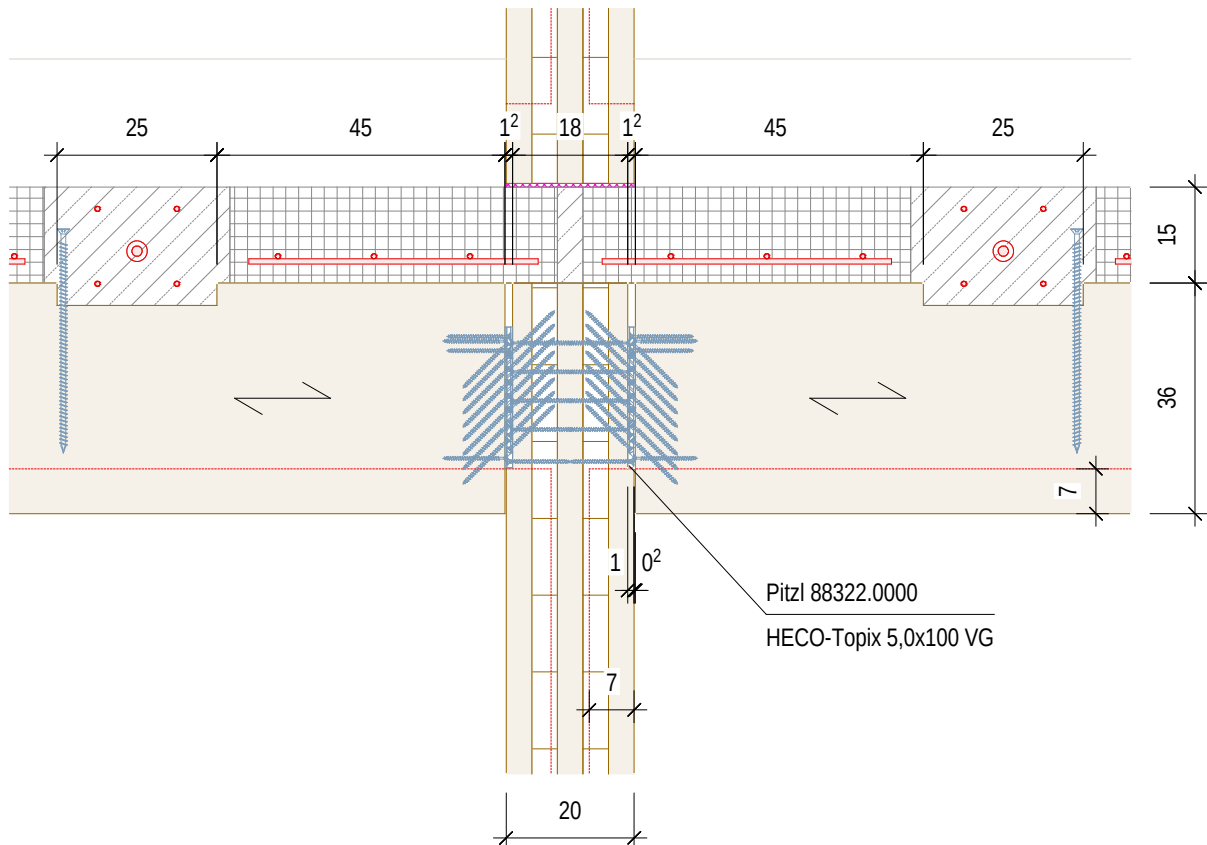


Abbildung 3: Anschluss HBV-Decke an eine BSP-Wand

Um eine saubere Lastweiterleitung in die unteren Geschosse und letztlich die Fundamente gewährleisten zu können, sind die Tragachsen und die einzelnen Stützen exakt unter- bzw. übereinander angeordnet. Die Aussteifung des Gebäudes wird durch horizontale Decken- bzw. Dachscheiben gebildet. Für diese Scheibenwirkung sorgt der Überbeton der Holzbeton-Verbund-Deckenkonstruktion. Von den Deckenscheiben werden die horizontalen Lasten an die Stahlbeton-Treppenkerne und an die jeweils an den Enden der Cluster angeordneten Brettsperrholzwände eingeleitet. Diese leiten die Lasten anschließend in die Gründungsbauteile bzw. den Baugrund ab. Gerade für die Abtragung der erhöhten Erdbelastungen eignen sich die duktil angeschlossenen Wände sehr.

Die Konstruktion des Sporthauses ist ebenfalls ein Hybridbau. Die Dachkonstruktion besteht aus einer Sheddach-Holzkonstruktion. Die schrägen Flächen werden dabei aus einer klassischen Balkenlage mit oberseitiger Dämmung gebildet. Die Balken liegen dabei als Zweifeldträger auf drei Hauptträgern auf. Die Hauptträger überspannen die ca. 28 m der Sporthalle in 11 Achsen. Die Hauptträger bestehen aus Brettchichtholz. Seitlich lagern diese Träger auf Stahlbetonwänden.

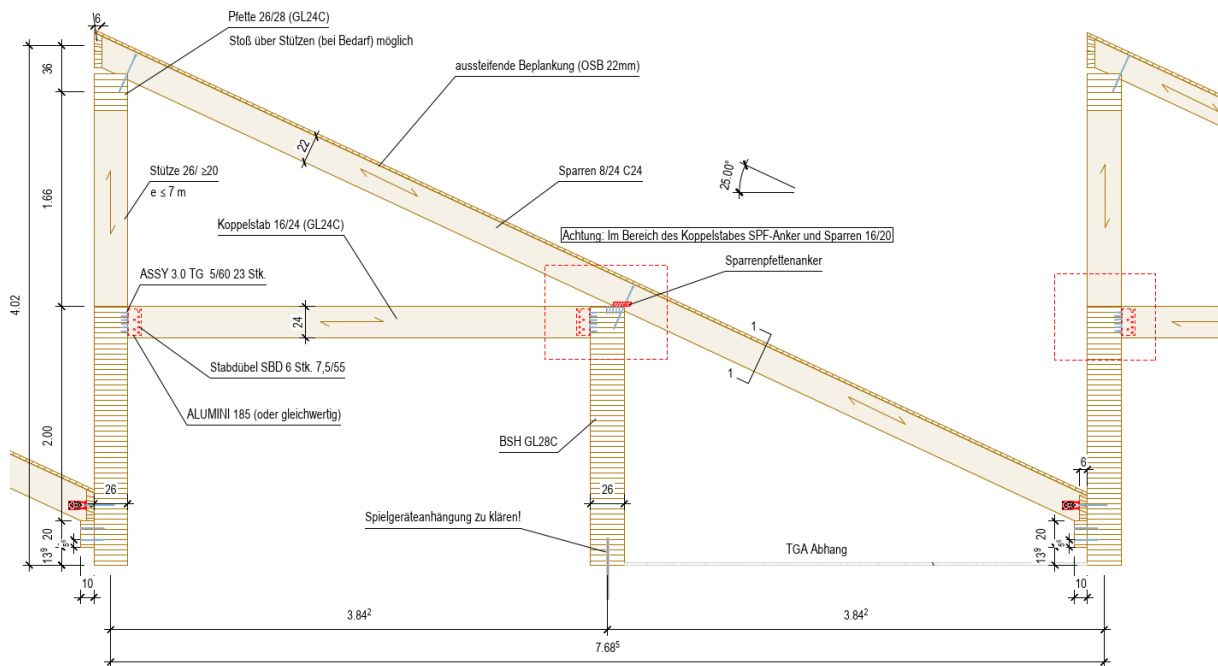


Abbildung 4: Sheddach der Sporthalle

Auch die übrige tragende Konstruktion der Sporthalle sowie des anschließenden Sozialtraktes besteht aus Stahlbeton. Die Geschossdecke der Turnhalle wird über vorgespannte PI-Decken realisiert.

Im Bereich der Geräte- und Umkleideräume werden insgesamt drei tragende Achsen in Form von Stahlbetonbauweise erstellt.

## 7. Tages- und Kunstlichtplanung

Ziel der Tages-/Kunstlichtplanung ist, die anzustrebende dynamische Lichtversorgung so weit wie nur irgend möglich dem Tageslicht zu überlassen und nur in den entsprechend identifizierten Bereichen angemessen mit Kunstlicht zu ergänzen und somit auch den Einsatz von Kunstlicht/Ressourcen zu minimieren.

In ausgewählten, repräsentativen Klassenräumen, erfolgt die Auswertung der Tageslichtverfügbarkeit in Bezug auf die tatsächliche Wirksamkeit auf die retinalen Ganglienzellen im Auge.

## 8. DGNB – Zertifizierung

Nachhaltiges Bauen bedeutet einen bewussten Umgang und Einsatz vorhandener Ressourcen, die Minimierung von Energieverbrauch und ein Bewahren der Umwelt. Dabei basiert das gängige Nachhaltigkeitskonzept auf einem Dreisäulenmodell bestehend aus: Ökonomie, Ökologie und Sozialem. Diese Idee lässt sich auch auf das Bauen übertragen. Die Ökonomie bezieht sich darauf, dass wir Gebäude wirtschaftlich sinnvoll und über dessen gesamten Lebenszyklus betrachten. Die Ökologie steht – vereinfacht gesprochen – für den ressourcen- und umweltschonenden Bau von Gebäuden. Im Fokus des Sozialen steht der Nutzer des Gebäudes. Von nachhaltigem Handeln kann also dann gesprochen werden, wenn diese drei Dimensionen in Einklang gebracht sind.

Das Nachhaltigkeitskonzept der DGNB geht jedoch noch einen Schritt weiter und setzt auf insgesamt sechs Themenfelder. So spielen zusätzlich zur Ökologie, Ökonomie und den soziokulturellen und funktionalen Aspekten auch die Technik, der Prozess und der Standort bei der Planung und dem Bau von Gebäuden eine Rolle.

Für die objektive Bewertung und Beschreibung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Quartieren gibt es das DGNB-Zertifizierungssystem. Es bewertet die Qualität im umfassenden Sinne, über den kompletten Gebäudelebenszyklus von 50 Jahren hinweg.

## 9. Fazit

Das Gesamtensemble der neuen Schule an der Fitzmauricestraße stellt einen markanten Schwerpunkt des urbanen Lebens in der gesamten Nachbarschaft dar und bildet eine funktionale, kompakte Schullandschaft, die die Komplexität der Schulabläufe entzerzt, sie erlebbar und verständlich macht.

Dank seiner elementierten und in Teilen vorgefertigten Bauweise kann die Schule auch in einem kompakten Zeitablauf erstellt werden, ohne Abstriche in der Gesamtkonzeption zu machen und in voller Würdigung der hohen pädagogischen und sozialen Repräsentanz, die sie darstellt.





**Mittwoch, 18. Oktober 2023**

**Block C1  
Effizienter Modulbau**



# Modulare Steigzone als Problemlöser im Planungs- und Bauprozess

Michael Schär  
Tecslot  
Luzern, Schweiz





# Vorfabrizierte Haustechnik-Module als Problemlöser

## 1. Vorfertigung der Haustechnik

Das Thema Vorfertigung mit den damit einhergehenden Vorteilen ist im Holzbau schon länger bekannt. Die Haustechnik-Branche ist diesbezüglich ziemlich im Hintertreffen. Dies kann sich nun ändern – mit Tecslot.

Tecslot entwickelt und baut Haustechnik-Module, welche primär im Wohnungsbau mit eher grösserem Repetitionsgrad zur Anwendung kommen.

Die fertigen Module gelangen wetterfest verpackt auf die Baustelle, wo sie schnell in den Rohbau integriert werden können – Stockwerk für Stockwerk. Dies ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Integration der Gebäudetechnik in einer frühen Bauphase. Mit der Fertigstellung des Rohbaus sind bereits alle gebäudetechnischen Steigzonen im Gebäude integriert und müssen nur noch an vorgesehenen Stellen untereinander verbunden werden. Je grösser die Überbauung, desto interessanter wird die Tecslot-Lösung. Mit steigender Stückzahl wird die Planung für alle Beteiligten effizienter, die Kosten können gesenkt und der Bauprozess stark beschleunigt werden.

In die vorfabrizierten Schachtmodule von Tecslot können die gesamten Gebäudetechnik-Steigleitungen und Verteilungen von Lüftung, Heizung, Sanitär, Elektro und Multimedia integriert werden. Die Module sind individuell auf das jeweilige Bauprojekt anpassbar. Die vorgefertigten Haustechnik-Module leisten Ihren Beitrag zu mehr Vorfertigung in der Haustechnik.

## 2. Kooperationspartner

Bei Tecslot vereinen sich die Kompetenzen der beiden Unternehmen schaerholzbau ag und Wirkungsgrad Ingenieure AG. Die Energie- und Gebäudetechnik – Ingenieure aus Luzern bringen Ihre Erfahrung in der Planung und Realisation von Gebäudetechnik in dieses gewerkeübergreifende Produkt ein. Von schaerholzbau aus dem luzernischen Altbüron stammt das Know-how im Holz-Elementbau. Die Module werden im Werk von schaerholzbau produziert.

## 3. Gewerke



Abbildung 1: In den Haustechnikmodulen mögliche Gewerke

### 3.1. Lüftung

Mit Tecslot können verschiedene Arten von Lüftungskonzepten integriert werden. Ob kontrollierte Wohnungslüftung oder eine einfachere Grundlüftung (KWL-Light) – alles ist möglich.

### 3.2. Heizung

Die Steigzone mit Vor- und Rücklauf sowie der Heizungsverteiler, mit oder ohne Wärmezähler, sind im Modul integriert und müssen nur noch von Stockwerk zu Stockwerk miteinander verbunden werden.

### 3.3. Sanitär

Warm- und Kaltwasser sind inklusive Verteiler und Zähler vorbereitet. Optional können auch Abwasser- und Regenwasserleitungen oder sogar ganze Vorwandelemente mit Sanitärapparaten integriert werden.

### 3.4. Elektro

Leerrohre für Steigleitungen und Zuleitungen sowie Unterverteilungen und Sicherungskästen können brandschutz-technisch korrekt in die Module integriert werden.

### 3.5. Multimedia

Multimediaverteiler zur Erschliessung der Wohnung mit Internet, Telefon und Netzwerk finden im Modul Platz.

## 4. Einbaulösungen

In Deutschland, Österreich und der Schweiz ist (fast) jedes Gebäude ein Unikat, dementsprechend flexibel gestaltbar sind auch die Tecslot-Module. Sie werden früh in der Planungsphase implementiert.

Das Modul kann sich dem gewünschten Einbauort anpassen:

Ob im Treppenhaus **(A)**, hinter einer Schrankfront **(B)**, frei stehend mit Abdeckung **(C)** oder in einer Nasszelle **(D)** – das Schachtmodul lässt sich in der Dimension und Form auf die räumlichen Gegebenheiten adaptieren.

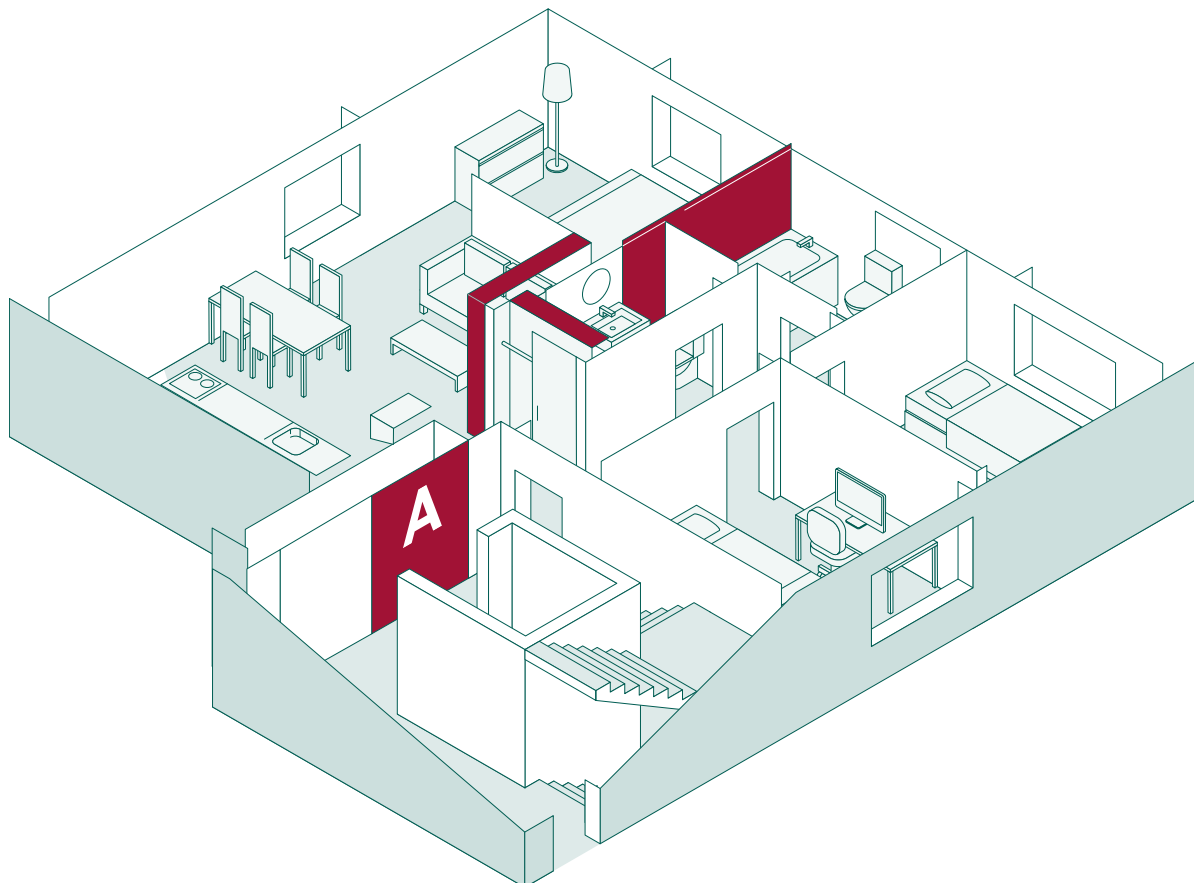


Abbildung 2: Einbausituationen für Haustechnik-Module in eine Wohnung

## 5. Konfigurator

Die grosse Mehrheit der Neubauten werden als individuelle Prototypen gebaut. Die Steigzone erfüllt überall die gleichen Funktionen, wird jedoch für jedes Projekt neu geplant, entwickelt und ausgeführt. Um auf die individuellen Ansprüche und Begebenheiten eingehen zu können, und trotzdem ein standardisiertes Modul herzustellen, setzt Tecslot einen Konfigurator ein. Mit wenigen Klicks kann auf der Website von Tecslot ([www.tecslot.ch](http://www.tecslot.ch)) eine individuelle Steigzone konfiguriert werden. In einem Expertenmodus kann das Modul weiter detailliert konfiguriert und final geplant werden.

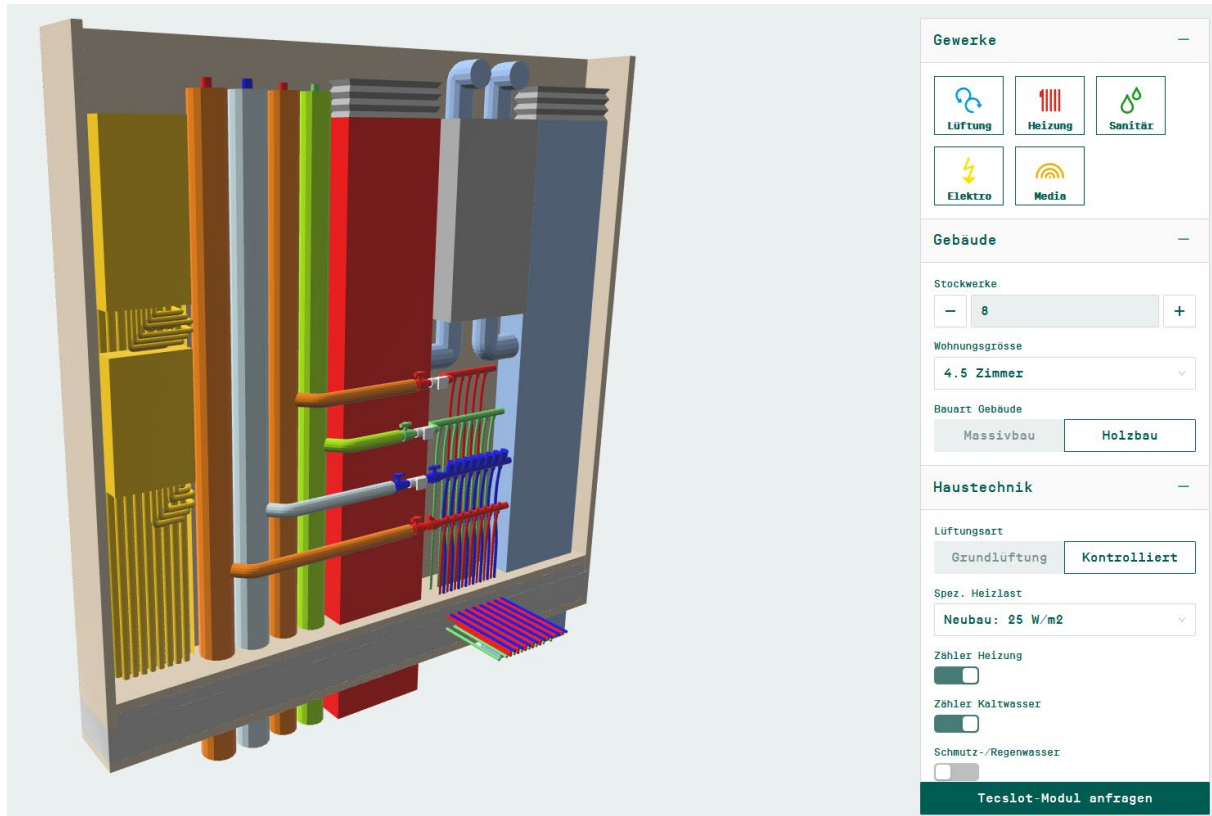


Abbildung 3: Konfigurator

## 6. Haustechnik-Module als Problemlöser

Durch vorgefertigte Haustechnik-Module können einige aktuell auf Baustellen und in Planungsprozessen vorherrschenden Probleme gelöst werden:

### 6.1. Kürzere Bauzeit

Die vorgefertigten Module werden fixfertig auf die Baustelle geliefert und mit dem Kran versetzt. Nun werden nur noch die Anschlüsse der Etagen angeschlossen – fertig. Dies verkürzt die Bauzeit enorm.

### 6.2. Geringere Kosten

Die Vorfertigung im Werk erlaubt eine deutlich effizientere Verarbeitung als auf dem Bau. Gegenüber der konventionellen Montage vor Ort können Kosten gesenkt werden. Je mehr einheitliche Schachtmodule, desto interessanter wird die preisliche Ausgestaltung.

### 6.3. Individuell anpassbar

Die Planer und Architekten des Bauprojekts bestimmen die Modulstandorte im Grundriss, die Form und Abmessung, die Anordnungen der Gewerke sowie deren technische Ausrüstung. Die Module werden projektspezifisch mit dem Planungsteam umgesetzt.



#### **6.4. Einfacherer Unterhalt**

Der Unterhalt im Betrieb wird einfacher, da alles zentral über das Modul zugänglich sowie einheitlich und sauber montiert ist.

#### **6.5. Brand- & Schallschutz gelöst**

Der Brand- und Schallschutz wird von Anfang an mitgedacht und ist gelöst bei der Einbringung der Module. Nachträgliche Abschottungen vor Ort entfallen.

#### **6.6. Einfachere Koordination**

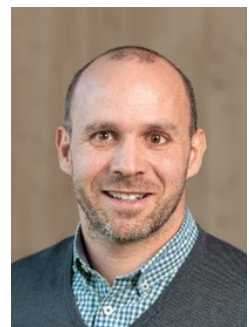
Die Lösungssuche zwischen Architekten und Haustechnikern entfällt, da bereits in einer frühen Planungsphase alle Verteilerstandorte und Steigleitungen definiert sind. Dies sorgt für eine effiziente Planung.

#### **6.7. Gesteigerte Qualität**

Zeitdruck und schlechte Koordination führen auf der Baustelle oft zu Ungenauigkeiten. Die Tecslot-Module kommen funktionsfertig und geprüft auf die Baustelle.

# **Einfluss der Gebäudehöhe auf den Schallschutz im modularen Geschossbau – aktuelle Messungen vom Luisenblock West, Berlin**

Hendrik Reichelt  
Kaufmann Bausysteme GmbH  
Reuthe, Österreich





# Einfluss der Gebäudehöhe auf den Schallschutz im modularen Geschossbau – aktuelle Messungen vom Luisenblock West, Berlin

## 1. Einleitung

Die Geschichte von KAUFMANN BAUSYSTEME GMBH beginnt mit Holz. Ganz natürlich. Statt von Innovation sprach man vor über 65 Jahren von Weiterentwicklung und von der bestmöglichen Nutzung des Werkstoffes Holz. Ganz im Sinne der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit. Daran hat sich bis heute nichts verändert.

Mit dem Projekt Hotel Ammerwald in Reutte, Österreich, gelang es 2009 das erste Großprojekt in Modulbauweise umzusetzen. Damit wurde der Startschuss für das serielle Bauen mit Holzmodulen gesetzt, wo zuvor der Holzmodulbau nur für kleine Anbauten oder Einzimmerappartements angewandt wurde. Weitere Projekte mit immer wiederkehrenden, gleichen Wohneinheiten für Hotels, Gesundheitszentren und Studentenwohnheimen konnten in der Folge umgesetzt werden. Mit dem Studentenwohnheim «Woodie», einem 6-geschossigen Gebäude mit Brettsperrholz als sichtbares Material für die Tragstruktur, konnte das erste Holzgebäude in Gebäudeklasse 5 in Hamburg errichtet werden.



Abbildung 1: Hotel Ammerwald, Reutte, AT  
© Adolf Bereuter



Abbildung 2: Woodie; Hamburg, DE  
© Götz Wrage

Neben den, für sich als geschlossene Appartements, eingesetzten Raummodulen hat sich die Modulbauweise auch für die Herstellung von Wohnhäusern für Mehrzimmerwohnungen, sowie Schul- und Bürogebäuden etabliert. Das bisher größte von Kaufmann Bausysteme umgesetzte Bauprojekt ist das Bürogebäude auf dem Luisenblock West in Berlin. Das Bürogebäude (17.100 GBF) mit 400 Büros, bestehend aus 455 einzelnen Raummodulen, wurde in einer Bauzeit von weniger als 15 Monaten fertiggestellt und im Dezember 2021 an den Bauherrn übergeben.



Abbildung 3: Luisenblock West, Berlin, DE  
© Sauerbruch Hutton Gesellschaft von Architekten mbH

Alle diese seriell gefertigten Projekte sind für sich immer Prototypen gewesen, die für die Baugenehmigung den örtlichen Anforderungen an die Tragfähigkeit, den Brandschutz, die Energieeffizienz, ... und den SCHALLSCHUTZ entsprechen mussten.

Der Nachweis für die Erfüllung der Schallschutzanforderungen kann bisher in der Holzmodulbauweise nur über Bauschallmessungen vor Ort erbracht werden. Für einen rechnerischen Nachweis steht derzeit kein bauaufsichtlich eingeführtes Bemessungskonzept zur Verfügung. Das planerische Risiko für den Schallschutz liegt somit bei der ausführenden Firma. Um dieses Risiko für Kaufmann Bausysteme stetig zu minimieren, werden schallschutzspezifische Fragestellungen bei laufenden Bauprojekten untersucht.

Bei dem Projekt Luisenblock West wurde der Einfluss der Geschoßhöhe auf den Luft- und Trittschallschutz der Geschoßdecken durch eine systematische Messreihe untersucht, die im vorliegenden Beitrag diskutiert wird.

## 2. Besonderheiten der Raummodulbauweise in Bezug auf den Schallschutz

Die dreidimensionalen Raummodule werden bei Kaufmann Bausysteme ausschließlich in holzmassivbauweise errichtet und in einer Werkhalle vorgefertigt. Der Vorfertigungsgrad kann hierbei bis hin zu der fest installierten Möblierung ausgeweitet werden. Jedenfalls können alle Oberflächen, Anschlüsse und Installationen in hoher Qualität vorgefertigt und die Montagezeiten auf der Baustelle auf ein Minimum reduziert werden. Die Module werden für gewöhnlich als Quader ausgeführt und bestehen aus vier rechteckigen Wandelementen, einem Boden- und einem Deckenelement. Wird aus mehreren Modulen ein Raum errichtet, zum Beispiel für ein größeres Büro oder Klassenzimmer, so werden Wandelemente durch Träger und Stützen ersetzt.

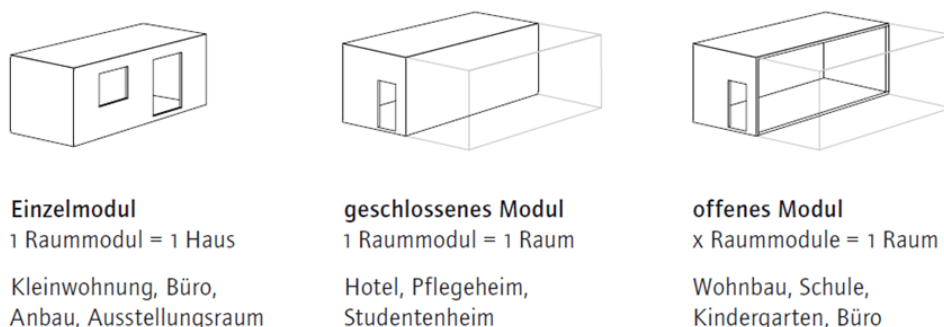
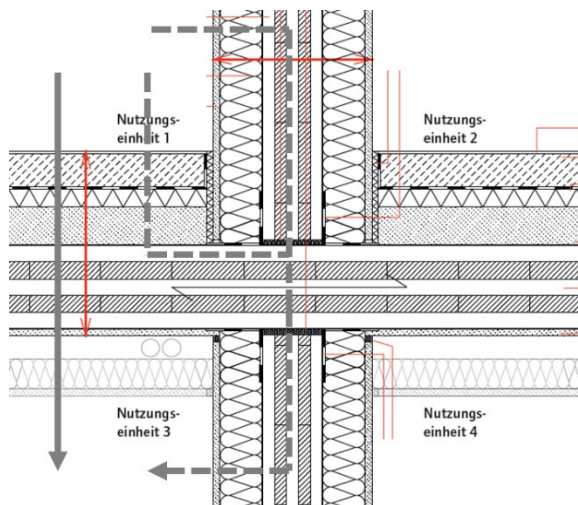
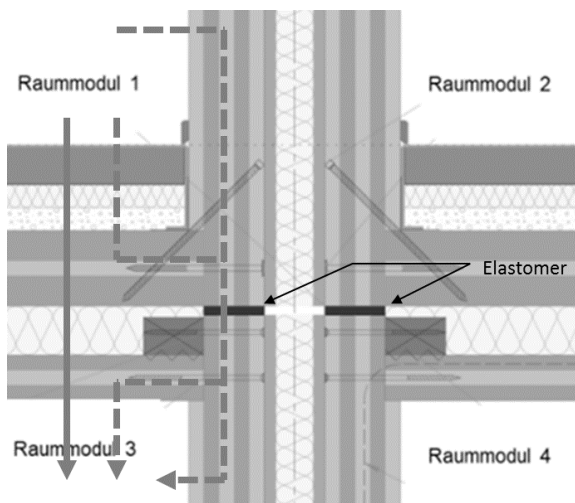


Abbildung 4: Module mit unterschiedlichen Öffnungen (Quelle: zuschnitt 67 Raumstapel S.6; proHolz Austria)

Durch die Fügung der Module auf der Baustelle zu einem Gebäude findet man im Gegensatz zum zweidimensionalen Elementbau immer «doppelte» Trennwände und -decken, die zu einander einen bestimmten Abstand haben. Dies mag auf den ersten Blick zu Mehrkosten führen. Diese werden jedoch durch andere Vorteile, wie eine kurze Bauzeit kompensiert. Zusätzlich sind Vorsatzschalen meist überflüssig. Daraus resultiert, dass die Oberflächen der tragenden Trennwände und -decken optimaler Weise in Holz-sichtoberflächen, allenfalls mit einem Anstrich, ausgeführt werden.

Die Mehrschaligkeit der Wände und Decken wirkt sich auf die Direktschallübertragung (durchgezogene Linie) positiv aus. Das Fehlen von Vorsatzschalen ist für die Schallübertragung über die Schallnebenwege (gestrichelte Linie) bei den Decken von Nachteil. Aus diesem Grund werden übereinanderliegende Module auf Elastomerlager gestellt. Der Vergleich der Regeldetails der konventionellen Brettsperrholzbauweise in Abbildung 5 und der Holzmodulbauweise in Abbildung 6 verdeutlicht wie bedeutend das Elastomerlager für die Unterbindung der Schallübertragung über die Schallnebenwege ist.

Abbildung 5: Knotendetail Massivholzbauweise  
(Quelle: Bauteilfügung twmxgdm02 www.dataholz.eu)Abbildung 6: Knotendetail Holzmodulbauweise  
(Quelle: Kaufmann Bausysteme GmbH)

Um eine optimale Entkopplung durch die Elastomerlager erzielen zu können, müssen diese aufgrund der vorherrschenden statischen Belastung nach ihrer statischen Belastbarkeit ausgewählt werden. Als Modell für die Auslegung der Lager wird das Prinzip des Ein-Massenschwingers herangezogen und die vorherrschende Eigenfrequenz  $f_0$  bestimmt, die wiederum als Indiz für die Wirksamkeit der Entkopplung herangezogen wird. Auf die genaue Schwingungslehre wird an dieser Stelle nicht eingegangen und auf [1] verwiesen. Die Eigenfrequenz  $f_0$  ist bekanntermaßen proportional von der mitschwingenden Masse  $m$  (Gewicht der Module) und der Federsteifigkeit  $k$  (dyn. Steifigkeit des Elastomerlagers) abhängig. Dies bedeutet, dass mit steigender Auflast die Steifigkeit des Elastomerlagers erhöht werden kann um die gleiche Abstimmungsfrequenz zu erhalten. In der Baupraxis werden in einem Gebäude deshalb je Etage unterschiedlich steife Lager eingebaut, von weicher oben nach steifer unten.

Ob diese Theorie des Ein-Massenschwingers auf die Holzmodulbauweise anzuwenden ist wurde mit der im Folgenden diskutierten Messreihe untersucht.



### 3. Beschreibung der Messreihe am Bürogebäude Luisenblock West

Der Luisenblock West ist ein 7-geschossiges Bürogebäude (EG + 6 OG) in Massivholzmodulbauweise, das in einer H-Form orientiert ist. An dem Erschließungskern in Beton-Massivbauweise (Querstich im H) schließen die Holzmodule in alle vier Richtungen an.

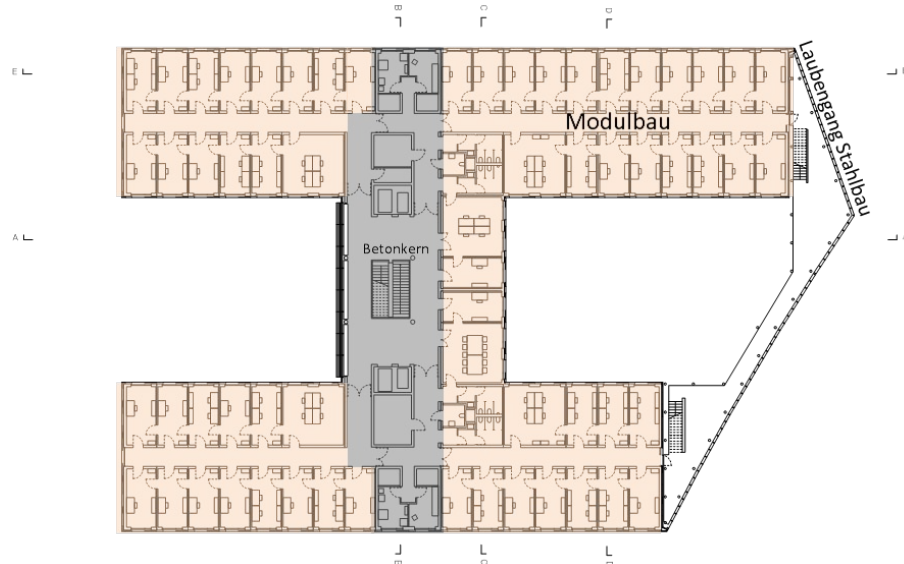


Abbildung 7: Grundriss Luisenblock West © Kaufmann Bausysteme GmbH



Abbildung 8 Längsschnitt Luisenblock West © Kaufmann Bausysteme GmbH

Zur Untersuchung des Einflusses der Gebäudehöhe auf den Luft- und Trittschallschutz in der Geschößtrennung wurden insgesamt 44 Trittschallmessungen und 14 Luftschallmessungen an jeweils übereinanderliegende Büros durchgeführt (Siehe ↓ in Abbildung 8). Bei der Auswahl der übereinanderliegenden Räume für die Schallmessung wurde darauf geachtet, dass Module mit unterschiedlicher Orientierung im Gebäude ausgesucht wurden. Die Anforderungen an den Trittschall wurden mit einem bewerteten Normtrittschallpegel  $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$  und für den Luftschall mit einem bewerteten Bau-Schalldämmmaß  $R'_{(w)} \geq 54 \text{ dB}$  vom Bauherren festgelegt.

Das holzbau handbuch Reihe 5 Teil 3 Folge 1 Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung [2] definiert das Schallschutzniveau mit Basis, Basis+ und Komfort in Tabelle 2 auf Seite 13. Anhand dieser Tabelle ist die Qualität der verbauten Situation im vorliegenden Projekt besser einzuordnen. Für sämtliche Messungen werden deswegen die Messergebnisse inkl. der Spektrumsanpassungswerte zur Berücksichtigung der Frequenzen ab 50 Hz mit ausgewertet.

**Tabelle 2 | Normative Anforderung und Empfehlung für wichtige Zielwerte**

| 1                                                                     | Schallschutzniveau                                                                                            |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       | 2                                                                                                             | 3                                                                                 | 4                                                                                 |
| Bauteil / Übertragungsweg:                                            | BASIS $\triangle$ DIN 4109-1:2018                                                                             | BASIS +                                                                           | KOMFORT                                                                           |
| 1 Wohnungstrennwand                                                   | $R'_{w} \geq 53 \text{ dB}$                                                                                   | $R'_{w} \geq 56 \text{ dB}$                                                       | $R'_{w} \geq 59 \text{ dB}$                                                       |
| 2 Reihenhaustrennwand                                                 | $R'_{w} \geq 62 \text{ dB}$                                                                                   | $R'_{w} \geq 62 \text{ dB}$<br>$R_w + C_{50-5000} \geq 62 \text{ dB}^{1) 5)}$     | $R'_{w} \geq 67 \text{ dB}$<br>$R_w + C_{50-5000} \geq 65 \text{ dB}^{1) 5)}$     |
| 3 Wohnungstrenndecke                                                  | $R'_{w} \geq 54 \text{ dB}$                                                                                   | $R'_{w} \geq 57 \text{ dB}$                                                       | $R'_{w} \geq 60 \text{ dB}$                                                       |
| 4 Wohnungstrenndecke<br>Trittschallpegel                              | $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}^{3)}$                                                                            | $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$<br>$L_{n,w} + C_{150-2500} \leq 50 \text{ dB}^{2)}$ | $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$<br>$L_{n,w} + C_{150-2500} \leq 47 \text{ dB}^{2)}$ |
| 5 Dachterrassen und Loggien mit<br>darunterliegenden Wohnräumen       | $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$                                                                                 | $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$                                                     | $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$                                                     |
| 6 Decken unter Laubengängen<br>(in alle Schallausbreitungsrichtungen) | $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$                                                                                 | $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$                                                     | $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$                                                     |
| 7 Treppenlauf und Treppenpodest                                       | $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$                                                                                 | $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$                                                     | $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$                                                     |
| 8 Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109      | Anforderungen nach DIN 4109<br>inkl. Berücksichtigung $c_{tr,50-5000}$<br>für das opake Bauteil <sup>4)</sup> |                                                                                   |                                                                                   |
| 9 Weitere Bauteile                                                    | nach DIN 4109-1:2018                                                                                          | nach DIN 4109-1:2018                                                              | nach DIN 4109-5:2019 <sup>6)</sup>                                                |

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

Abbildung 9: Tabelle 2 Normative Anforderungen und Empfehlungen für wichtige Zielwerte aus holzbau handbuch R3T3F1 [2]



### 3.1. Auswertung Trittschallmessungen

Für die Trittschallmessungen wurde an 7 Positionen (vgl. Abbildung 9) übereinanderliegenden Räumen vom 6. bis zum 1.(wo möglich auch ins EG) ausgewählt.



Abbildung 10: Positionen der Trittschallmessungen ©Kaufmann Bausysteme GmbH

Die Auswahl der Messpositionen wurde so getroffen, dass neben dem Einfluss der Geschöb- höhe weiter Faktoren untersucht werden können, die möglicherweise das Trittschallmesser- gebnis beeinflussen. Es wurde darauf geachtet, dass vergleichbare Situationen mindesten an zwei unterschiedlichen Stellen im Gebäude gemessen wurden.

- TS .233 Büro als Eckmodul mit Anschluss an die Fluchttreppe
- TS .277 Büro als Modul mit Anschluss an die Brandwand
- TS. 241 Büro aus zwei Modulen mit Anschluss an Beton Kern
- TS. 338 Büro aus zwei Modulen mit Anschluss an Beton Kern
- TS. 330 Büro als Modul zwischen anderen Modulen
- TS. 335 Büro als Modul zwischen anderen Modulen
- TS .333 Büro als Eckmodul

Zusätzlich wurden zur Kontrolle auch noch Stichprobenmessungen an weiteren Stellen im Gebäude gemacht.

Für die Auswertung der Messergebnisse wurden folgende Vergleiche angestellt und auf den Einfluss der Geschöb- höhe geachtet.

1. TS .233 mit TS .333 und TS .227
2. TS .330 mit TS .335
3. TS .241 mit TS .338
4. TS .233, .277, .330, .333, .335 mit TS .241, .338

Beispielhaft wird an dieser Stelle die Auswertung für den ersten Vergleich dargestellt. Die Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 zeigen die bewerteten Einzahlwerte der Messungen. Die Ergebnisse sind in Bezug zur Gebäudeausrichtung in absteigender Richtung angeführt. (oberste Zeile Messung vom 6. ins 5. Geschoss, nächste Zeile Messung vom 5. ins 4. Geschoss usw.)

Tabelle 1: Einzahlwerte Trittschallmessungen Position .233

| Messung | M-Nr. | Senderraum (SR) | SR Stockwerk | SR Volumen | Empfangsraum (ER) | ER Stockwerk | ER Volumen | Fläche Trennbauteil | Lage der Räume zueinander | $L'_{n,w}$ | $L'_{n,w}+Ci$ | $L'_{n,w}+Ci50$ |
|---------|-------|-----------------|--------------|------------|-------------------|--------------|------------|---------------------|---------------------------|------------|---------------|-----------------|
| TS      | 001   | 6.233           | 6            | 51 m³      | 5.233             | 5            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 41         | 43            | 51              |
| TS      | 002   | 5.233           | 5            | 49 m³      | 4.233             | 4            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 42         | 44            | 49              |
| TS      | 003   | 4.233           | 4            | 49 m³      | 3.233             | 3            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 44         | 44            | 51              |
| TS      | 004   | 3.233           | 3            | 49 m³      | 2.233             | 2            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 41         | 43            | 51              |
| TS      | 005   | 2.233           | 2            | 49 m³      | 1.233             | 1            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 42         | 43            | 50              |
| TS      | 006   | 1.233           | 1            | 49 m³      | 0.233             | 0            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 43         | 44            | 49              |
|         |       |                 |              |            |                   |              | Anzahl     | 6                   | Mittelwert                | 42,167     | 43,5          | 50,2            |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Max                       | 44         | 44            | 51              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Min                       | 41         | 43            | 49              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Standardabw.              | 1,169      | 0,548         | 0,98            |

Tabelle 2: Einzahlwerte Trittschallmessungen Position .333

| Messung | M-Nr. | Senderraum (SR) | SR Stockwerk | SR Volumen | Empfangsraum (ER) | ER Stockwerk | ER Volumen | Fläche Trennbauteil | Lage der Räume zueinander | $L'_{n,w}$ | $L'_{n,w}+Ci$ | $L'_{n,w}+Ci50$ |
|---------|-------|-----------------|--------------|------------|-------------------|--------------|------------|---------------------|---------------------------|------------|---------------|-----------------|
| TS      | 028   | 6.333           | 6            | 51 m³      | 5.333             | 5            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 41         | 43            | 51              |
| TS      | 031   | 5.333           | 5            | 49 m³      | 4.333             | 4            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 43         | 45            | 52              |
| TS      | 039   | 4.333           | 4            | 49 m³      | 3.333             | 3            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 44         | 45            | 51              |
| TS      | 042   | 3.333           | 3            | 49 m³      | 2.333             | 2            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 44         | 46            | 52              |
| TS      | 045   | 2.333           | 2            | 49 m³      | 1.333             | 1            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 42         | 43            | 50              |
|         |       |                 |              |            |                   |              | Anzahl     | 5                   | Mittelwert                | 42,8       | 44,4          | 51,2            |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Max                       | 44         | 46            | 52              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Min                       | 41         | 43            | 50              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Standardabw.              | 1,3038     | 1,342         | 0,84            |

Tabelle 3: Einzahlwerte Trittschallmessungen Position .227

| Messung | M-Nr. | Senderraum (SR) | SR Stockwerk | SR Volumen | Empfangsraum (ER) | ER Stockwerk | ER Volumen | Fläche Trennbauteil | Lage der Räume zueinander | $L'_{n,w}$ | $L'_{n,w}+Ci$ | $L'_{n,w}+Ci50$ |
|---------|-------|-----------------|--------------|------------|-------------------|--------------|------------|---------------------|---------------------------|------------|---------------|-----------------|
| TS      | 007   | 6.227           | 6            | 51 m³      | 5.227             | 5            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 40         | 42            | 50              |
| TS      | 008   | 5.227           | 5            | 49 m³      | 4.227             | 4            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 41         | 44            | 53              |
| TS      | 009   | 4.227           | 4            | 49 m³      | 3.227             | 3            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 44         | 45            | 52              |
| TS      | 010   | 3.227           | 3            | 49 m³      | 2.227             | 2            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 43         | 44            | 51              |
| TS      | 011   | 2.227           | 2            | 49 m³      | 1.227             | 1            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 44         | 45            | 51              |
|         |       |                 |              |            |                   |              | Anzahl     | 5                   | Mittelwert                | 42,4       | 44            | 51,4            |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Max                       | 44         | 45            | 53              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Min                       | 40         | 42            | 50              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Standardabw.              | 1,8166     | 1,225         | 1,14            |

Vergleicht man die Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w}$  dieser 16 Trittschallmessungen sieht man, dass zwischen dem maximalen Wert mit 44 dB und dem minimalen Wert von 40 dB gerade einmal 4 dB Unterschied sind. Eine Tendenz, dass die Gebäudehöhe eine Rolle spielt, kann aus diesen Messungen nicht wirklich abgeleitet werden. Vergleicht man die Norm-Trittschallpegel inkl. Spektrumanpassungswert  $L'_{n,w} + C_{150-2500}$  ist ein Zusammenhang mit der Geschoßhöhe in keinsten Weise herzustellen. Die gleichen Erkenntnisse konnten bei den Vergleichen 2. bis 4. auch festgestellt werden.

### 3.2. Auswertung der Luftschallmessungen

Für die Luftschallmessungen wurde an 2 Positionen übereinanderliegender Räume vom 6. bis zum 1. Geschoß (wo möglich auch ins EG) ausgewählt:

- LS. 335 Büro als Modul zwischen anderen Modulen
- LS. 241 Büro aus zwei Modulen mit Anschluss an Beton Kern

Zusätzlich wurden noch Stichprobenmessungen an anderer Stelle im Gebäude gemacht (LS .227 und LS .330). Die Positionen sind im Grundriss in Abbildung 11 dargestellt.



Abbildung 11: Positionen der Luftschallmessungen ©Kaufmann Bausysteme GmbH

Der Vergleich aller 14 Luftschallmessungen (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5) zeigt für das bewertete Bau-Schalldämmmaß  $R'_{(w)}$  einen maximalen Wert mit 66 dB und einen minimalen Wert von 58 dB. Die Messungen liegen somit bis zu 8 dB auseinander. Wird in der Bewertung der Spektrumsanpassungswert  $C_{50-5000}$  mit betrachtet, liegt das Schalldämmmaß mit einem Maximum von 61 dB und einem Minimum von 55 dB 6 dB auseinander. Etwas verwunderlich ist, dass sich bei den Büros aus 2 Modulen beim  $R'_{(w)}$  die größte Streuung (66 dB bis 58 dB) zeigt, jedoch unter Betrachtung des  $C_{50-5000}$  der Unterschied nur noch bei 2 dB liegt (57 dB bis 56 dB). Grundsätzlich ist bei den Luftschallmessungen ein geringer Zusammenhang zwischen dem Bau-Schalldämmmaß und der Gebäudehöhe erkennbar.

Tabelle 4: Einzahlwerte Luftschallmessungen bei Büros aus einem Modul

| Messung | M-Nr. | Senderraum (SR) | SR Stockwerk | SR Volumen | Empfangsraum (ER) | ER Stockwerk | ER Volumen | Fläche Trennbauteil | Lage der Räume zueinander | $R'_{w}$ | $R'_{w}+C_{50}$ |
|---------|-------|-----------------|--------------|------------|-------------------|--------------|------------|---------------------|---------------------------|----------|-----------------|
| LS      | 036   | 6.330           | 6            | 51 m³      | 5.330             | 5            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 63       | 61              |
| LS      | 053   | 5.335           | 5            | 49 m³      | 4.335             | 4            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 64       | 61              |
| LS      | 052   | 5.330           | 5            | 49 m³      | 4.330             | 4            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 65       | 60              |
| LS      | 051   | 5.227           | 5            | 49 m³      | 4.227             | 4            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 61       | 58              |
| LS      | 057   | 4.330           | 4            | 49 m³      | 3.330             | 3            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 61       | 58              |
| LS      | 062   | 3.330           | 3            | 49 m³      | 2.330             | 2            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 59       | 57              |
| LS      | 059   | 3.227           | 3            | 49 m³      | 2.227             | 2            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 59       | 56              |
| LS      | 064   | 2.330           | 2            | 49 m³      | 1.330             | 1            | 49 m³      | 18 m²               | übereinander              | 59       | 57              |
|         |       |                 |              |            |                   |              | Anzahl     | 8                   | Mittelwert                | 61,375   | 58,5            |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Max                       | 65       | 61              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Min                       | 59       | 56              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Standardabw.              | 2,3867   | 1,93            |

Tabelle 5: Einzahlwerte Luftschallmessungen bei Büros aus zwei Modulen

| Messung | M-Nr. | Senderraum (SR) | SR Stockwerk | SR Volumen | Empfangsraum (ER) | ER Stockwerk | ER Volumen | Fläche Trennbauteil | Lage der Räume zueinander | $R'_{w}$ | $R'_{w}+C_{50}$ |
|---------|-------|-----------------|--------------|------------|-------------------|--------------|------------|---------------------|---------------------------|----------|-----------------|
| LS      | 020   | 6.241           | 6            | 106 m³     | 5.241             | 5            | 101 m³     | 37 m²               | übereinander              | 66       | 57              |
| LS      | 050   | 5.241           | 5            | 101 m³     | 4.241             | 4            | 101 m³     | 37 m²               | übereinander              | 58       | 56              |
| LS      | 056   | 4.241           | 4            | 101 m³     | 3.241             | 3            | 101 m³     | 37 m²               | übereinander              | 62       | 57              |
| LS      | 058   | 3.241           | 3            | 101 m³     | 2.241             | 2            | 101 m³     | 37 m²               | übereinander              | 62       | 57              |
| LS      | 063   | 2.241           | 2            | 101 m³     | 1.241             | 1            | 101 m³     | 37 m²               | übereinander              | 59       | 55              |
| LS      | 065   | 1.241           | 1            | 101 m³     | 0.241             | 0            | 101 m³     | 37 m²               | übereinander              | 59       | 55              |
|         |       |                 |              |            |                   |              | Anzahl     | 6                   | Mittelwert                | 61       | 56,2            |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Max                       | 66       | 57              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Min                       | 58       | 55              |
|         |       |                 |              |            |                   |              |            |                     | Standardabw.              | 2,9665   | 0,98            |

## 4. Schlussfolgerung

Die Frage ob die Geschoßhöhe auf den Luft- und Trittschallschutz in einem Modulgebäude von Kaufmann Bausysteme einen Einfluss hat konnte geklärt werden.

Im Bereich des Luftschallschutzes kann eine leichte Tendenz erkannt werden, dass die Gebäudehöhe einen Einfluss auf die Schalpegeldifferenz hat. Die Basis + Anforderung konnte jedoch für alle Luftschallmessungen bestätigt werden.

Die Ergebnisse der Trittschallmessungen haben gezeigt, dass der Einfluss der Geschoßhöhe auf die Qualität des Trittschalls keinen signifikanten Einfluss hat. Die Ergebnisse liegen deutlich unter dem, vom Bauherrn geforderten, bewerteten Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$ . Mit dieser Bauweise sollte auch das Schallschutzniveau Basis + erreichbar sein da der bewerteten Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w} + C_{I50-2500}$  inkl. Schallnebenwege im Bereich des geforderten Norm-Trittschallpegel  $L_{n,w} + C_{I50-2500} \leq 50 \text{ dB}$  für das reine Bauteil liegt. Die geringe Abweichung der Trittschallmesswerte von gesamt 4 dB deutet auf eine sehr robuste Bauweise hin und bestätigt die Leistungsfähigkeit der Modulbauweise.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Characteristics of acoustic layers for structural design of timber constructions; Hendrik Reichelt et al.; WCTE 2016 WIEN
- [2] Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung; holzbau handbuch Reihe 3 / Teil 3 / Folge 1; 1. Auflage 03/2019; Holzbau Deutschland-Institut e.V



# **Baukultur mit System – Modular nachhaltig**

Kathrin Merz  
Dipl. Arch. ETH/SIA SWB  
Bauart Architekten und Planer AG  
Erweiterte Geschäftsleitung, Leitung Modulart  
Bern – Neuchâtel – Zürich, Schweiz





# Baukultur mit System – Modular nachhaltig

## 1. Einführung

Wie verstehen wir den Begriff der Effizienz bezogen auf den Modulbau. Effizienz verweist auf eine hohe Wirksamkeit, mit verhältnismässig geringem Aufwand – Aufwand an Zeit und an Ressourcen, mit hoher Wirksamkeit bezüglich Nachhaltigkeit.

Die Ressource Holz ist politischer Wille und die serielle Fertigung liegt im Trend. Besteller:innen beginnen umzudenken, um den Kernzielen der Politik hin zu einer klimaneutralen Zukunft zu folgen. Grundsätzlich vereint der moderne Holzbau und damit auch der Modulbau wichtige Aspekte, mit welchen, eine hohe Wirksamkeit punkto Nachhaltigkeit erreicht werden kann.

### 1.1. Herausforderungen

Umfassende Nachhaltigkeit braucht weit mehr als nachhaltige Baustoffe und effiziente Fertigungsweisen. Unabhängig von der Bauweise ist das nachhaltigste Gebäude jenes, das wir nicht bauen und das zweitnachhaltigste jenes, das seit Jahrhunderten über mehrere Nutzungszyklen in Gebrauch ist und sich neuen Bedürfnissen einfach anpassen kann.

Es braucht also vor allem eine langlebige qualitätsvolle Baukultur, das bedeutet; starke Konzepte, eine weitsichtige Planung und eine hochwertige Umsetzung. Nur so werden wir den immensen Herausforderungen punkto CO<sub>2</sub>-Reduktion effektiv entgegenzutreten können.

Laut Prognosen (UN World Population Prospects) hat die Weltbevölkerung 2023 die 8 Milliarden-Grenze erreicht. Bei 80 Millionen Zuwachs pro Jahr heisst das; täglich wächst die Welt um rund 220'000 Menschen, dies entspricht einer mittelgrossen Stadt wie Linz, Mainz oder Genf. Bis 2050 werden schätzungsweise 10 Milliarden Menschen den Planeten bevölkern. Diese Prognosen fordern uns alle – Auftraggebende, Planende und am Bau Beteiligte – es gilt in drei Jahrzehnten unter dem Aspekt der Suffizienz und Resilienz unsere gebaute Umwelt zu überdenken, weiter zu denken und mit maximaler Verantwortung zu planen. Mit dem, was wir planen, legen wir die Grundlage dafür, wie morgen gelebt werden soll. Doch wie genau kennen wir die Einflussfaktoren in dieser schnelllebigen Zeit? Wie vorhersehbar sind politische, wirtschaftliche, ökologische und soziale Veränderungen? Wie gehen wir um mit unmittelbar dringlichen Nachfragen und neuen Trends?

Im Planungsalltag stellen wir uns einerseits die Frage, für welchen Zeithorizont, welches Zielpublikum, welche Nutzungen wir planen und projektieren. Unter dem Gesichtspunkt, dass oft langwierige politische, administrative Verfahren und Bauprozesse dazu führen, dass Objekte erst Jahre nach der Initiierung vollendet werden, stellt sich die Frage: Entsprechen die Planungen zum Zeitpunkt der Realisierung noch den ursprünglichen Bedürfnissen? Die langen Planungsprozesse wiederum führen zu erhöhtem Bedarf an schnell verfügbaren, oftmals temporären Lösungen, um dringlichen Raumbedarf – sei es in der Bildung oder im Wohnbereich – abdecken zu können.

Neben der Frage des Planungshorizonts gilt es eine weitere Herausforderung einzubeziehen – die konstante Optimierung der Baukosten als oberstes Ziel. Die ökonomische Nachhaltigkeit ist ein wichtiger Pfeiler, doch die isolierte Betrachtung der Planungs- und Baukosten steht im Widerspruch zu einer umfassenden Nachhaltigkeitsbetrachtung, die den gesamten Lebenszyklus miteinbezieht und damit neben den Erstellungskosten auch den Betrieb, ein Umnutzungspotenzial oder den Rückbau mit einpreist.

Wir sind mehr denn je gefordert Entwürfe zu schaffen mit einer dauerhaften Qualität, die in kurzer Zeit realisiert werden können, die gleichsam robust und flexibel sind und bei Bedarf einer neuen Nutzung zugeführt oder gar an einem neuen Standort wiederverwendet werden können. Die systematische und modulare Bauweise in Holz bietet genau hier ein grosses Potenzial für qualitätsvolle und ressourcenschonend Lösungen.



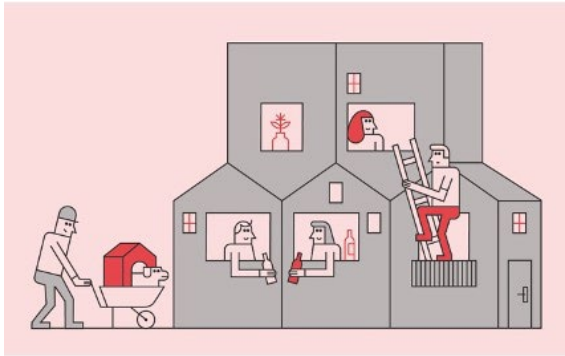


Abbildung 1: Systembau, ©modulart.ch Glossar

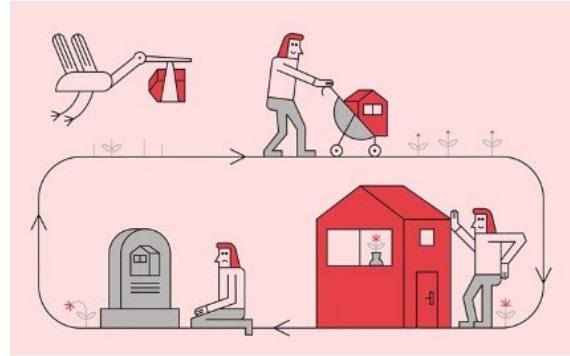


Abbildung 2: Lebenszyklus, ©modulart.ch Glossar

## 2. Effizienz und Vielfalt im System

Systematisches Bauen und Modularität gehen im allgemeinen Verständnis einher mit dem Begriff der Standardisierung, was einer vereinheitlichten Art und Weise etwas durchzuführen – planen, bauen / fügen, nutzen – entspricht. Wir unterscheiden dabei den technischen Standard basierend auf Normen und Labels, und der bauliche Standard bezogen auf Planung, Prozess, Ausführung und Details. Standardisiertes Bauen ist dort gefragt, wo gleiche Nutzungen gleiche Lösungen bedingen, aber auch dort, wo nutzungsneutrale Räume eine hohe Anpassungsfähigkeit und Flexibilität erfordern.

Standard suggeriert einheitliches Erscheinungsbild und Einschränkung in der architektonischen Gestaltung. Doch genau in der Entwicklung des Systems, welches eine maximale Vielfalt zulässt, liegt das Potenzial der gestalterischen Freiheit und der architektonischen Qualität. Dieses Potenzial auszuschöpfen unter Einbezug der sich stetig entwickelnden Produktionsmethoden, betrachten wir als eine grosse Herausforderung. Dabei spielen die Art und Einfachheit der Fügung der Bauteile eine wichtige Rolle, sei es mit flächigen Elementen oder raumhaltigen Modulen oder in Bezug auf die haustechnischen Komponenten.

Wir geben einen kurzen Überblick in die Systementwicklung und vertiefen danach am Beispiel einer modularen Schule in Bern und einer in Schorndorf D, welchen Anforderungen ein System gerecht werden muss.

## 3. Entwerfen mit System am Beispiel von Schulraum

Zu den eingangs erwähnten gesellschaftlichen Herausforderungen gehört auch die innere Verdichtung. Mehr Wohnraum erfordert auch ein entsprechender Ausbau der Infrastruktur im Besonderen des Schulraums. Die Planung von Schulen hinkt dem vergrösserten Angebot an Wohnraum oftmals hinterher. Auch spielen lange Planungsprozesse für Neubauprojekte eine Rolle, sowie die schwer vorhersehbare Fluktuation bei der Anzahl schulpflichtiger Kinder. Zudem nimmt der Anteil von Fläche pro Kind durch den Ausbau der ausserschulischen Betreuung zu.

Diese Situation erfordert kurzfristig verfügbare, flexibel nutzbare und einfache erstellbare Bauten, diese als Provisorien zu taxieren greift aus unserer Sicht zu kurz, denn nicht das Gebäude ist temporär, nur dessen Standort. Glücklicherweise ist die öffentliche Hand mehr und mehr bereit, trotz Notsituation statt in kurzlebige Provisorien aus Metall in technisch ausgereifte, langlebige und vor allem architektonisch wertige modulare Schulraumlösungen zu investieren.

Erste solche Systeme haben Bauart Architekten und Planer AG bereits in den 1990er-Jahren entworfen und über die letzten Jahrzehnte konsequent weiterentwickelt.

Der Prototyp für die späteren Schulbauten von Bauart entstand 1993 als Bauhütte für den Neubau des Bundesamtes für Statistik in Neuenburg (CH) im System «Modular-T».

Winkelförmige Rahmenprofile machen die vorgefertigten Zellen und das Raumgitter stabil und erlauben es, auf allen Seiten sowie oben und unten anzudocken, ein Unterzugsystem ermöglicht unterschiedliche Raumgrössen. Basierend auf «Modular-T» kam 1997 erstmals

der Schulpavillon «Modular-Thun» zum Einsatz. Dabei veränderten sich insbesondere die Nutzung und der architektonische Ausdruck. Das weisse Büro- wurde zum farbigen Schulmodul. Aus vier Raumzellen entstand ein Klassenzimmer.

1998 erfolgte die Weiterentwicklung des Systems von «Modular-Thun» zum «Züri-Modular». Die neudimensionierten in sich stabilen Raumzellen bilden dabei mit drei Einheiten einen zweiseitig belichteten Klassenraum. Was mit ursprünglich fünf zweigeschossigen Pavillons aus je 18 Modulen zur temporären Nutzung begonnen hat, entwickelte sich in den letzten 20 Jahren zu einem nicht mehr wegzudenkenden mobilen Raumangebot für die strategische Schulraumplanung der Stadt Zürich. Weit über 1500 Module stehen heute an 70 Standorten, mehrere davon bereits aufgestockt oder mehrfach versetzt.

2010 entwickelten Bauart zusammen mit dem Holzbauunternehmen Blumer-Lehmann AG das energetisch optimierte System «Modular-X», das sich sowohl mit neuen Grundrisskompositionen sowie einer weiterentwickelten Fassadesprache auszeichnet. 2011 erfolgte mit «Modular-Zug» für die Stadt Zug ein weiterer Entwicklungsschritt, der sich vor allem in der Gestaltung der Fassade von den Vorgängern unterscheidet: Eine farbig gelochte Holzfassade bricht den modularen Charakter des Gebäudes auf und schafft einen eigenständigen Ausdruck in der Fassade. In einem weiteren Entwicklungsschritt wurden kürzlich für die Stadt Bern (CH), für die Stadt Winterthur (CH) und für die Stadt Schorndorf (D) neue typologische Kompositionen mit zentralem Erschliessungsgang entwickelt.



Abbildung 3: Vielfalt der Modular-Familie (Schulbauten) v.l.n.r Modular-Thun 1997–2014, Züri-Modular 1998–heute, Modular-X 2010–, Modular-Zug 2011–2014, Modular-B (Brünnen) 2020, Modular-W 2021–.

#### 4. Fallbeispiel: Schulpavillons Brünnen, Bern

Bis zum Jahr 2040 müssen in den Stadtberner Schulkreisen Bümpliz und Bethlehem sechs Schulanlagen umfassend erneuert und erweitert werden. Die betroffenen Schulklassen müssen während der Bauphase jeweils an einen anderen Standort ausweichen. Die Stadt Bern beschloss deshalb auf dem Areal einer bereits bestehenden «Pavillonschule» im Quartier Brünnen bei Bern (CH) provisorische Bauten mit Rochadeflächen für 14 Schulklassen zu erstellen. Diese ersetzen sechs Pavillons des bekannten Typs Variel des Schweizer Architekten Fritz Stucky, die auf dem Gelände zwischen 1967 und 1977 erstellt worden waren. Eine Erweiterung, respektive Aufstockung dieser Bauten war nicht möglich und der Zustand liess eine Weiterverwendung für nochmals zwanzig Jahre nicht zu.

Die Überbauungsordnung für das Areal stellt hohe Anforderung an die Gestaltung von Ersatzneubauten. Nicht ohne Grund: Das Gelände bildet eine Nahtstelle zwischen den Grosssiedlungen aus den 1960er- und 1970er-Jahren sowie dem Brunnengut-Park und dem Neubauquartier Westside. Zudem werden Teile des Schulareals von einem kleinteilig bebauten Einfamilienhaus-Gürtel umfasst. Eine Studie zeigte, dass der dreigeschossige Standard-Pavillon (Modular-X) sich in diesem Umfeld städtebaulich nicht befriedigend einordnen lässt. Deshalb erfolgte eine Weiterentwicklung des Systems, die mit dem dreigeschossigen Standard-Pavillon kompatibel ist.

Die in Brünnen realisierte Variante ist aus städtebaulichen Gründen zweigeschossig. Sie wird im Unterschied zum Standard-Typ vertikal über eine räumlich integrierte Treppenanlage erschlossen und weist einen innenliegenden Korridor auf, der pro Geschoss zwei Zimmerschichten mit insgesamt fünf Haupträumen erschliesst. Drei dieser Pavillons stehen

locker angeordnet auf dem Areal und bilden zusammen mit der bestehenden Kleinturnhalle, ein stimmiges Ensemble. Durch die Zweigeschossigkeit und den Versatz am Gebäude orientiert sich die Volumetrie der drei Pavillons an derjenigen der direkt angrenzenden Bebauung. Zusammen mit der bestehenden Turnhalle bilden die drei Gebäude ein stimmiges Ensemble, mit einem gemeinsamen Zentrum, das durch ein offenes Pausendach betont wird. Die Treppenhäuser der drei Neubauten orientieren sich ebenfalls zu diesem Zentrum hin. Die vier Gebäude sind sorgfältig in die gestaltete Umgebung eingefügt. Ein dichtes Wegnetz verbindet die Schulbauten miteinander und erschliesst die Anlage quartierseitig aus mehreren Richtungen.



Abbildung 4: Schulanlage Brünnen Bern

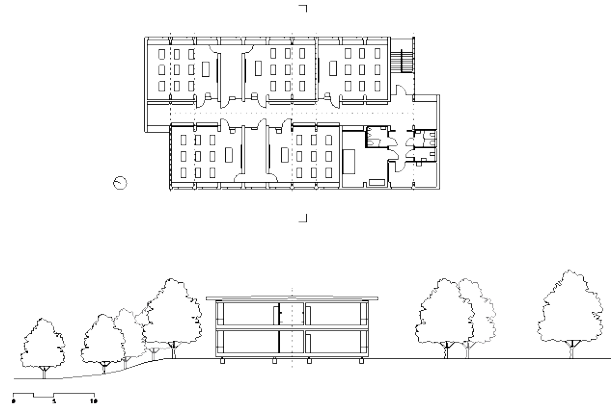


Abbildung 5: Regelgeschoss und Schnitt, Brünnen Bern

### Zwei versetzt angeordnete Gebäudehälften

Basis der drei Pavillons bilden im Werk vorgefertigte Module mit 3 Metern Breite, 9.42 Metern Länge und 3.45 Metern Höhe, ein überlanges Modul bildet jeweils den Abschluss. Die beiden grösseren Bauten bestehen pro Geschoss aus jeweils 22 Modulen, beim kleineren, um eine Achse kürzeren Pavillon, sind es 20 Module pro Geschoss. Die einzelnen Module stehen jeweils quer zur Korridorachse und umfassen die Tiefe der Raumschicht plus die Hälfte der Korridorbreite. Durch den Versatz der Gebäudehälften konnte nicht nur das Volumen optisch reduziert werden, sondern an beiden Enden einen räumlichen Abschluss als Aufenthaltszone mit seitlichem Lichteinfall geschaffen werden.

Das Fassadenelement der einzelnen Module wird strukturiert über ein durchlaufendes Brüstungselement mit einer vorvergrauten Holzlattung und einem grossen, fest verglasten Fenster mit einem Lüftungsflügel, der durch ein verzinktes Lochblech abgedeckt ist. Durch die Addition der Module bilden die Längsseiten eine feingliedrige Bandfensterfassade. Gelbe Stoffmarkisen bilden einen kräftigen Kontrast zur dezenten Farbigkeit der Pavillons. Die seitlichen Fassaden der Gebäude sind – analog zu den Brüstungen der Längsseiten – mit Holzlatten verkleidet.

Das bauliche Grundprinzip ist bei allen drei Pavillons gleich: Die einseitig belichteten Schulzimmer, Gruppen- und Nebenräume docken links und rechts am zentralen Korridor an. Um die Bauzeit kurz zu halten, wurden die Module weitgehend im Werk vorgefertigt. So konnte jedes Gebäude vor Ort innert einer Woche aufgerichtet werden. Die gesamte Bauzeit betrug nur gerade zehn Monate von der Bestellung bis zum Bezug. Die innere Optik der Pavillons unterscheidet zwischen dem Korridorbereich und der Zimmerschicht. Die Korridorwände wurden mit naturbelassenen Dreischichtplatten verkleidet, die Eingangsfronten zu den Zimmern sind in Dunkelgrün gehalten und raumhoch verglast. Die Decken der Erschliessungsachse bestehen ebenfalls aus Dreischichtplatten, die aber hellgrau gestrichen wurden. Die Wände der Schul-, Gruppen- und Nebenräume wurden mit demselben Material verkleidet, die Decken bestehen aus naturbelassenen, hölzernen Akustikelementen, die den Zimmern eine warme Atmosphäre verleihen.



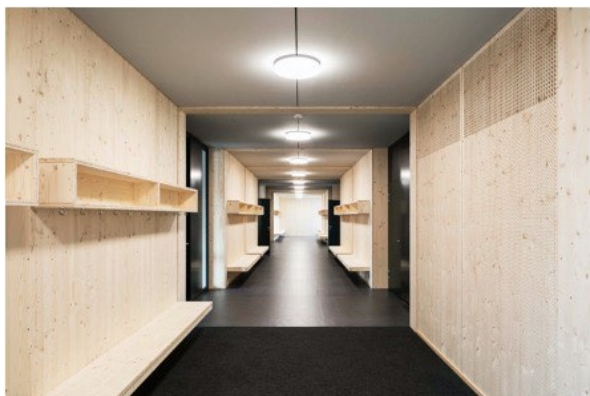


Abbildung 6: Hochgradige Vorfabrikation der Module



Abbildung 5: Gangsituation nach Fertigstellung

### Korridor als Lüftungskanal

Viel Wert gelegt wurde auf eine effiziente Energienutzung sowie ein gutes Raumklima. In den Brüstungen untergebrachte, hocheffiziente Konvektionselemente ermöglichen im Winter zu heizen und im Sommer zu kühlen. Die Wärmezufuhr erfolgt über eine Luft-Luft-Wärmepumpe. Photovoltaikelemente auf den Dächern liefern Strom für rund 50 Haushalte, was den Energiebedarf der Schule bei weitem deckt.

Die Versorgung der Räume mit Frischluft erfolgt einerseits über die in die Fassaden integrierten Lüftungsflügel, andererseits über eine mechanische Belüftung. Für die Luftführung wird der Korridor als Zu- und Abluftkanal benutzt und kommt somit ganz ohne horizontal geführte Rohrleitungen aus. Ein Lüftungsgerät mit Wärmetauscher saugt Frischluft an der Fassade an und bläst sie im unteren Drittel des Korridors ein. Dadurch entsteht am Korridorboden ein Frischluftsee. Verbundlüfter transportieren die Luft vom Korridor in die Schulzimmer. Dort erwärmt sie sich, steigt nach oben und wird durch einen leichten Unterdruck in den Deckenbereich des Korridors zurückgesogen, von wo aus sie wieder in die Lüftungszentrale gelangt. Zusätzlich wird die Luft auch in den WC's abgesogen und ebenfalls zum Lüftungsgerät zurückgeführt. Dieses innovative Lüftungskonzept weist grosse Vorteile auf gerade für die modulare Bauweise, da die technischen Anschlüsse zwischen den Modulen beträchtlich reduziert werden konnten.

### Mehr als ein Provisorium

Durch die sorgfältige städtebauliche Einbettung, die hochwertige Holzbauweise und die effiziente Energienutzung sind die drei neuen Schulpavillons weit mehr als provisorischen Ausweichraum. Vielmehr bilden sie zusammen mit der bestehenden Turnhalle eine vollwertige Schulanlage, die sich dank einem vielfältigen Raumprogramm sowohl für die Grund- als auch für die Oberstufe eignet. Die auf den ersten Blick von aussen identisch daher kommenden Pavillons bieten neben Klassen- und Grupperäumen auch Raum für die Lehrpersonen, speziell ausgerüstete Schulzimmer für die naturwissenschaftlichen Fächer und den Werkunterricht oder Einrichtungen für den Tagesschulbetrieb samt zugehöriger Küche. Und nicht zuletzt wertet die neue Schulanlage das Quartier auf, ergänzt das Freiraumangebot und erweitert den Grünraum des angrenzenden Brunnengut-Parks. Und werden die Pavillons dereinst einmal nicht mehr gebraucht, kann man sie dank der systematischen Bauweise problemlos andernorts weiterverwenden.

## 5. Aus- und Weitblick

Die Vorteile der Systembauweise, die am Beispiel des Projekts in Brünen exemplarisch für die Planung und Erstellung von Schulraum aufgezeigt wurden, gilt es auch auf Wohn- und andere Nutzungen zu übertragen. Auch hier sind die Anforderungen an das System hoch und es gilt, mit sinnvoller Standardisierung und Systematisierung einen dauerhaften architektonischen Mehrwert zu schaffen. Bei unserem Plädoyer für die systematische Bauweise geht es uns nicht um Masse zu möglichst tiefen Preisen, sondern um Vielfalt und langlebige Baukultur.

Unter diesem Aspekt ist Bauart davon überzeugt, dass die Zeit für die systematische Bauweise in Holz reifer ist, denn je. Diese Bauweise wird in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der anstehenden Herausforderungen leisten. Wir wollen diese Denk- und Bauweise nicht nur projektbezogen im Rahmen unseres eigenen Schaffens weiterentwickeln, sondern im breiten Austausch. Mit der Plattform **modulart.ch\*** betreiben wir ein Labor, um die systematische Denk- und Bauweise mit ihren vielfältigen Vorteilen, dem hohen architektonischen Qualitätsanspruch in verschiedensten Facetten zu beleuchten, und wegweisende Projekte, Forschungsarbeiten und visionäre Bauherren, Architekt:innen, Planende und Unternehmer:innen vorzustellen. Damit wird der *State of the Art* dieser Denk- und Bauweise geprägt. Die Vernetzung von Erfahrungen aus unterschiedlichsten Bereichen im Rahmen der Modulart-Partnerschaften bildet einen Kompetenzpool und ermöglicht es, Behörden und Entwickler sowie institutionelle Bauträger:Innen und Private für diese Bauweise zu gewinnen.

Innovative Ansätze entstehen da, wo Bauträger, Planende und Ausführende bereit sind, im offenen Austausch experimentelle Konzepte zu entwickeln, Standards zu hinterfragen und Ansätze zu testen. **modulart.ch** rückt diese Aspekte ins Zentrum und engagiert sich für die Debatte um Qualität, Nachhaltigkeit und architektonische Vielfalt.

\*Modulart.ch basiert auf einer Initiative von Bauart Architekten und Planer AG.

Das Planungsbüro beschäftigt an den drei Standorten Bern, Zürich und Neuchâtel über 60 Mitarbeitende. Die Arbeit von Bauart ist geprägt vom Willen, einen nachhaltigen Beitrag zur aktuellen Baukultur zu leisten. Eine differenzierte Haltung in städtebaulicher Hinsicht, der gezielte Umgang mit verschiedenen Materialien und Entscheide unter Einbezug der gesellschaftlichen Relevanz zeichnen die Arbeiten aus. Die Schwerpunkte der Tätigkeit sind Projektierung und Ausführung von Neu- und Umbauten, nachhaltige Konzepte, strategische Planung, Expertisen, Projektentwicklung und Projektmanagement, Teilnahme an Wettbewerben sowie Mitarbeit in Fachverbänden (BSA / SIA / SWB / Swissolar / Solar Swiss Connect / Cobaty International / Association Ecoparc / Countdown 2030) und Innovation in Studien wie auch Mitarbeit in und Unterstützung von Forschungstätigkeiten.

**Block C2**  
**Landesbauordnung NRW und**  
**Ausblick auf den EUROCODE 5**



# **Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS19103**

Jörg Schänzlin  
Institut für Holzbau, Hochschule Biberach,  
Biberach, Deutschland







# Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS19103

## 1. Allgemeines

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

## 2. Aufbau von DIN CEN/TS19103 [2]

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

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

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

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

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

## 3. Anwendungsbereich

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

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

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

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

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

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

### 4.1. Belastung/Einwirkungen

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

Schwinden des Betons

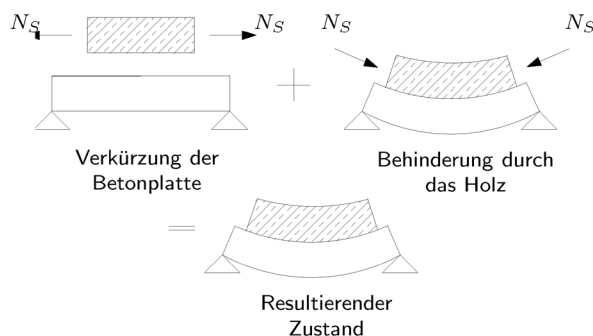


Abbildung 1: Auswirkungen der spannungslosen Dehnung z.B. infolge Temperaturabnahme oder Schwinden des Betons

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

beide Querschnitte auf die gleiche Länge zu bringen. Dies ist auch der Grund, warum das Quellen und Schwinden des Holzes bei den üblichen Holz-Holz-Verbundträgern nur von untergeordneter Bedeutung ist.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

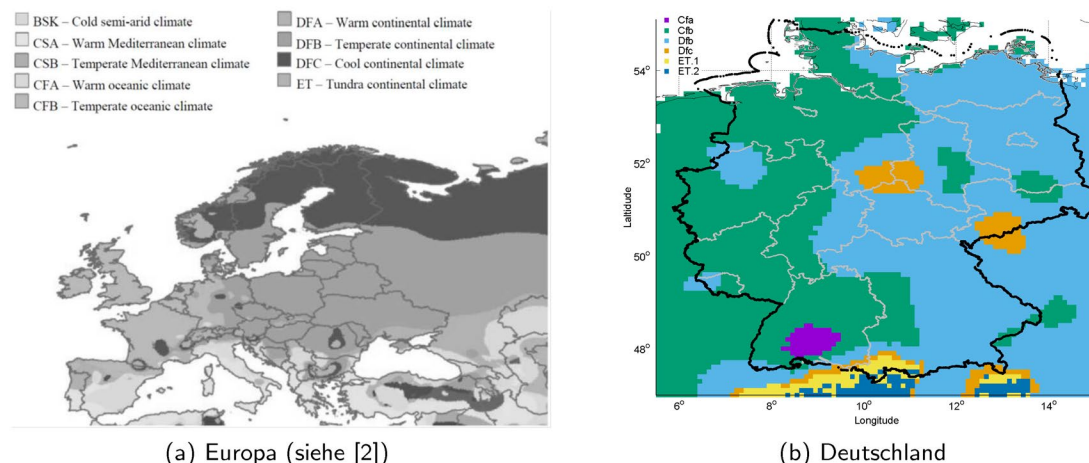


Abbildung 2: Köppen-Geiger-Diagramm

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

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

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

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

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

- $\varepsilon$  effektive Dehnung infolge Feuchteänderung  
 $\Delta u$  Feuchteänderung; ermittelt aus Tab. 1  
 $\alpha_{||}$  Ausdehnungskoeffizient des Holzes parallel zur Faser  
 $= 0,01\%/‰\Delta u$  entsprechend [8]

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

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

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

## 4.2. Modifikationsbeiwerte

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

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

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

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

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

## 4.3. Ermittlung der Schnittgrößen

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

- Differentialgleichung (siehe z.B. [10] oder [11])
- $\gamma$ -Verfahren nach [3], Anhang B

- Schubanalogie-Verfahren nach [12] (siehe auch [13] oder [14])
- Modellierung als Stabwerksystem (siehe u. a. [15])
- FE-Modellierung

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

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

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

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

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

$s_{ef}$  effektiver Abstand

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

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

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

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

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

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

**Materialverhalten:** Bei der Ermittlung der Schnittgrößen darf sowohl beim Holz als auch beim Beton unter Druck von einem elastischen Materialverhalten ausgegangen werden. Das Reißen des Betons unter Zug muss berücksichtigt werden. Um dies zu erreichen, wird die gerissene Zone iterativ bestimmt, indem eine nichttragende Zwischenschicht eingeführt wird, bis im verbleibenden Betonquerschnitt nur noch Druckspannungen vorhanden sind. Das lineare Materialverhalten des Betons unter Druck wird auch beim Nachweis berücksichtigt, da bei diesem Nachweis auf das plastische Verhalten des Betons verzichtet werden darf. Damit ergibt sich für den Nachweis auf der Druckseite

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

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

$\alpha_{cc}$  Faktor zur Berücksichtigung von Langzeiteffekten  
i.d.R. = 0.85

### $f_{cd}$ Bemessungswert der Druckfestigkeit

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

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

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

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

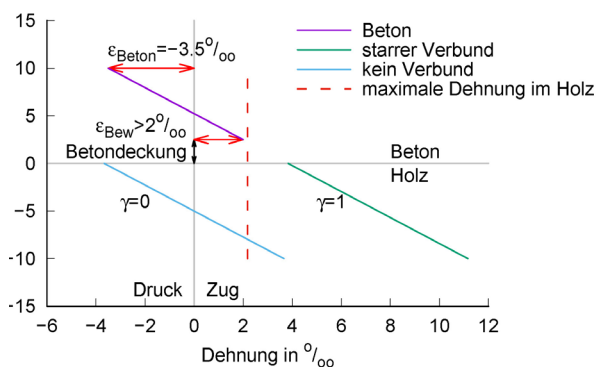


Abbildung 3: Verlauf der Dehnung im Verbundquerschnitt

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

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

Bei der Ermittlung dieser mittragenden Breite werden zwei Anteile berücksichtigt

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

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



## 5. Verbindungsmittel

### 5.1. Allgemeines

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

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

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

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

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

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

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

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

### 5.2. Stiftförmige Verbindungsmittel

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

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

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

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

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

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

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

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

- Nägel (nicht vorgebohrt)

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

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

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

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

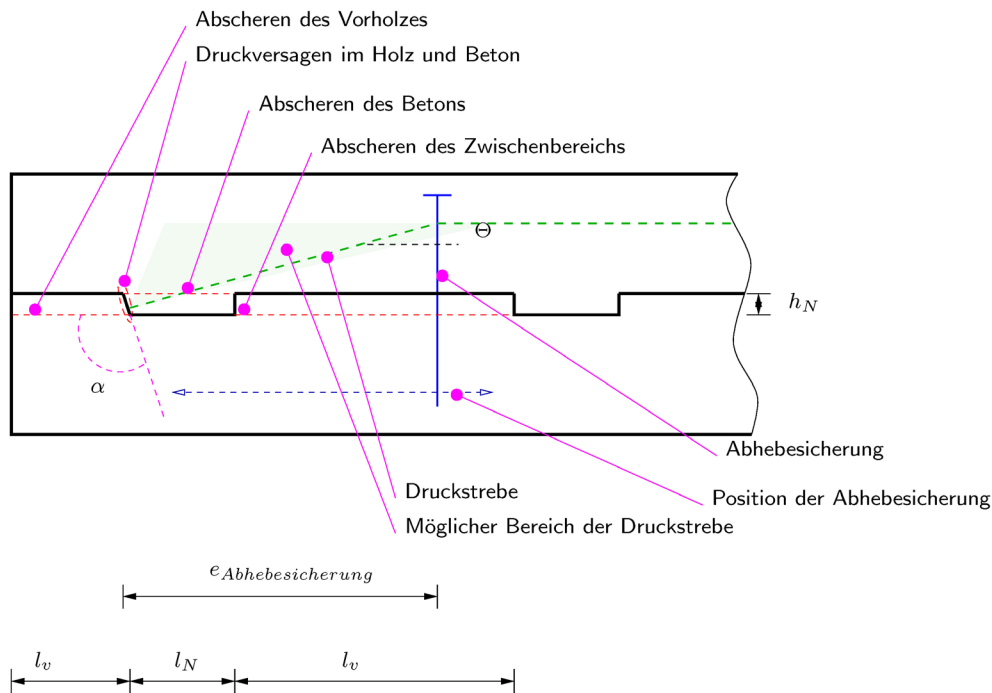
### 5.3. Kerven

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

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

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

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



#### Abbildung 4: Kerve als Verbindungsmittel

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

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

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

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

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

Diese Versagensmodi lassen sich durch folgende Beziehungen bestimmen

$$F_{R,d} = \begin{cases} f_{v,c,d} \cdot b_N \cdot l_N & \text{Abscheren der Betonnocke} \\ f_{cd} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Beton} \\ f_{v,h,d} \cdot b_N \cdot \min \left( \underbrace{\frac{l_v \cdot l_s}{\geq 12.5 \cdot h_N}}_{8 \cdot h_N}, 8 \cdot h_N \right) & \text{Abscheren des Holzes} \\ f_{h,0,d} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Holz} \end{cases} \quad (11)$$

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

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

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

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

$$= 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

$b_N$  Breite der Kerve, i.d.R. 1m

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

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

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

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

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

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

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

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

- Verhinderung des Einschneidens der unbelasteten Kervenflanke in die Druckstrebe

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

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

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

- untere Grenze des Druckstrebenwinkels

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

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

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

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

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

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

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

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

### 6.1. Allgemeines

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

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

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

Im Folgenden soll auf diese beiden Punkte näher eingegangen werden.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

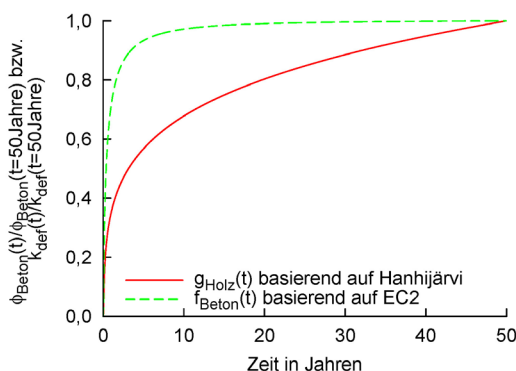


Abbildung 5: Zeitfunktionen der Kriechzahlen des Betons  $f_{\text{Beton}}(t)$  und des Holzes  $g_{\text{Holz}}(t)$

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

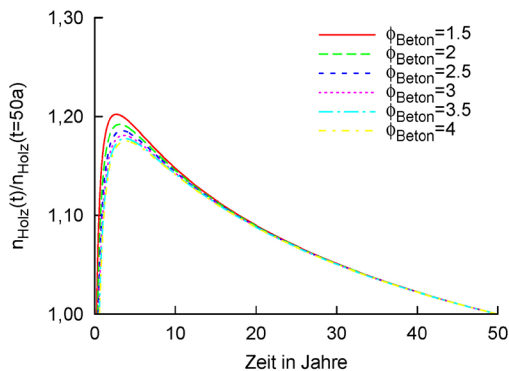


Abbildung 6: Verlauf des Verhältnisses der effektiven E-Moduli über die Zeit bezogen auf das Verhältnis nach 50 Jahren für eine Holz-Beton-Verbunddecke im Innern

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

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

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

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

### 6.3. Kriechen

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

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

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

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

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

Durch die Verwendung des mit der Kriechzahl modifizierten E-Moduls kann also der Endzustand direkt bestimmt werden, so dass die Schnittgrößen im Endzustand bestimmt werden können. Strenggenommen ist allerdings diese Berücksichtigung des Kriechens nur dann zulässig, wenn keine z.B. durch angrenzenden Bauteile behinderte Dehnung vorhanden ist. Wird das Bauteil in seiner Kriechverformung komplett behindert, wird dies als Relaxation bezeichnet. In diesem Fall ist die gesamte Verformung konstant über die Zeit. Wird für diesen Fall der effektive E-Modul bestimmt, ergibt sich für die Relaxation ein effektiver E-Modul von

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

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

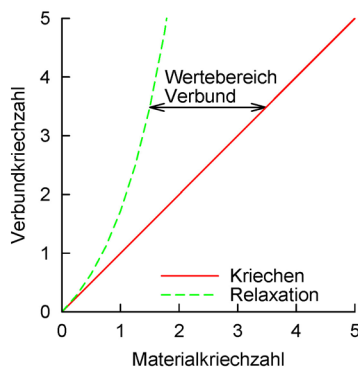


Abbildung 7: Wertebereich der effektiven Kriechzahl bei reinem Kriechen und Relaxation

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

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

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

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

$\varphi_i$  Materialkriechzahl der Komponente  $i$   
 $\psi$  Systemkriechzahl

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



Tabelle 2: Verbundfaktoren zur Ermittlung der Verbundkriechzahl für Deckensysteme (bH = bB,  $1/5 < AB_{eff}/AH < 1$ ) und für Balken (bH << bB;  $1 < AB_{eff}/AH < 5$ )

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

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

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

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

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

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

Die effektive Kriechzahl des Verbindungsmittels bestimmt sich zu

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

$k'_{def}$  effektive Kriechzahl des Verbindungsmittels

$k_{def}$  Endkriechzahl des Holzes

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

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

## 7. Bemessungsablauf

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

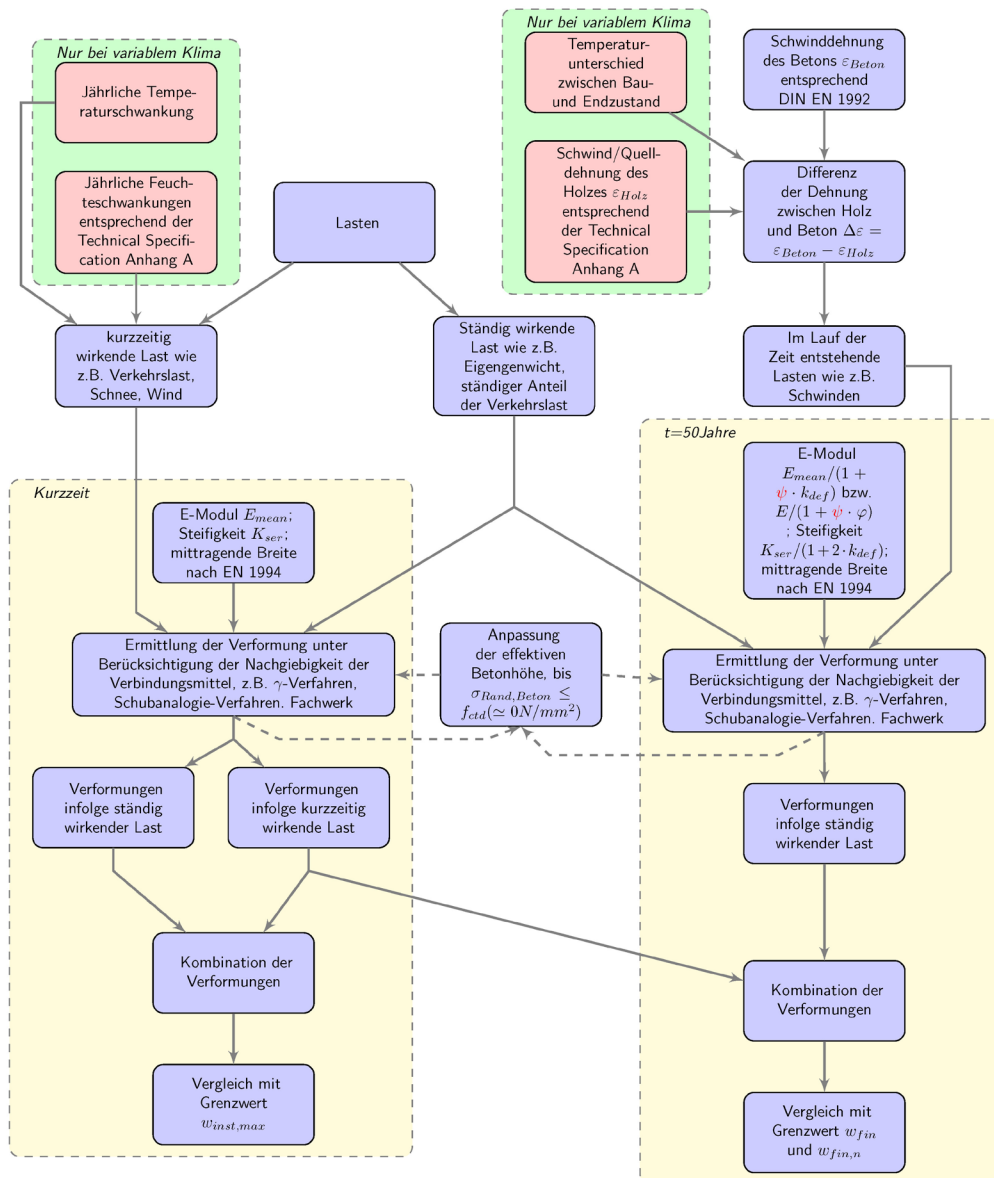


Abbildung 8: Bemessungsablauf für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

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

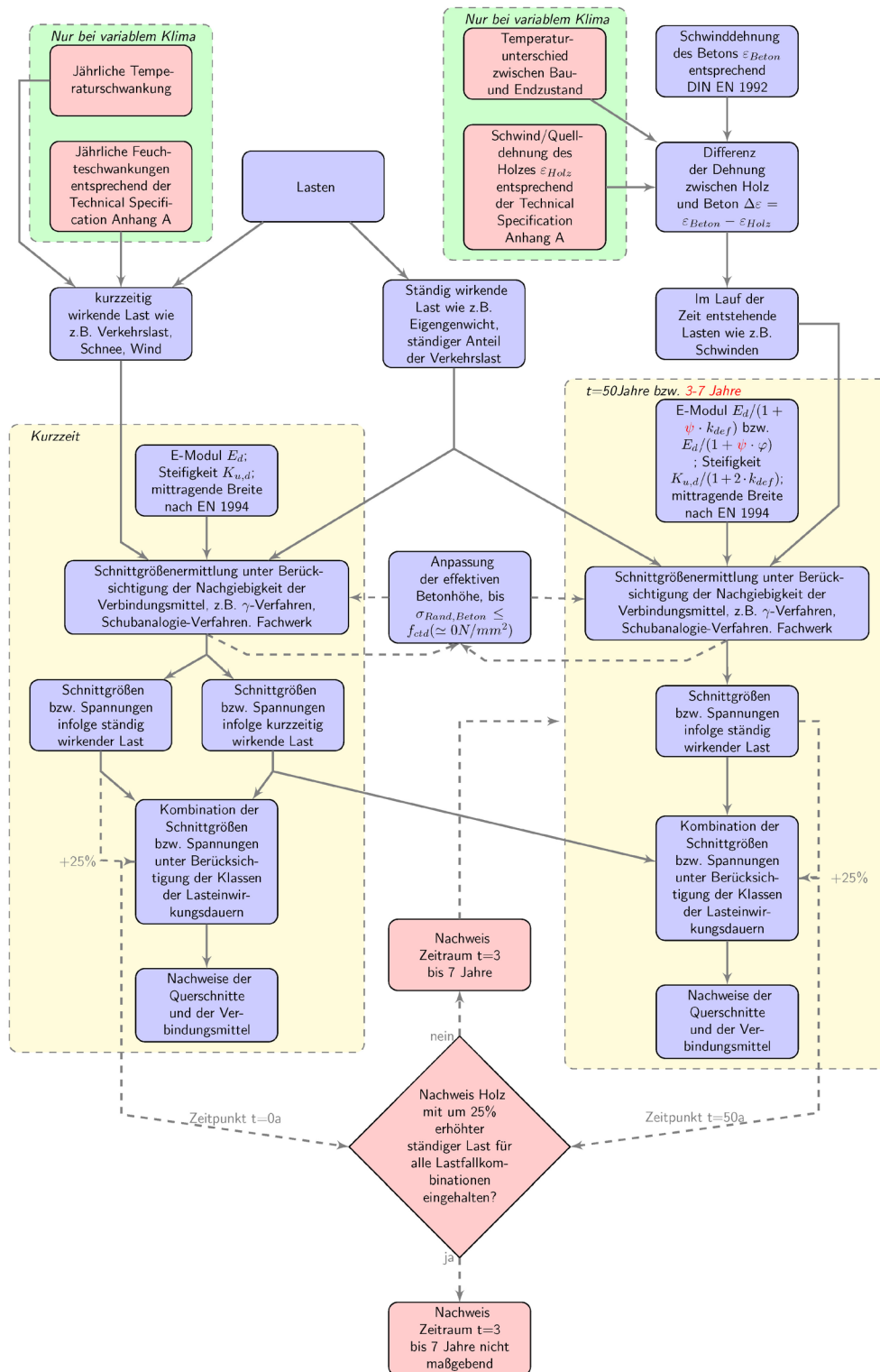


Abbildung 9: Bemessungsablauf für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

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

als Basis für einen zukünftigen Normenteil dienen. [2] unterscheidet sich im Vergleich zu den üblicherweise vorhandenen Regelungen der Zulassungen im Wesentlichen in folgenden Punkten

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

## 9. Literatur

- [1] JUNG, P.: Holz-Beton-Verbunddecken in der Praxis und ihre Wirtschaftlichkeit. In: *Holz-Beton-Verbunddecken in Theorie und Praxis*, Hrsg.: Bau und Wissen, CH-Wildeg, 2012
- [2] DIN CEN/TS 19103: *Eurocode 5: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Berechnung von Holz-Beton-Verbundbauteilen - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung CEN/TS 19103:2021*. 2022
- [3] DIN EN 1995-1-1: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines- Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [4] DIN EN 1992-1-1: 2010: *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [5] DIN EN 1995-2 / NA: 2011 - 08: *Nationaler Anhang - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 2: Brücken*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2011
- [6] DIN EN 1991-1-1: 2010 - 12: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [7] DIN EN 1991-1-5: 2010 - 12: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen, Temperatureinwirkungen*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [8] DIN EN 1995-1-1 / NA: 2013: *Nationaler Anhang - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines- Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2013
- [9] DIN EN 1990: *Eurocode 0: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*. EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- [10] FRIES, J.: *Beitrag zum Tragverhalten von Flachdecken mit Hutprofilen*, Institut für Konstruktion und Entwurf Universität Stuttgart (Mitteilung 2001-1), Dissertation, Dezember 2001

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

## **Vom Nachschlagewerk zum Verweiswerk**

Planung von Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5  
im Holzbau unter Einhaltung der Landesbauordnung,  
Normen, u.v.m.

Burkhard Walter  
Walter + Reif Ingenieurgesellschaft mbH  
Aachen, Deutschland





# Vom Nachschlagewerk zum Verweiswerk

## 1. Einleitung

Das Bauen in Deutschland wird zunehmend komplexer. Neben den jeweiligen Landesbauordnungen und den zugehörigen Verwaltungsvorschriften sind zahlreiche Normen, Richtlinien und Zertifikate u.a. zu berücksichtigen. Die Normung und die Zertifizierung, z.B. der Produkte, erfolgt europäisch. Seitdem sind die für Bauvorhaben zu berücksichtigenden Unterlagen stetig umfangreicher geworden.

Die deutsche Holzbaunorm DIN 1052 hatte einen Umfang von ca. 67 Seiten. Die neue DIN EN 1995-1-1, der voraussichtlich 2028 eingeführt werden soll, hat einen Umfang von ca. 400 Seiten, der Teil 2 dieser Norm (heiße Bemessung) umfasst ungefähr weitere 180 Seiten. Zusätzlich sind die zugehörigen Nationalen Anwendungsdokumente der angehörigen Länder zu berücksichtigen.

Bei der Vielzahl an Normen ist es nicht immer einfach zu durchblicken, nach welcher Schrift wie und wo gebaut werden darf und in welcher Reihenfolge die Vielzahl jener Schriften anzuwenden ist.

Das folgende Referat soll ohne Anspruch auf Vollständigkeit einen groben, exemplarischen Überblick darüber geben, wie diese verschiedenen Vorschriften bundesweit von der Musterbauordnung über die Landesbauordnungen und Verwaltungsvorschriften und die entsprechenden Normen, Richtlinien etc. Anwendung finden.

Nachfolgend aufgeführtes Diagramm zeigt das Prinzip der Bauordnungen.

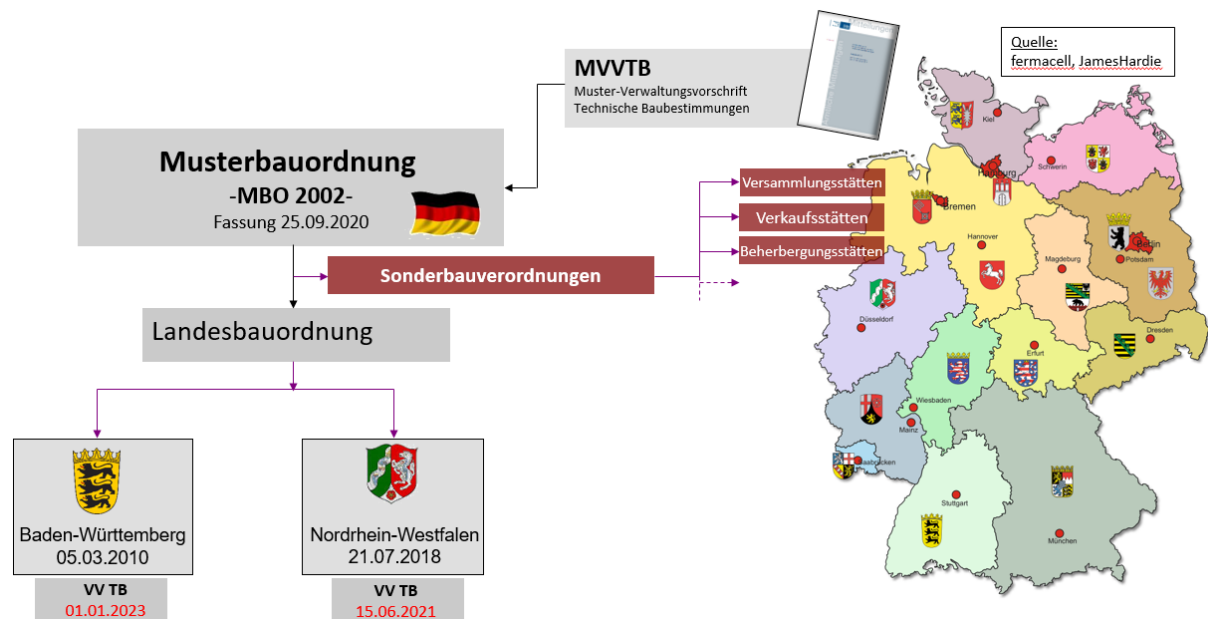


Abbildung 1: Übersicht der Bauordnungen und Sonderbauverordnungen im Bauwesen in Deutschland

Aufbauend auf der Musterbauordnung (MBO) aus dem Jahr 2002 entwickeln die einzelnen Länder ihre Landesbauordnungen (LBO) mit den zugehörigen Verwaltungsvorschriften. Ergänzend zu der LBO sind die europäischen Normen, sowie Sonderbauverordnungen und Richtlinien für Sonderbauten, einzuhalten.

Im Rahmen der Europäisierung sind nicht nur die Normen europäisch vereinheitlicht worden, sondern auch die bei dem Bau einzusetzenden Bauprodukte.



## 2. Bauprodukte

Nach der europäischen Gesetzgebung sind in Deutschland nur europäisch zertifizierte Bauprodukte zugelassen. Diese Produkte erhalten eine CE-Kennzeichnung, die über das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt wird. Falls eine Zulassung europäisch nicht möglich ist, ist eine Zulassung in Ausnahmefällen immer noch mit einer Übereinstimmungs-Zertifizierung (Ü-Zertifizierung) möglich.

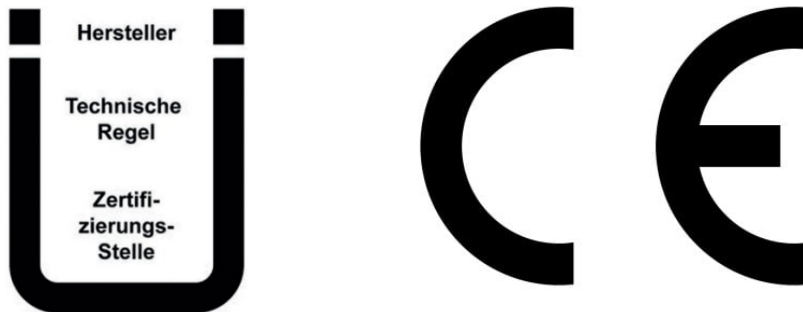


Abbildung 2: Ü-Zeichen und CE-Zeichen

Die CE- Kennzeichnung bedeutet jedoch nicht automatisch, dass dieses Produkt in Deutschland verwendet werden darf.

Die in dem Produkt angegebenen Leistungen müssen mit den deutschen Normen, z.B. DIN 4102, DIN 4109 etc. abgeglichen werden, es erfolgt ein so genannter Leistungsvergleich. Erst nach diesem Leistungsabgleich dürfen die Produkte in Deutschland verwendet werden. Wenn einzelne Bauprodukte zu einem Bauteil zusammengefügt werden, besteht eine Bauart. In einer Holztafelwand beispielsweise wird eine Dämmung eingebaut und es sind Plattenwerkstoffe und Hölzer erforderlich. Die Summe dieser einzelnen Produkte ist eine Bauart.

### Zusammenfügen von Bauprodukten → Bauart

In der Verwaltungsvorschrift mit Bezug auf § 85 a MBO werden die Bauarten bekannt gemacht. Die Bauprodukte, die keine CE-Kennzeichnung tragen, und die Bauarten sind in den Technischen Baubestimmungen dort aufgeführt.

Anbei ein Auszug aus der Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2023/1:



### Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen, und für Bauarten

#### C 4 Bauarten, die nur eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses nach § 16a Absatz 3 MBO<sup>1</sup> bedürfen

Aufgrund § 85a Abs. 2 Nr. 4 MBO<sup>1</sup> wird Folgendes bestimmt:

| Lfd. Nr. | Bauart                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | anerkanntes Prüfverfahren nach                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| C 4.1    | Bauarten, ausgenommen solche nach Kapitel A 2, lfd. Nr. A 2.2.1.4, zur Errichtung von Decken, Dächern, Unterdecken, Doppelböden, Hohlböden, Stützen, Trägern, Unterzügen, Treppen und tragenden Wänden, an die Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer und/oder den Schallschutz gestellt werden. Das gilt nicht für die Teile baulicher Anlagen, an die weitere Anforderungen gestellt werden, wenn die maßgebenden Bauarten von Technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen oder wenn es für die maßgebenden Bauarten keine allgemein anerkannten Regeln der Technik gibt. | Je nach Bauart gilt:<br><br>für die Feuerwiderstandsdauer:<br>DIN 4102-2:1977-09 außer den Abschnitten 6.2.7, 6.2.9 und 6.2.10 (für Brandwände DIN 4102-3:1977-09), oder<br>DIN EN 1363-1:2012-10,<br>DIN EN 1363-2:1999-10,<br>DIN EN 1364-2:1999-10,<br>DIN EN 1365-1:2013-08,<br>DIN EN 1365-2, -3:2000-02,<br>DIN EN 1365-4:1999-10,<br>DIN EN 1366-6:2005-02<br>in Verbindung mit Anlage C 4.6<br><br>für den Schallschutz:<br>DIN EN ISO 10140-1:2016-12,<br>DIN EN ISO 10140-2, -4:2010-12,<br>DIN EN ISO 10140-3:2015-11,<br>DIN EN ISO 10140-5:2014-09,<br>DIN EN ISO 717-1, -2:2013-06 sowie<br>DIN EN ISO 10848-1, -2, -3:2018-02 |

Abbildung 3: Auszug aus der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2023/1

Bauarten, die von den Technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen, dürfen dennoch eingesetzt werden, wenn (§ 16a (2) MBO):

1. Eine allgemeine Bauartengenehmigung durch das DIBT erteilt wird oder
2. Eine vorhabenbezogene Bauartengenehmigung durch die oberste Bauaufsichtsbehörde erteilt wird.

Diese Bauartengenehmigungen sind jedoch teuer und zeitaufwändig.

### 3. Gebäudeklassen

Mit Einführung der neuen BauO NRW aus dem Jahr 2018 wurden erstmalig in NRW Gebäudeklassen (GK) eingeführt.

Bei der GK 4 handelt es sich um Gebäude, deren oberste Fußbodenhöhe (OKF) größer 7 m und kleiner 13 m beträgt. Weiterhin müssen die Nutzungseinheiten auf 400 m<sup>2</sup> begrenzt werden.

Bei der GK 5 handelt es sich um sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude. Die Höhe ist das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel.

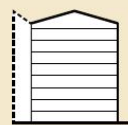
| GK 1a                                                                                                                                                                                    | GK 2                                                                                                           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

Abbildung 4: Gebäudeklassen nach §2 Abs. 3 BauO NRW

Erstmalig dürfen Gebäude in der Gebäudeklasse 4 und 5 in NRW in der Holzbauweise errichtet werden.

Die Gebäude der GK 4 müssen hochfeuerhemmend (REI 60) ausgeführt werden. Die Gebäude der GK 5 müssen feuerbeständig (REI 90) errichtet werden.

Die Gebäude GK 4 und 5 müssen im Prinzip mit nichtbrennbaren Baustoffen errichtet werden. Hier gibt die BauO NRW in ihrem § 26 (3) an, dass unter gewissen Voraussetzungen abweichend auch in der GK 4 und 5 mit brennbaren Baustoffen gearbeitet werden darf.

Der § 26 (3) der BauO NRW schreibt:

«Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchabschnitten, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.»

## 4. Brandschutzklassifikationen

Im Rahmen der europäischen Anpassung wurden auch die Bezeichnungen für die Brandschutzklassifikationen geändert. Nach der europäischen Klassifizierung DIN EN 13501 wird sowohl die Brennbarkeit, das Abtropfverhalten im Brandfall, als auch die Rauchentwicklung angegeben.

Erstmalig mit Einführung der Landesbauordnung in NRW wird die hochfeuerfeste Bauweise eingeführt.

Die hochfeuerfeste Bauweise bedeutet, dass die gesamte Konstruktion für ein Brandereignis von 60 Minuten ausgelegt werden muss.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Bezeichnungen dargestellt.

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

| Bauaufsichtliche Benennung | Zusatzanforderungen |                                 | Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1 | Klasse nach DIN 4102-1 | Rauchentwicklung | Anforderung nach DIN EN 13501  |
|----------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|
|                            | kein Rauch          | kein brennb. Abfallen/Abtropfen |                                        |                        |                  |                                |
| Nicht brennbar             | •                   | •                               | A1                                     | A1                     | s1               | Keine/kaum Rauchentwicklung    |
|                            | •                   | •                               | A2 - s1 d0                             | A2                     | s2               | Begrenzte Rauchentwicklung     |
| Schwer entflammbar         | •                   | •                               | B, C - s1 d0                           | B1                     | s3               | Unbeschränkte Rauchentwicklung |
|                            |                     | •                               | B, C - s3 d0                           |                        | Abtropfen        | Anforderung nach DIN EN 13501  |
|                            | •                   |                                 | B, C - s1 d2                           |                        |                  |                                |
| Normal entflammbar         |                     |                                 | B, C - s3 d2                           | B2                     | d0               | Kein Abtropfen                 |
|                            |                     | •                               | D - s3 d0                              |                        | d1               | Begrenztes Abtropfen           |
|                            |                     |                                 | D - s3 d2                              |                        | d2               | Starkes Abtropfen              |
| leicht entflammbar         |                     |                                 | E - d2                                 |                        |                  |                                |
|                            |                     |                                 | F                                      | B3                     |                  |                                |

Abbildung 5: Brandschutzklassifikation nach DIN 13501-1/2

## 5. Gebäudeklasse 4

Die tragenden und aussteifenden Gebäudeteile müssen hochfeuerhemmend, d.h. für ein Brandereignis von 60 Minuten, nachgewiesen werden.

Die DIN EN 1995-1-2 gibt dem Planer die Möglichkeit die Holzquerschnitte über eine Abbrandrate zu berechnen. In der Norm werden hierfür mehrere Nachweismöglichkeiten vorgeschlagen.

Die Berechnung der Verbindungsmittel erfolgt vereinfacht ausgedrückt über eine brandschutzmäßig zusätzliche Holzüberdeckung. Hiermit sind die Verbindungsmittel für die geforderte Brandschutzdauer ausreichend geschützt.

Ergänzend zu dem DIN EN 1995-1-2 existiert nach wie vor die DIN 4102-4 als so genannte Restnorm zur Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile.

Auch die Rauch- und Branddichtigkeiten (EI) einer Holztafelwand können über das sogenannte additive Verfahren nach DIN EN 1995-1-2 Anhang E berechnet werden. Die Anforderungen bezüglich des Raumabschlusses werden als erfüllt angenommen, wenn die Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung (I) erfüllt sind und sichergestellt ist, dass sich die Bekleidung an der feuerabgewandten Seite nicht ablöst.

Im EC 5 ist jedoch nicht dargestellt, wie die Schottung der Rauch und Temperaturweiterleitung in den einzelnen Flanken ausgeführt werden soll.

## 6. Musterholzbaurichtlinie

Für die Rauch- und Branddichtigkeiten gibt es in der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) wertvolle Detailvorschläge.

Die Musterholzbaurichtlinie ist in den Verwaltungsvorschriften in NRW offiziell eingeführt. Sie gilt in NRW nur für «Standardgebäude», wie Wohngebäude, Bürogebäude etc., nicht jedoch für Sonderbauten, wie z.B. Schulen.

Wie beschrieben, dürfen Gebäude in der GK 4 in NRW in der Holztafelbauweise errichtet werden.

Die MHolzBauRL gibt für diese Bauweise relativ genaue Vorgaben an, wie die Holztafelbauweise in der GK 4 ausgeführt werden muss. Der Abschnitt Holztafelwände ist weitestgehend aus der Version aus dem Jahr 2004 übernommen worden.

Nach dieser Richtlinie besteht an die Wände und Decken eine Forderung von REI60 K2-60 Kapselung. Diese Kapselung wird nach der Richtlinie über zwei 18 mm dicke Gipsfaserplatten erreicht. Die Kapselung bedeutet, dass die Oberflächen der Holzquerschnitte auch nach 60 Minuten eine Temperatur von kleiner 270 C°, d.h. unterhalb der Entzündungstemperatur, haben müssen.

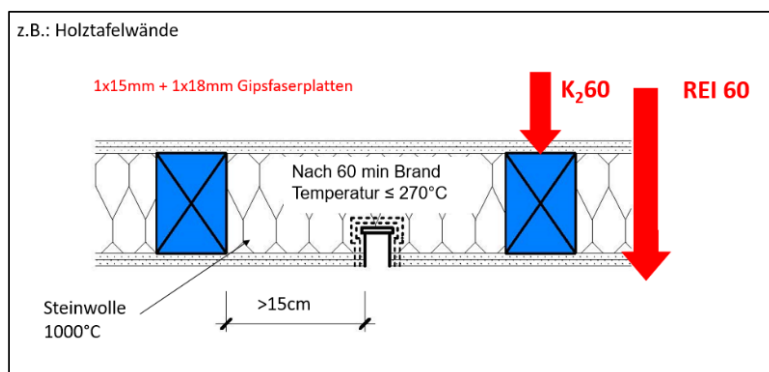


Abbildung 6: Wandaufbau K<sub>2</sub>-60 Kapselung

Neben der Kapselung werden in der MHolzBauRL Details für die Verhinderung der Rauch- und Brandweiterleitung in den Bauteilfügungen angegeben.

Nachfolgend werden einige Ausführungsdetails aus der Richtlinie angegeben.

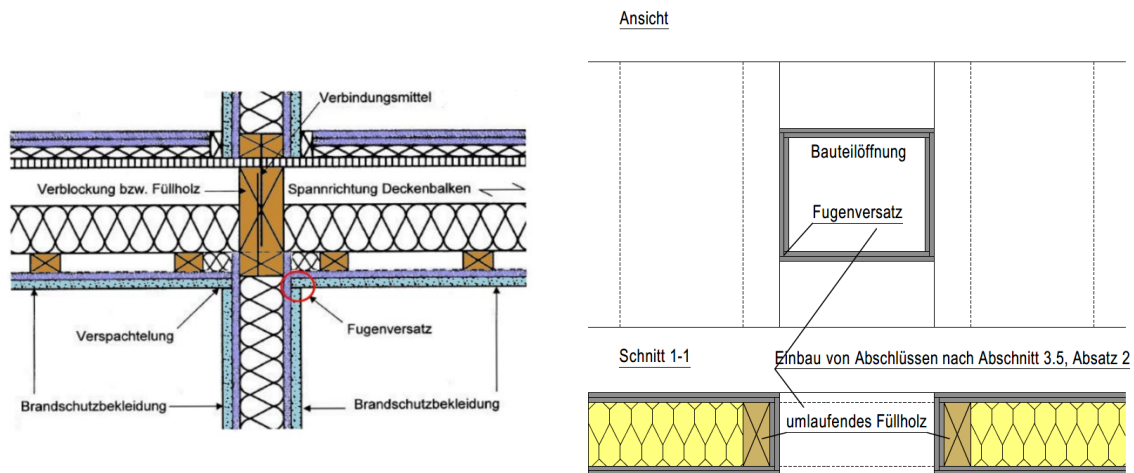


Abbildung 7 (links): Prinzipskizze 2: Anschluss Wand an Decke (MHolzBauRL)

Abbildung 8 (rechts): Prinzipskizze 6: Bauteilöffnung (MHolzBauRL)

Bei den Gebäuden in der GK 4 dürfen Brandwände anstelle von massiven Bauteilen auch als Brandersatzwände in der Holztafelbauweise eingesetzt werden, sofern sie unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend ausgebildet werden. Somit kann in dieser Gebäudeklasse das gesamte Gebäude in der Holzbauweise errichtet werden. Nachfolgend beispielhaft eine Brandersatzwand in der HTW-Bauweise.

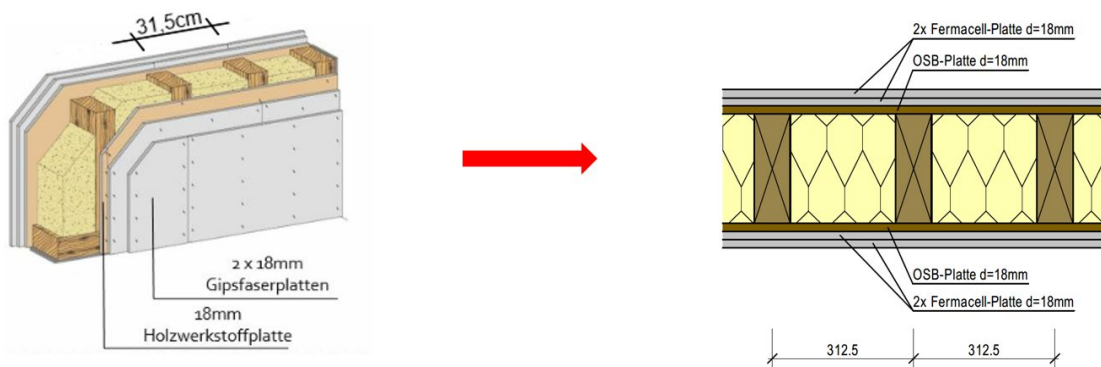


Abbildung 9: Wandaufbau Brandersatzwand als HTW REI60 M-K2-60

Die in NRW eingeführte Musterholzbaurichtlinie gilt nur für «Standardgebäude» der Gebäudeklasse 4 und 5, nicht für Sonderbauten, wie z.B. Schulen etc. Trotzdem sind viele Ausführungen, die in der Richtlinie aufgeführt werden und teilweise in diesem Referat exemplarisch aufgeführt sind, Stand der Technik und können somit auch bei Sonderbauten mit Verweis auf die Richtlinie herangezogen werden.

Im Abschnitt 1 ist in der MHolzBauRL angegeben, dass Wände anstelle von Brandwänden in der **GK 3** nach dieser Richtlinie auszuführen sind.

Das bedeutet, dass Gebäudeabschlusswände mit Holzfaserplatten nach der Richtlinie nicht möglich sind.

## 7. Gebäudeklasse 5

Nach der BauO NRW 2018 dürfen Gebäude der GK 5 in der Holzbauweise ausschließlich in Massivholzbauweise ausgebildet werden. Bei der Massivholzbauweise handelt es sich in der Regel um die Brettsperholz- oder Brettstapelbauweise. Dennoch müssen auch die Massivholzbauteile mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen ausgestattet werden, die eine Entzündung während des Zeitraums von mindestens 30 Minuten verhindert.

Abweichend dazu ist es nach der MHolzBauRL jedoch möglich, entweder die Decken oder 25 Prozent der Wände mit sichtbarem Holz unverkleidet zu lassen.



Freistehende Stützen und Balken müssen nach der Richtlinie nicht verkleidet werden und müssen auch nicht zu den 25 % dazu addiert werden.

Eine wesentliche Einschränkung der Richtlinie ist die Begrenzung der Nutzungseinheiten auf 200 m<sup>2</sup>. Dies mag für Wohngebäude im Allgemeinen ausreichend sein, für Bürogebäude mit deutlich größerer Nutzfläche in der Regel jedoch nicht.

Über qualifizierte Brandschutzkonzepte kann heute mit einer entsprechenden Kompensation zwar davon abgewichen werden, stellt aber immer eine gewisse Herausforderung dar. Hier wäre es wünschenswert, wenn in der nächsten Novellierung der Richtlinie eine Aufweichung der Quadratmeterzahl eingeführt werden würde, um den mehrgeschossigen Holzbau auch in anderen Bereichen als dem Wohnungsbau möglich zu machen.

In der MHolzBauRL sind für diese Bauweise viele nützliche Details zur Verhinderung der Brand- und Rauchweiterleitung angegeben.

Brandwände müssen massiv z.B. in Stahlbeton, errichtet werden.

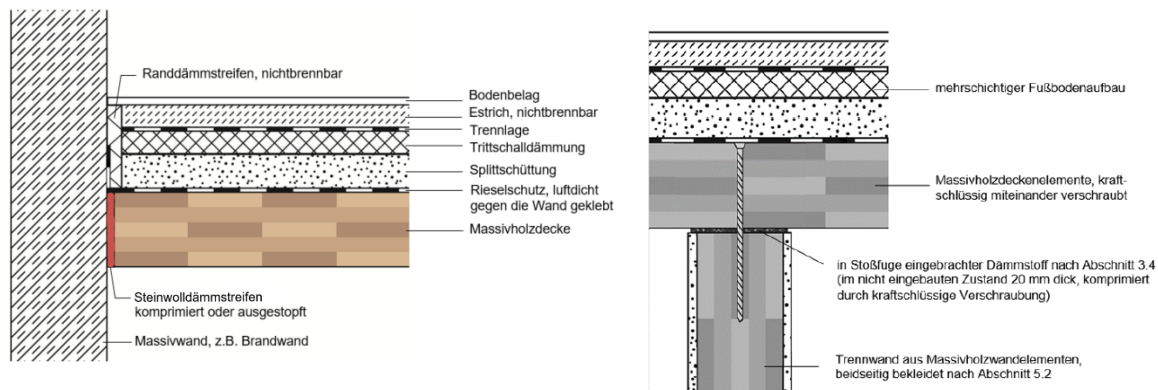


Abbildung 10 (links): Prinzipskizze 10 (MHolzBauRL)

Abbildung 11 (rechts): Prinzipskizze 8c (MHolzBauRL)

Alle tragenden und aussteifenden Bauteile müssen in der Gebäudeklasse 5 für 90 Minuten Feuerwiderstand berechnet werden.

Hier ergibt sich formal ein Widerspruch zu der zurzeit gültigen Norm DIN EN 1995-1-2, da Verbindungsmittel nach dieser Norm nur bis zu einer Branddauer von 60 Minuten nachgewiesen werden dürfen. Jedoch liegt die neue DIN EN 1995-1-2 vor, die voraussichtlich 2028 eingeführt werden soll. Hiernach können auch Verbindungsmittel bis zu einer Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten berechnet werden und die Ausführbarkeit von Holzobjekten in GK 5 sind nach der Norm möglich. Das Prinzip der Nachweisführung für den Feuerwiderstand ab 60 Minuten hat sich nicht geändert.

Neue Bauweisen sind in der neuen Norm aufgenommen worden, d.h. der Nachweis der Feuerwiderstandszeiten für die Holzbauteile, auch für 90 Minuten, entspricht dem Stand der Technik, obwohl formaljuristisch die Verbindungsmittel nach heutiger Norm nicht zugelassen sind.

Die Hölzer werden nach wie vor über Abbrand berechnet, bei den Verbindungsmitteln ist für ein 90-minütiges Brandereignis mit einer entsprechend größeren Überdeckung zu rechnen.

## 8. Aufstockungen:

Zur Modernisierung von Wohnungen und Wohngebäuden oder zur Schaffung von zusätzlichem Wohnraum durch Ausbau, Anbau, Nutzungsänderung oder Aufstockung ist nach § 69 (1) BauO NRW 2018 eine Abweichung zulässig.

Dadurch ist es möglich, ein Gebäude, das vor einer Aufstockung in Gebäudeklasse 3 eingestuft werden kann und sich nach der Aufstockung in Gebäudeklasse 4 oder 5 befindet, als gesamtes Gebäude mit Brandschutzanforderungen R30 (wie GK3) einzustufen. Voraussetzung ist, dass die Baugenehmigung der aufzustockenden Gebäude mehr als 5 Jahre zurückliegt.

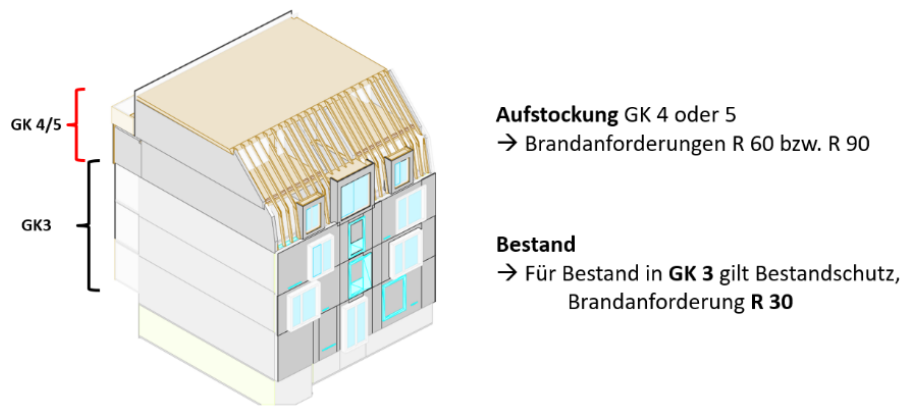


Abbildung 12: Aufstockung

## 9. Installationen

Prinzipiell dürfen in tragenden Wänden und Decken keine Installationen geführt werden. Jedoch dürfen nach Abschnitt 7 der MHolzBauRL einzelne Leitungen oder einzelne Hüllrohre mit bis zu drei Leitungen und einem Durchmesser von insgesamt bis zu 32mm innerhalb von Wänden und Decken geführt werden. Alle anderen Installationen müssen ausserhalb der tragenden und aussteifenden Wände geführt werden. Bei der Durchführung durch Wohnungstrennwände und auch Decken sind entsprechende zugelassene Brandschotts anzuordnen.

## 10. Fassaden

Nach der MHolzBauRL dürfen Fassaden aus Holz und Holzwerkstoffen in der Gebäudeklasse 4 und 5 eingesetzt werden. Da diese Richtlinie die einzige Quelle ist, in der Fassaden aus brennbaren Baustoffen behandelt werden und die dort angegebenen Details den Stand der Technik wiedergeben, werden auch Fassaden von Sonderbauten u.a. nach dieser Richtlinie ausgeführt.

Die Holzfassade muss je Geschoss horizontal ausreichend geschottet werden. Nach der letzten Novellierung der Richtlinie dürfen nur noch Stahlbleche verwendet werden, andere Baustoffe zur Schottung sind nicht mehr zugelassen.

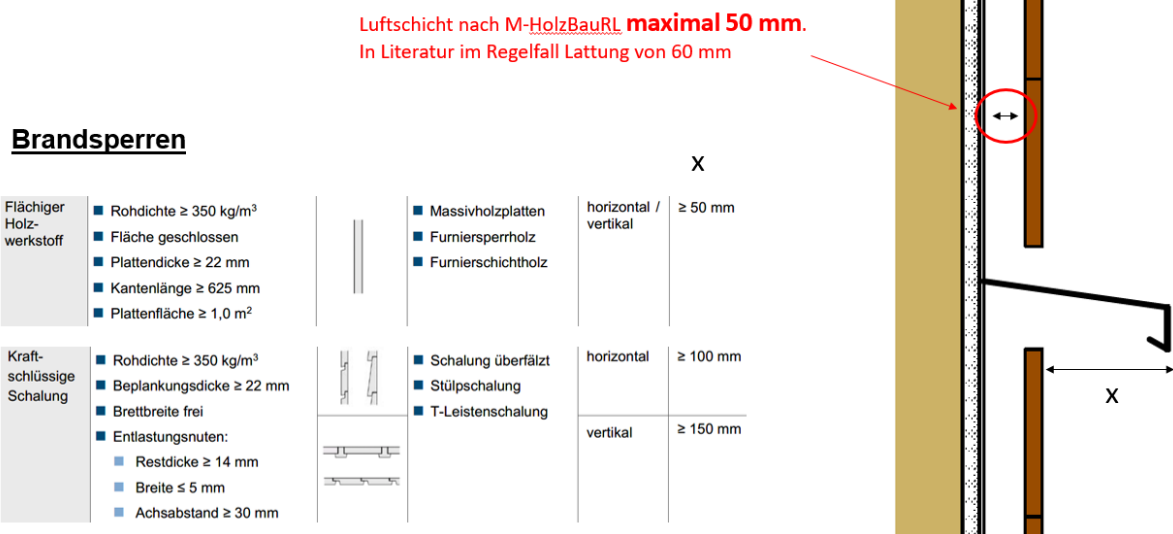


Abbildung 13: Horizontale Schottung einer Holzfassade (MHolzBauRL)

Die Länge der Auskragung «x» richtet sich nach der Art der gewählten Fassade. Beispielsweise muss bei einer horizontalen Stülpschalung eine Mindestauskragungslänge x von 10 cm ausgebildet werden.

Weiter müssen nachfolgend aufgeführte Punkte zwingend eingehalten werden:

Der Lüftungsquerschnitt darf nach der Richtlinie nur maximal 5 cm betragen (s. Abbildung 10). In der Literatur sind meistens 6 cm angegeben. Diese Richtlinie hat zwingend Vorrang vor anderen Richtlinien oder Normen, wie z.B. dem Holzschutz. Die Konterschaltung muss maximal alle 5 m aufgedoppelt werden (s. Abbildung 12). Bei Außenwandbekleidungen sind bei der Ausbildung von Außenecken besondere Vorkehrungen zu treffen. Im Eckbereich muss die Lattung mindestens 8 cm breit sein.

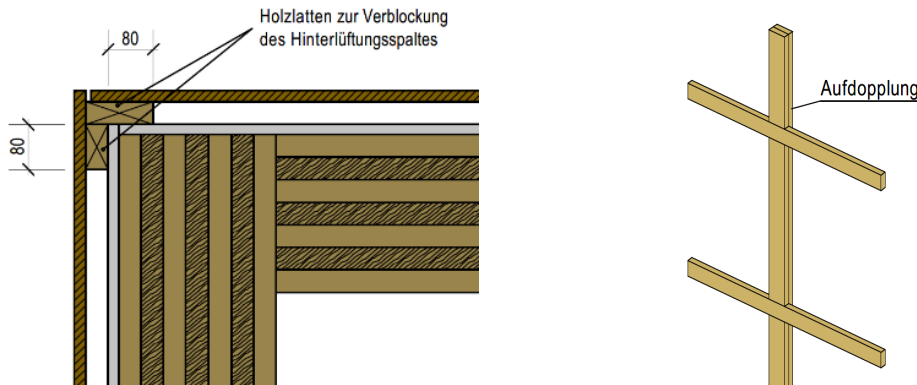


Abbildung 14 (links): Prinzipskizze 13 (MHolzBauRL)

Abbildung 15 (rechts): Aufdopplung der vertikalen Lattung

Falls die Aussenwand als nichttragende, wärmegeämmte Außenwand errichtet werden soll, darf die Wand in der Holzbauweise in der Klassifikation EI 30 erfolgen!

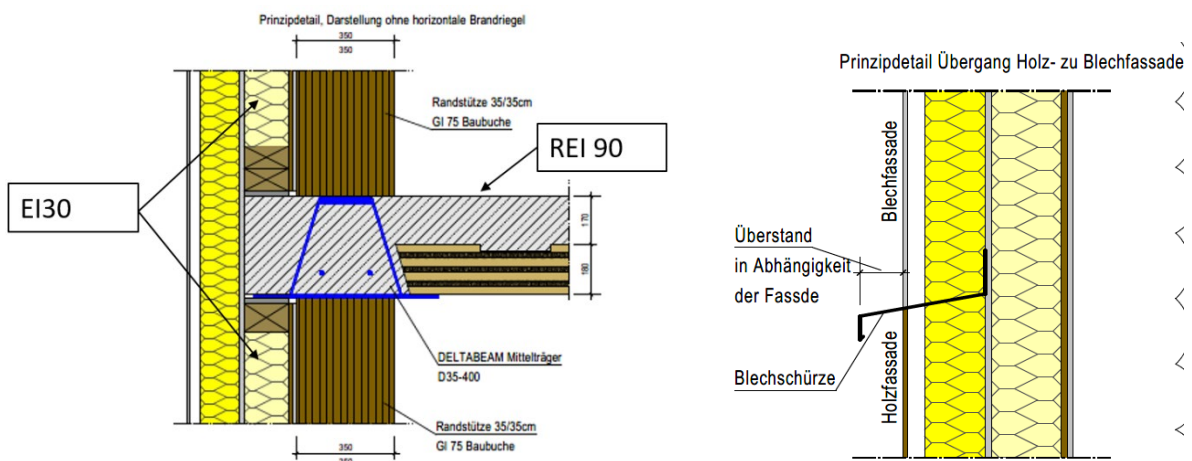


Abbildung 16: Nichttragende Holzfassade mit horizontaler Schottung

Neben der Brandschutzschottung ist zusätzlich immer auch der flankierende Schallschutz zu berücksichtigen!

## 11. Wo wird die Zukunft hingehen?

Schauen wir uns die LBO und die Technischen Baubestimmungen in Baden-Württemberg an. Hier sind seit dem 01.01.2023 wesentliche weiterführende Maßnahmen angegeben, die exemplarisch nachfolgend aufgeführt sind.

- Die HolzBauRL darf in Baden-Württemberg auch für Sonderbauten angewendet werden.



Nachfolgend ist der Abschnitt aus den Technischen Baubestimmungen Anlage A 2.2/BW2 zu Abschnitt 1 abgebildet:

#### Anlage A 2.2/BW2

#### Zur Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise Baden-Württemberg (HolzBauRL)

##### 1. Zu Abschnitt 1

Die HolzBauRL gilt grundsätzlich sinngemäß **auch für Sonderbauten**; die Verwendung von brennbaren Baustoffen kann bei Sonderbauten jedoch gemäß § 38 Absatz 1 Nummer 4 LBO im Einzelfall mit weitergehenden Anforderungen eingeschränkt oder ergänzend beauftragt werden, wenn dafür Gründe vorliegen. Im Bauantrag sind die Gründe zu benennen, aufgrund derer die Verwendung von brennbaren Baustoffen nicht zu einer Unterschreitung des Schutzniveaus führt. Dies kann im Rahmen eines Brandschutzkonzepts erfolgen. Unterirdische Garagen und Kellergeschosse sind grundsätzlich vom Anwendungsbereich der HolzBauRL ausgenommen.

Hinweis: Das Schutzniveau bleibt bei Anwendung dieser Anlage unverändert, jedoch können die ergänzenden Regelungen zu erhöhten Sachschäden vor allem in Brandfällen führen, die unter dem Szenario eines Vollbrandes liegen.

Abbildung 17: Auszug aus Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg

- Die Holztafelbauweise (HTW) darf in BW in der Gebäudeklasse 5 eingesetzt werden.

Voraussetzung hierbei ist, dass die Nutzungseinheiten kleiner als 200 m<sup>2</sup> sind.

Selbstverständlich sind alle tragenden und aussteifenden Wände für einen Feuerwiderstand von 90 Minuten nachzuweisen.

#### **Achtung Praxistipp:**

Bei einer Höhe der Gebäude bis 22 m ist bei der Ausführung in HTW zwingend das Schwind- und Setzmass zu berücksichtigen. Insbesondere gleitende Anschlüsse an massive Bauteile sind einzuplanen.

Nach der Verwaltungsvorschrift in BW dürfen die HTW in der Klassifizierung REI 60 K<sub>2</sub>-30 ausgeführt werden. Dies ist eine wesentliche und sinnvolle Kosteneinsparung.

- In der Gebäudeklasse 4 dürfen die Holztafelwände in der Klassifizierung REI 60 K<sub>2</sub>-30 ausgeführt werden (s. Anlage A2.2/BW).

D.h., dass bei dieser Brandschutzanforderung eine 2-lagige Anordnung von 12,5 mm Gipsfaserplatten ausreichend ist.

#### **Achtung Praxistipp:**

Bei einer K<sub>2</sub>-Kapselung von 30 Minuten, hat die HTW Wand nach 30 Minuten keine aussteifende Beplankung mehr. Hier müssen durch den Tragwerksplaner zusätzliche Maßnahmen, wie die Einführung einer aussteifenden Diagonalen in die HTW-Wand, vorgenommen werden.

- Einsatz von brennbaren Dämmstoffen und Zellulosedämmstoffe in der Gebäudeklasse 4 in BW

Vorraussetzung ist eine Beschränkung der Nutzungseinheiten auf 200 m<sup>2</sup>. Neben der Anforderung einer K<sub>2</sub>-60 Kapselung muss unter den Gipsfaserplatten zusätzlich eine 12 mm OSB-Platte angeordnet werden!

Nachfolgend ist ein Ausschnitt des Textes aus den Technischen Baubestimmungen in BW aufgeführt.

**Anlage A 2.2/BW2****Zur Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise Baden-Württemberg (HolzBauRL)**

3.2 Für Gebäude der Gebäudeklasse 4, die Nutzungseinheiten von maximal 200 m<sup>2</sup> Brutto-Grundfläche aufweisen, dürfen anstelle von hochfeuerhemmenden Bauteilen auch Bauteile in Holzrahmen- und Holztafelbauweise eingesetzt werden, bei denen entweder

- brennbare Dämmstoffe aus Holzfaserdämmstoff nach DIN EN 13171 oder Zellulosedämmstoff aus mechanisch zerkleinertem Altpapier nach DIN EN 15101 oder nach ETA auf Basis des EAD 040138-00-1201 eingesetzt werden,
- Installationen ausschließlich außerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung (Brandschutzbekleidung) geführt werden, wovon lediglich brandschutzbekleidete Leitungsdurchführungen mit Brandschotts nach Abschnitt 4.7 der HolzBauRL ausgenommen sind,
- die Brandschutzbekleidung eine Entzündung der tragenden und aussteifenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen während eines Zeitraums von mindestens 60 Minuten verhindert und
- zwischen Brandschutzbekleidung und brennbaren Dämmstoffen ohne Zwischenspalt zusätzlich vollflächig eine mindestens 12 mm dicke Holzwerkstoffplatte der Rohdichte  $\geq 500 \text{ kg/m}^3$  angeordnet wird,

Abbildung 18: Auszug aus Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg

Die brennbaren Baustoffe dürfen auch bei einer K<sub>2</sub>-30 Kapselung der HTW in der GK 4 eingesetzt werden.

Voraussetzung ist eine maximale Nutzungseinheit von 100 m<sup>2</sup>, sowie eine zusätzliche OSB-Platte von 18 mm.

**Anlage A 2.2/BW2****Zur Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise Baden-Württemberg (HolzBauRL)**

3.3 Für Gebäude der Gebäudeklasse 4, die Nutzungseinheiten von maximal 100 m<sup>2</sup> Brutto-Grundfläche aufweisen, dürfen anstelle von hochfeuerhemmenden Bauteilen auch Bauteile in Holzrahmen- und Holztafelbauweise eingesetzt werden, bei denen

- brennbare Dämmstoffe (statt nicht brennbaren) Dämmstoffen eingesetzt werden,
- Installationen ausschließlich außerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung (Brandschutzbekleidung) geführt werden, wovon lediglich brandschutzbekleidete Leitungsdurchführungen mit Brandschotts nach Abschnitt 4.7 der HolzBauRL ausgenommen sind,
- die Brandschutzbekleidung zweilagig ausgeführt wird und eine Entzündung der tragenden und aussteifenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen während eines Zeitraums von mindestens 30 Minuten (statt 60 Minuten) verhindert und
- zwischen Brandschutzbekleidung und brennbarer Dämmung ohne Zwischenspalt zusätzlich vollflächig eine mindestens 18 mm dicke Holzwerkstoffplatte der Rohdichte  $\geq 500 \text{ kg/m}^3$  angeordnet wird,

Abbildung 19: Auszug aus Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg

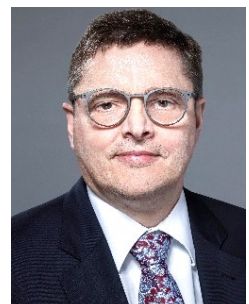
Die Verwaltungsvorschrift in Baden-Württemberg zeigt durch ihre Fortschrittlichkeit die Zukunft im Holzbau auf. Es kann angenommen werden, dass die anderen Bundesländer, hoffentlich zeitnah, folgen werden.

Wir können davon ausgehen, dass die in Baden-Württemberg schon jetzt vorgesehenen o.a. auch in NRW eingeführt werden. Ich hoffe, es dauert nicht nochmal 15 Jahre.



# Brandschutz für Holzbauten in NRW

Udo Kirchner  
Halfkann + Kirchner GmbH  
Erkelenz, Deutschland





# Brandschutz für Holzbauten in NRW

## 1. Holzbauten im europäischen Ausland

Das europäische Ausland zeigt vielfältige prestigeträchtige Holzbauten. In Wien ist das Holzhochhaus HoHo mit 24 Geschossen und 84 m Höhe die Landmarke der neuen Seestadt Aspern. Das bereits im Jahr 2020 fertiggestellte Objekt ist in der Primärtragstruktur aus Stahlbetonkernen für Treppenräume und Aufzüge, im Übrigen aber weitgehend in Vollholzbauweise errichtet und hat einen großen Anteil sichtbarer Holzoberflächen (Abbildung 1).



Abbildung 1: HoHo Wien, Holzhochhaus während der Bauphase 2019 sowie Innenansicht des Musterbüros

Am Flughafen Luxemburg wurde das Projekt Skypark ebenso in Hybridbauweise mit Stahlbetonkern, allerdings auch mit Geschossdecken ausschließlich aus Brettsperrholz und wiederum weitgehend holzsichtigen Oberflächen errichtet. Auch die Brandabschnittswände sind aus bekleidetem Brettsperrholz. Die Gebäudeausdehnung beträgt 370 m x 58 m x 30,5 m, die Grundfläche ca. 21.800 m<sup>2</sup>, der Rauminhalt 665.500 m<sup>3</sup>. Auch hier liegt eine baurechtliche Zuordnung als Hochhaus vor mit Nutzung Shopping, Hotel und Büroflächen (Abbildung 2).



Abbildung 2



Diese Objekte führen zu der Frage, inwieweit solche Objekte auch in Deutschland bzw. Nordrhein-Westfalen Realisierung finden können und führen zwangsläufig zum Thema des Brandschutzes für Holzbauten in NRW.

Die Politik zeigt hier eine große Bereitschaft und Offenheit, was man vielleicht schon daraus ableiten mag, dass auf der Homepage des «Bauministeriums» MHKBD der Beitrag über die Bauordnung mit einem Holzbau-Foto eingeleitet wird, wenngleich es sich dabei lediglich um einen konventionellen Holz-Dachstuhl handelt (Abbildung 3).



**Menü**

Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Abbildung 3: Homepage MHKBD zu Kapitel Bauordnungsrecht

## 2. Der baurechtliche Weg

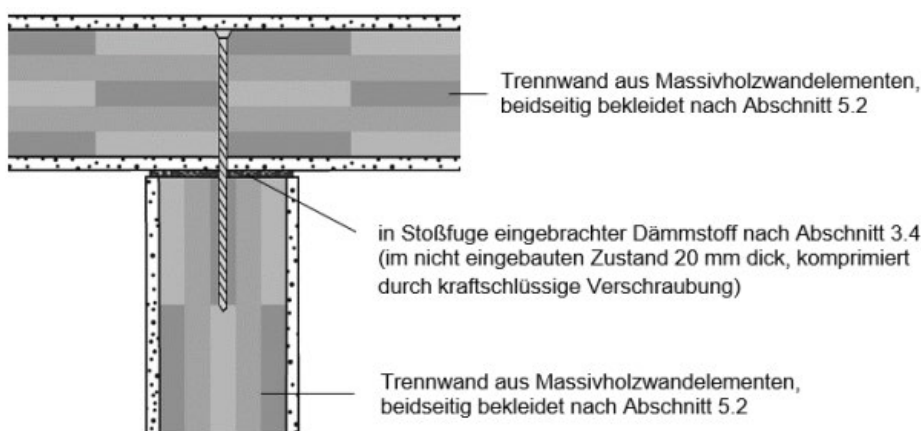
Der Brandschutz allgemein und insbesondere auch für Holzbauten ist eingebettet in bauordnungsrechtliche Vorschriften und wird daher von Manchen als steinig empfunden. In der Tat ist auf Basis der Landesbauordnung eine Holzbauweise zunächst für Gebäude der Gebäudeklassen 1–3 vorgesehen, also den klassischen Ein- bis Zweifamilienhäusern sowie Mehrfamilienhäusern mit bis zu zwei Obergeschossen und kleineren Gewerbebauten. Da diese Objekte zumindest ihrer Anzahl nach den größten Teil des Bauvolumens ausmachen, gewinnt der Unterzeichner den Eindruck, dass die hier eröffneten Potentiale für den Holzbau gerade in Nordrhein-Westfalen noch sehr zurückhaltend genutzt werden, obwohl – gerade aus dem Brandschutz – hier keine Hürden auszumachen sind. Für Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 sollen sich Verfahrenswege mit der neuen «Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise – MHolzBauRL» eröffnen.

Wie in den anderen Bundesländern erfolgt deren Einführung über die VVTB – Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen. Hierbei hat NRW auf Basis des Erlasses vom 15.06.2021 den Weg gewählt, dass die jeweils neu vom DIBT veröffentlichte Ausgabe nach Ablauf von 6 Monaten in NRW gilt. Zum Zeitpunkt dieses Beitrages (September 2023) handelt es sich also um die Fassung VVTB 2021/1. Hierzu wurden im Juli 2022 sog. Anpassungshinweise auf der Homepage des Ministeriums veröffentlicht und dabei (im Wesentlichen redaktionelle) Unterschiede zur zitierten Fassung der Muster-VVTB durch Gelbmarkierung hervorgehoben. Für die aktuelle Fassung der Muster-VVTB 2023/1 vom 17.04.2023 mit Druckfehlerberichtigung vom 10.05.2023 steht also die Einführung in NRW zum Oktober 2023 zu erwarten. Diese verweist in Kapitel A 2.2.1.4 allerdings weiterhin auf die Fassung der M-HolzBauRL 2020–10, so dass sich (zunächst) für Holzbauten keine brandschutztechnisch-baurechtlichen Änderungen ergeben. Es bleibt also eine etwaige Fortschreibung der Muster-HolzBau-Richtlinie, deren Einführung in die Muster-VVTB und dann die Umsetzung in Landesrecht abzuwarten.

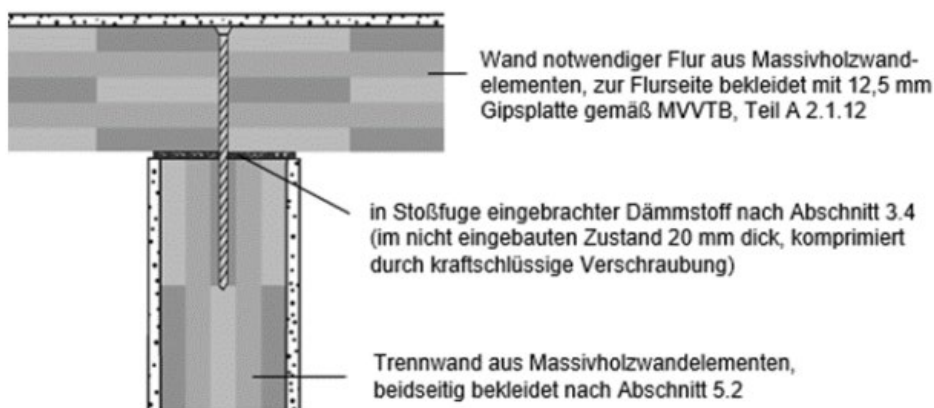
### 3. Anwendung der Holzbau-Richtlinie

Die MHolzbauR 2020–10 eröffnet Möglichkeiten für den Holzbau, die sich jedoch in der praktischen Anwendung oft als nicht ausreichend erweisen. Insbesondere die Regelung nach dortiger Ziffer 3.2, wonach im Ergebnis die von der Technischen Regel abweichenden Ausführungen jeweils Nachweise gemäß § 16a MBO bzw. § 17 BauO NRW 2018, also zu meist «vBGs», vorhabenbezogene Bauartengenehmigungen erforderlich machen, schränkt den faktischen Anwendungsbereich stark ein.

In der Praxis entstehen hier Fragen und Diskussionen teilweise zu vermeintlich formalen Details, wie am Beispiel der Prinzipskizze 8 (Abbildung 4) gezeigt werden soll. Dargestellt ist in Skizze 8a eine Trennwand aus Massivholzelementen mit beidseitiger Bekleidung und in 8b eine «Wand notwendiger Flur» mit einseitiger Bekleidung. Ingenieurmäßig ist damit zugleich sicherlich auch die Fallgestaltung einer Trennwand mit holzsichtiger Innenseite abgedeckt, was in der Praxis aber leider nicht von jedem Anwender bzw. Prüforga nachvollzogen wird.



**Prinzipskizze 8a:** Anschluss Trennwand / Trennwand, Bauteilfuge (Horizontalschnitt)



**Prinzipskizze 8b:** Anschluss Trennwand / Wand notwendiger Flur, Bauteilfuge (Horizontal)

Abbildung 4: Auszug aus MVVTB 2020–10

Eine weitere praxisrelevante Einschränkung ergibt sich aus dem Anwendungsbereich für «Standardgebäude» der Gebäudeklasse 4 und 5 mit feuerwiderstandsfähigen Bauteilen in Holzmassivbauweise nach Kapitel 5 der Richtlinie, zumal die Definition in Ziffer 2.2 als solche – Zitat: «Keine Anlagen oder Räume besonderer Art oder Nutzung nach § 2 Abs. 4 MBO» bzw. § 50 BauO NRW 2018 (und eben nicht § 50 Abs. 2 BauO NRW) zuordnet. Der so definierte Anwendungsbereich ist sehr schnell überschritten, häufig, ohne dass dies mit einer echten brandschutztechnischen Risikoerhöhung verbunden wäre.



## 4. Anlagentechnische Kompensation

Die vorstehend beschriebenen Einschränkungen aus dem Anwendungsbereich der Muster-Holzbau-Richtlinie führen insbesondere bei Sonderbauten in Holzbauweise zum Rückgriff auf den «Abweichungs-Paragraphen» § 69 Abs. 1 BauO NRW. Die Vereinbarkeit mit den Technischen Regeln nach § 3 bzw. die dort formulierte «andere technische Lösung» ergibt sich dann dadurch, dass nicht unmittelbar oder vollständig eingehaltene bauliche Brandschutzanforderungen durch zusätzliche anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen kompensiert werden.

Dies ist im Übrigen auch die Vorgehensweise in den vorstehenden Referenzobjekten aus dem europäischen Ausland. So wurde sowohl beim HoHo Holzhochhaus Wien, als auch im Skypark Luxemburg eine automatische Löschanlage eingebaut und hier auf Basis ingenieurmäßig-probabilistischer Nachweise eine erhöhte Zuverlässigkeit der Anlagen vorgesehen und umgesetzt.

In anderen Fallgestaltungen kann ggf. bereits mit einer automatischen Brandmeldeanlage und das hierdurch ggf. über die Regelanforderungen hinausgehende frühere und exaktere Erkennen eines Brandereignisses ein entsprechendes Kompensationspotential aufgezeigt werden.

Der Brandschutz für Holzbauten in NRW erfordert neben der Kenntnis der konstruktiven Zusammenhänge im Holzbau, also auch Wissen und Erfahrung in konzeptionellem Brandschutz und dessen schutzzielorientierten Anwendung.

Es steht zu erwarten, dass mit dem seit 02.07.2021 eingeführten Verfahren für Prüferingenieur\*innen im Brandschutz nach § 58 Abs. 5 BauO NRW ein verantwortungsvoller und sachgerechter Brandschutz für Holzbauten in NRW erleichtert und beschleunigt wird.

**Block D1**  
**NRW und Benelux:**  
**Initiativen und Best-Pracitice-Beispiele**



# Schulbauprogramm II

## Projektvorstellung

Jacques Probst  
Ministerium der Deutschsprachigen Gemeinschaft  
Eupen, Belgien





# Schulbauprogramm II

## 1. Vorstellung des Auftraggebers

Die Deutschsprachige Gemeinschaft Belgiens, in der Außendarstellung auch Ostbelgien genannt, ist eine von drei Gemeinschaften des belgischen Föderalstaats.

Die Gemeinschaft verfügt über eine große Autonomie in Belgien, worunter auch das Bildungswesen fällt. Die Deutschsprachige Gemeinschaft verfügt über ein eigenes Parlament, deren Beschlüsse und Entscheidungen vom Ministerium der Deutschsprachigen Gemeinschaft (MDG) umgesetzt werden.

In den nächsten Jahren wird das MDG ein Teil seiner Schul- und Verwaltungsgebäude erneuern, mit einem Investitionsvolumen von ca. 250 Mio. Euro für 15 Projekte. Dieses Gesamtprojekt ist unter dem Namen «Schulbauprogramm II» gekennzeichnet.

Als kleine Region in Grenznähe zu Deutschland, Luxemburg und den Niederlanden ist die Region geprägt von einer großen Sprachvielfalt und einer starken wirtschaftlichen Zusammenarbeit über die Grenzen Belgiens hinweg. Aufgrund seiner deutschen Sprache orientiert sich die DG des Öfteren an der DACH-Region.

## 2. Vorstellung der Projekte

### 2.1. Übersicht

Die 15 Projekte des übergeordneten Programms «Schulbauprogramm II» werden über einen Zeitraum von circa. 8 Jahren realisiert. Die Palette erstreckt sich von kleinen Verwaltungseinrichtungen bis hin zu ganzen Schulkomplexen und reicht von Neubauten bis zu Anbauten, Aufstockungen und Sanierungen, welche teilweise unter Denkmalschutz stehen. Die Projekte sind je nach Art und Priorität in Cluster gegliedert. So können die Synergien zwischen den einzelnen Projekten bestmöglich genutzt werden. Die Abbildung 1 zeigt die Standorte der einzelnen Projekte.

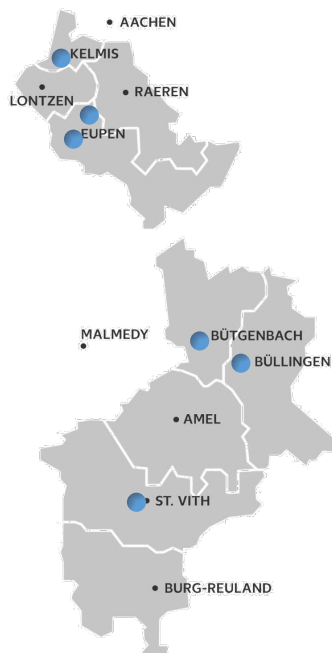


Abbildung 1: Projektstandorte

Die Projekte unterteilen sich in drei unterschiedliche Projektarten: Clusterschulen, Kinderbetreuung & Verwaltung und Wiederverwendbare Gebäude. Für die Clusterschulen wurden pädagogische Konzepte inklusive Raum- und Funktionsprogramm erarbeitet. Aus diesen resultieren neue pädagogische Lernmethoden, welche durch die Architektur und die Gebäude

umgesetzt werden sollen. Neben den Clusterschulen wurden Kita, Verwaltungs- und Begleitzentren in das Portfolio der Projekte mit aufgenommen. Diese ermöglichen unterschiedliche Betreuungsdienste. Als letzte Projektart wird die Wiederverwendbarkeit von Gebäuden angestrebt. Manche Projekte sollen als zeitlich begrenzte Gebäude fungieren, welche zu einem späteren Zeitpunkt wiederverwendet werden können (z.B. Klassenzimmer).

## 2.2. Cluster

Im Folgendem wird die Clusteraufteilung vorgestellt. Von den 15 Projekten sind momentan sieben Projekte von hoher Priorität. Diese sieben Projekte sind in drei Cluster aufgeteilt. Für alle Projekte wird eine Holzbauweise angestrebt, es wird hoher Wert auf die Nachhaltigkeit und die Barrierefreiheit gelegt.

Das **Cluster 1** (CL1) setzt sich aus zwei Projekten zusammen, Kaleido und Griesdeck. Die Ausschreibung für die Planer wird Ende 2023 erfolgen, wobei die Ausschreibung für die Unternehmen Ende 2024 herausgegeben wird. Beim Projekt Kaleido handelt es sich um einen Abriss und Neubau eines zweigeschossigen Verwaltungsgebäudes mit der Funktion eines zentralen Gesundheitsdienstes. Das Projekt befindet sich in der Ortschaft Eupen. Es handelt sich um 1.200 m<sup>2</sup> BGF. Die Entwurfsplanung des Projekts ist bereits vorhanden. Beim Projekt Griesdeck handelt es sich um einen Neubau eines Begleitzentrums für körperlich und geistig beeinträchtigte Menschen. Das Projekt beinhaltet noch zwei weitere Teilprojekte. Zum einen ein Wohnbauprojekt, welches eine Wohngruppe von 20 Personen umfasst, zum anderen das Projekt «Biber», welches aus mehreren kleineren Werkstätten besteht. Das gesamte Projekt Griesdeck befindet sich in der Ortschaft Bütgenbach und umfasst ca. 2.000 m<sup>2</sup> BGF.

Das **Cluster 2** (CL2) setzt sich aus drei Projekten zusammen, das Cesar-Franck-Athenäum (CFA), das Königliche Athenäum St. Vith (KAS) und der Technologicampus (TEC). Hierfür wird Ende 2023 ein Architekturwettbewerb ausgeschrieben. Die Ausschreibung für einen Totalunternehmer wird Mitte 2024 veröffentlicht. Die CFA wird in verschiedene Neubaeinheiten unterteilt, eine Grundschule, ein Kindergarten, eine Außerschulische Betreuung, eine Sekundarschule, eine Sporthalle und eine Mensa. Das Projekt befindet sich in der Ortschaft Kelmis. Die Baumaßnahme soll während dem laufenden Betrieb erfolgen. Der Standort hat eine BGF von 12.400 m<sup>2</sup> und soll 900 Schüler fassen.

Das Projekt KAS wird in verschiedene Einheiten unterteilt, eine Sekundarschule (neues Konzept, Sanierung und Ausbau), eine Primärschule-Inklusionsschule (Um- und Anbau), eine Mensa und eine Sporthalle. Das Projekt gliedert sich in mehrere Gebäude, welche sich an zwei verschiedenen Standorten befinden. Das Projekt ist in der Ortschaft St. Vith angesiedelt. Auch hier soll die Bauphase während dem laufenden Betrieb erfolgen. Der Standort hat eine BGF von 13.000 m<sup>2</sup> und soll 700 Schüler fassen.

Bei dem Technologicampus TEC handelt es sich um einen Neubau eines dezentralen Campusgeländes mit mehreren Teilbereichen. TEC ist zwar Teil des CL2, jedoch stehen die Projekte CFA und KAS in der Priorität über TEC. TEC soll erst im Anschluss an die Planung der anderen beiden Projekte umgesetzt werden. Die Planungsanforderungen an das Gebäude sind ähnlich zu denen von CFA und KAS. Aktuell befindet sich das Projekt in einer frühen Phase 0, in der die Nutzerbedarfe der Teilbereiche in einem Raum- und Funktionsprogramm abgestimmt werden. Das Projekt befindet sich in der Ortschaft St. Vith. Für TEC wird ein späterer Planungs- und Baubeginn als für CFA und KAS angestrebt. Der Standort hat eine BGF von 2.000-3.000 m<sup>2</sup>.

Das **Cluster 3** (CL3) setzt sich aus zwei Projekten zusammen, Teilzeitunterricht (TZU) und Königliches Athenäum in Eupen (KAE). Hierfür soll eine Design & Build-Ausschreibung Anfang-Mitte 2024 herausgegeben werden. Das TZU und das KAE benötigen neue Klassenräume, da das Bestandsgebäude nicht geeignet ist. Hier wird eine Raummodulbauweise aus Holz angestrebt, damit die Klassenräume inklusive dem TGA-Modul später an einem anderen Standort wiederverwendet werden können. Für beide Projekte muss eine schnelle Umsetzung erfolgen. Das Projekt TZU und KAE befinden sich in der Ortschaft Eupen. Der Standort TZU hat eine BGF von 600 m<sup>2</sup>. Die BGF von KAE muss noch ermittelt werden.



### 3. Pädagogisches Konzept

Für die Schulprojekte CFA und KAS wurde ein pädagogisches Konzept inklusive Raum- und Funktionsprogramm erarbeitet, die Phase 0. Daraus resultieren pädagogische Lernmethoden, welche durch die Architektur und die Gebäude umgesetzt werden sollen.

Die Region Ostbelgiens weist eine Vielzahl unterschiedlicher Kulturen auf. Somit ist eines der Ziele des Konzepts die Inklusion aller zu unterstützen. Hierfür soll eine umfangreiche Weiterbildung unterschiedlicher Themen und eine Barrierefreiheit angestrebt werden.

Die Schulen sollen als eine Art Begegnungsort fungieren, der eine Plattform für offenen Austausch bieten soll. Hierzu werden Teamräume für Teamarbeiten und Verbindungstüren, welche unterschiedlichen Räume verbinden sollen, erstellt. Eine offene Zusammenarbeit jeder Zeit soll hiermit vermittelt werden.

Die maximale Lerneffizienz soll durch eine günstige Geometrie des Gebäudes und hier einhergehen kurzen Unterrichtswegen erzielt werden. Eine klassische Flurschule ist vom Bauherren nicht erwünscht und wird dem pädagogischen Konzept nicht gerecht.

Neben dem Unterricht soll den Schüler\*innen und Lehrer\*innen ein gewisser Ausgleich geboten werden. Hierzu sollen Pausenbereiche, Sportangebote, Lehrerzimmer und Außenbereiche ausgebaut werden.

Als Unterrichtsform wird eine moderne Lernmethodik mit Ganztagesunterricht angestrebt. Ein Beispiel hierfür ist die Einführung der bilingualen Unterrichtssprache.

### 4. Nachhaltigkeit

#### 4.1. CO<sub>2</sub>-Neutralität und Prozessentwicklung

Mit der Realisierung der Projekte soll eine ganzheitliche Nachhaltigkeit gewährleistet werden. Um das Nachhaltigkeitsziel zu messen, wurde ein hauseigener Nachhaltigkeitskatalog erstellt, der die Anforderungen des Ministerium der deutschsprachigen Gemeinschaft an die Nachhaltigkeit auflistet. Ein wichtiges Kriterium stellt hier die CO<sub>2</sub>-Neutralität dar. Die Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die Ziele der CO<sub>2</sub>-Neutralität.



Abbildung 2: Ziele der CO<sub>2</sub> Neutralität

Durch das Ziel der CO<sub>2</sub>-Neutralität wurde ein Prozess für die Projektstruktur und die Ausschreibungen erstellt. Hieraus ergab sich der Wunsch nach einer Umsetzung der Holzbauweise inklusive einer innovativen Technik im Bereich der TGA, welcher der Nutzung der Gebäude gerecht wird.

## 4.2. Nachhaltigkeitskonzept

Die Nachhaltigkeit wird durch innovatives Bauen und Planen erreicht. Die Bauherrenanforderung werden durch ein Prüfungsverfahren mit Hilfe des Nachhaltigkeitskatalog sichergestellt. Hierbei werden Definitionen für die nötigen Prozessbausteine im Planungs- und Bauprozess konkretisiert. Diese Prozessbausteine sind Leistungen, welche sicherstellen sollen, dass während des Planungs- und Bauprozesses die Ziele des Bauherren erfüllt werden können.

Die zu erreichenden Ziele sind somit vorgegeben. Der Weg dahin ist jedoch individuell wählbar. Der Einklang von Architektur, Bau- und Technikkonzept steht im Vordergrund. Die Abbildung 3 und 4 geben einen kurzen Einblick in den Nachhaltigkeitskatalog.



Abbildung 3: Nachhaltigkeitskatalog Teil 1

| Nachhaltigkeitskategorien                              |                             | NO-GOs<br>Erfüllungsgrad | MUSS<br>Erfüllungsgrad | SOLL<br>Erfüllungsgrad | TOTAL<br>Erfüllungsgrad | MINDEST-ANFORDERUNG<br>erfüllt? | Anteil am<br>Gesamtprojekt |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|                                                        | Energie & CO2 (Betrieb)     | 100%                     | 42%                    | 90%                    | 70%                     | Nein                            | 12.31%                     |
|                                                        | Ökobilanzierung (Material)  | 100%                     | 87%                    | 60%                    | 74%                     | Ja                              | 13.01%                     |
|                                                        | Innenraumqualität           | Nicht zutreffend         | 44%                    | 75%                    | 54%                     | Nein                            | 8.08%                      |
|                                                        | Ressourcenverwendung        | 100%                     | 80%                    | 100%                   | 87%                     | Ja                              | 13.00%                     |
|                                                        | Landnutzung & Biodiversität | 100%                     | 100%                   | 100%                   | 100%                    | Ja                              | 15.00%                     |
|                                                        | Mobilität                   | Nicht zutreffend         | 67%                    | Nicht zutreffend       | 67%                     | Nein                            | 6.67%                      |
|                                                        | Gesellschaftlicher Beitrag  | Nicht zutreffend         | 100%                   | 100%                   | 100%                    | Ja                              | 5.00%                      |
|                                                        | Prozess Qualität            | Nicht zutreffend         | 83%                    | 100%                   | 94%                     | Ja                              | 4.69%                      |
| Die Nachhaltigkeitsanforderungen wurden erfüllt zu:    |                             |                          |                        |                        |                         |                                 | 77.76%                     |
| Mindestwert von 60% für das gesamte Projekt ist somit: |                             |                          |                        |                        |                         |                                 | Erreicht                   |

Abbildung 4: Nachhaltigkeitskatalog Teil 2

## 4.3. Holzbauweise

Wie zuvor erläutert, gibt der Bauherr lediglich die zu erreichende Ziele vor. Der Weg dahin ist offen. Die Holzbauweise ist eines der Kriterien, welches sich aus der CO<sub>2</sub>-Neutralität ergibt. In welcher Weise dieser Holzbau ausgeführt werden soll, ist nicht vorgegeben. Möglichkeiten wie Holzskelettbau, Massivholzbau, Holzraummodule, Elementbau oder Holz-Hybrid Bau stehen jedem Bewerber frei zur Auswahl. Der Auftraggeber ist offen für innovative Ausführungsweisen und Ideen.

## 5. Vergabeverfahren

Die Vergabe wird in Form einer öffentlichen Ausschreibung stattfinden. Der Bauherr hat sich umfangreiche Gedanken zum Prozess der Umsetzung eines qualitativen Holzbaus gemacht, sodass die Planung und die Ausführung Hand in Hand gehen sollen. Hieraus ergeben sich unterschiedliche Vergabeverfahren für die drei Cluster, welche der Abbildung 5 entnommen werden können.

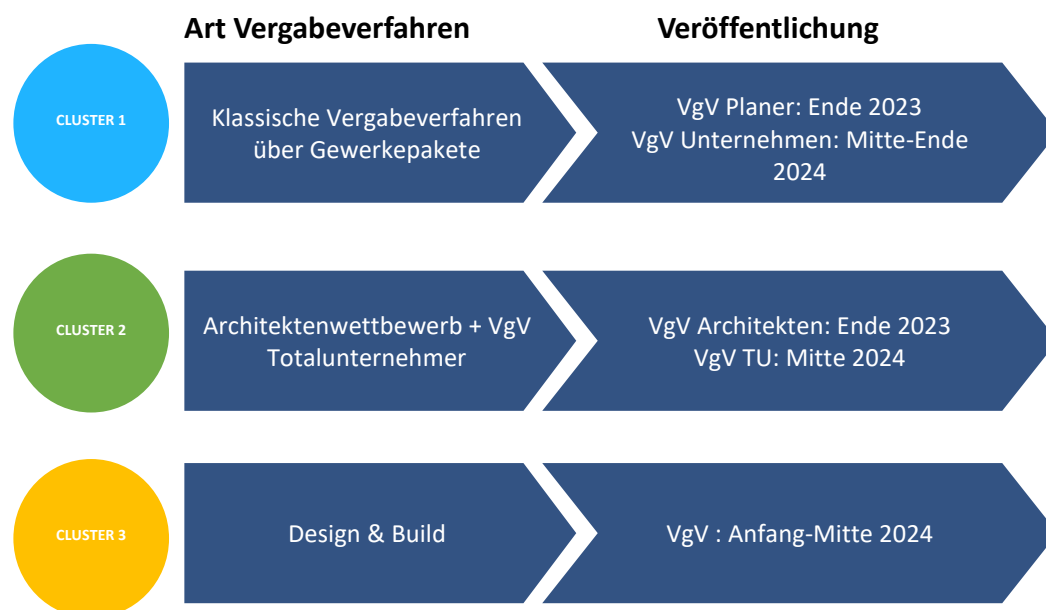


Abbildung 5: Vergabearten

## 6. Attraktivität für eine Zusammenarbeit

MDG setzt ein besonderes Augenmerk auf eine internationale Partnerschaft. Das internationale Bewusstsein wird auch durch die Wahl der Projektabwicklung unterstrichen, z.B. unterstützt das deutsche Unternehmen Drees & Sommer den Auftraggeber als Projektsteuerer. Ostbelgien liegt an der Grenze zwischen Luxemburg, Deutschland, Niederlande und bietet so einem interessanten Wirtschaftsstandort für Unternehmen aus der DACH-Region. Die Grenzregion hat sich als Ziel gesetzt, eine wirtschaftliche Zusammenarbeit über die Grenzen hinaus zu fördern. Partnerschaften mit regionalen Bauakteuren sind gewünscht.

Die internationale Zusammenarbeit wird auch durch den sprachlichen Vorteil der Region begünstigt. Das Projekt und dessen Ansprechpartner nutzen die deutsche Sprache als Kommunikationsbasis. Französisch- und Englischkenntnisse sind von Bauherrenseite ebenfalls vorhanden.

MDG zeigt eine kurze Entscheidungsstruktur, eine starke Autonomie und eine große Entscheidungsfreiheit auf. Der Bauherr ist im direkten Austausch mit der Regierung und kann so auf kürzesten Weg schnelle Entscheidungen treffen. Zudem verfügt das Ministerium über eine gute Kenntnis der eigenen Gesetze und besitzt durch ihre eigene Facility Management Abteilung gutes Know-How der Baubranche.

Das Ministerium will mit Hilfe des Projekts Schulbauprogramm II eine Vorzeige-Region in Punkto Nachhaltigkeit werden. Ostbelgien fungiert als eine aufstrebende Entwicklungsregion. Durch die Initiierung des Projekts bietet sie einen neuen Markt, bei welchem neue Erfahrungen geteilt werden können. Hierfür wird ein innovativer Gedanke der Projektbeteiligten vorausgesetzt.

Ein weiterer Vorteil bringt die 2-stufige funktionale Ausschreibung mit sich, womit sich die Bewerber über qualitative Inhalte bewerben können und sich schon vorab ein genaueres Bild der Projekte machen können.

Interessant für Unternehmen ist zudem die in Belgien geltende Preisklausel, welche sich auf die Materialkosten bezieht. Diese werden monatlich nachgerechnet und aktualisiert. Im Falle von Preissteigerungen beim Material werden diese indexiert. Die Abbildung 6 zeigt eine Übersicht der Vorteile für eine Zusammenarbeit mit dem Ministerium der deutschsprachigen Gemeinschaft.

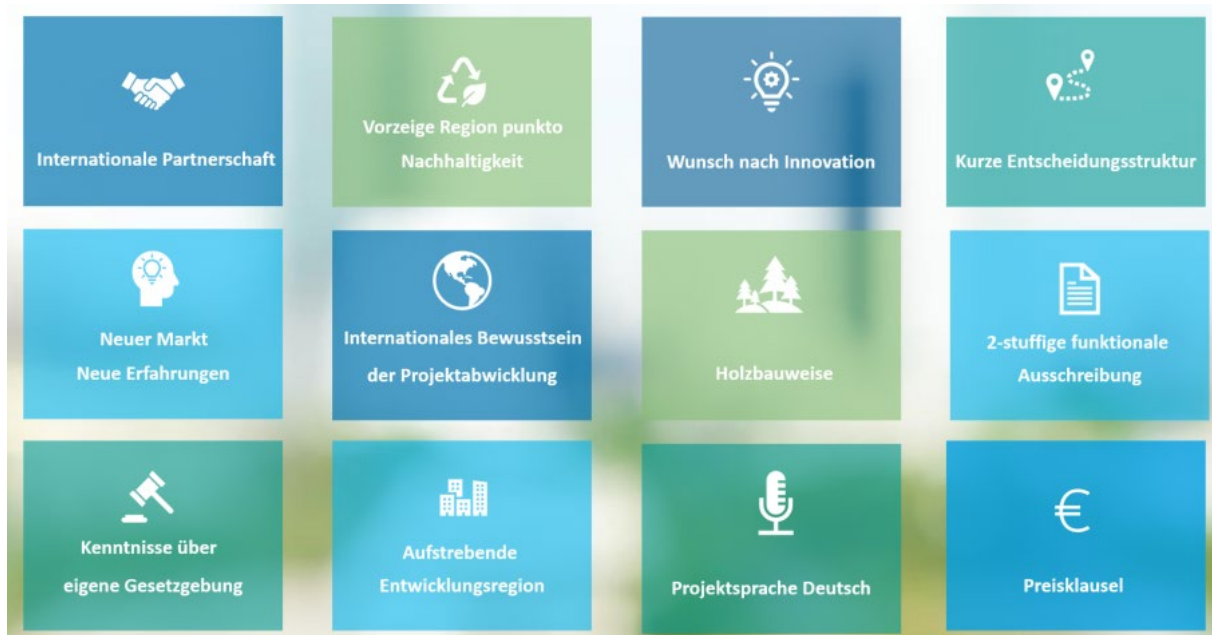


Abbildung 6: Vorteile

## 7. Kontaktdaten

Für erste Projektfragen Ihrerseits freuen wir uns über Ihre Rückmeldung und hoffen auf interessante Gespräche darüber, wie eine mögliche Zusammenarbeit aussehen könnte.

### Herr Jacques Probst

Fachbereichsleiter Infrastrukturdienst

Tel.: +32/ (0)21 596 300

Mail: [jacques.probst@dgov.be](mailto:jacques.probst@dgov.be)

### Herr Romano Schmitz

Projektleiter Drees & Sommer Luxemburg

Tel.: +352/ 26 12 05 55 28

Mail: [romano.schmitz@dreso.com](mailto:romano.schmitz@dreso.com)



# **Luxembourg Wood Cluster – Hub für Innovationen und Geschäftsentwicklung in der Großregion**

Ralf Köhler  
Luxinnovation G.I.E.  
Esch-sur-Alzette, Luxembourg







# Luxembourg Wood Cluster – Hub für Innovationen und Geschäftsentwicklung in der Großregion

## 1. Welche Rolle spielt das Wood Cluster im luxemburgischen Wirtschaftssystem

Das 2016 gegründete und von Luxinnovation G.I.E. – der Innovationsagentur des luxemburgischen Wirtschaftsministeriums – gesteuerte Wood Cluster arbeitet auf lokaler und regionaler Ebene an der Förderung der nachhaltigen Nutzung von Holz und Baumaterialien. Das Luxembourg Wood Cluster setzt sich in Summe aus etwa 1.300 Unternehmen zusammen und unterstützt die strategische Entwicklung der Unternehmen des Sektors, insbesondere in Bezug auf Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Innovation.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der ersten Sektor-Kartierung aus dem Jahr 2019 und stellt dabei wichtige Kennzahlen der Holzwirtschaft in Luxemburg dar.

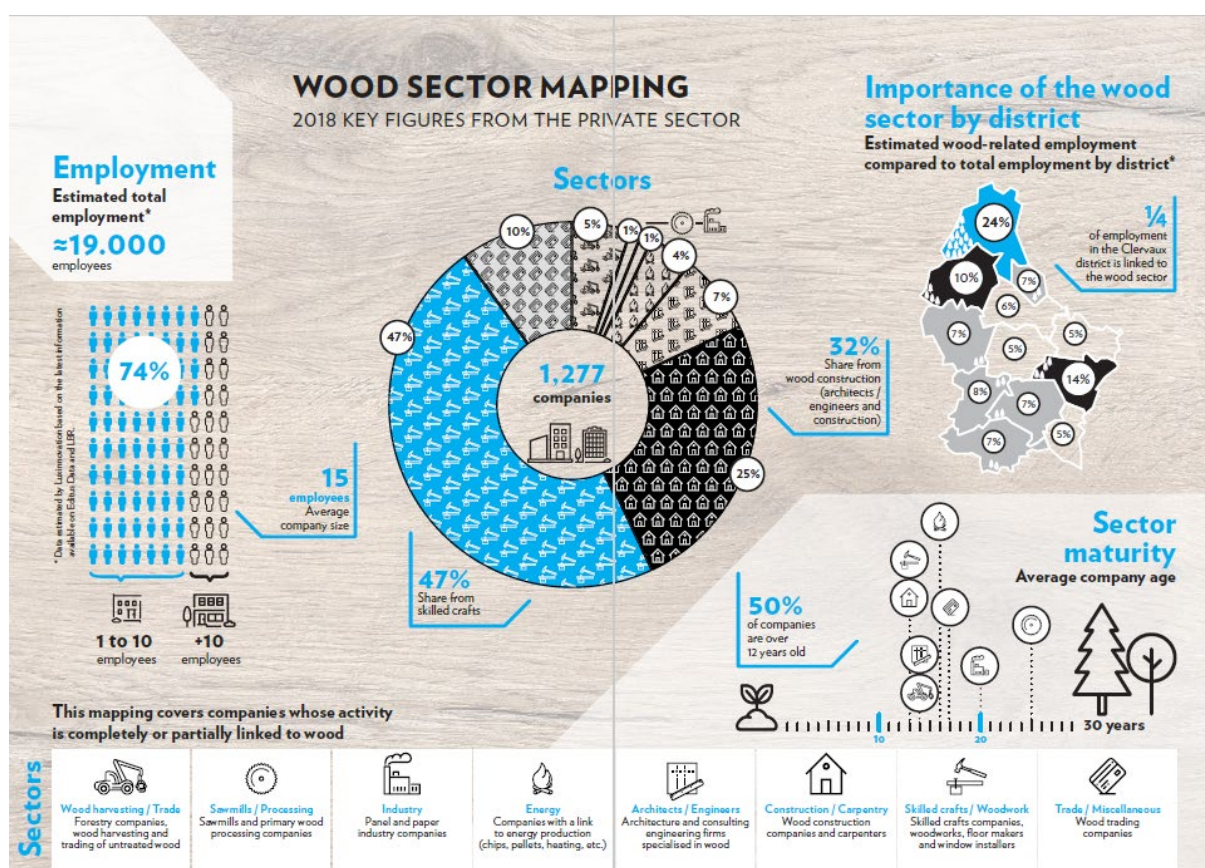


Abbildung 1: Sektor-Mapping des Luxembourg Wood Cluster (Luxinnovation, 2019)

Ein Großteil der luxemburgischen Unternehmen im Sektor (ca. 47 %) sind holzverarbeitende Handwerksbetriebe. Hier konzentrieren sich insbesondere die Aktivitäten des Holzclusters, da diese dem KMU-Segment zuzuordnen sind. An zweiter Stelle steht die Holzbaubranche, die sich aus Ingenieurbüros, Architekten und Generalunternehmern der Baubranche zusammensetzt.

Das Diagramm zeigt ebenso die Sektoren, die weniger stark vertreten sind. Im Besonderen fällt auf, dass das holzbearbeitende Gewerbe (Sägewerke) nur mit zwei Betrieben und damit weniger als 1 % aller Betriebe vertreten sind. Daher ist es für zukünftige Netzwerkaktivitäten sehr wichtig, die Großregion (mit Deutschland, Frankreich und Belgien) zu berücksichtigen.

Auf der Grundlage eines guten Verständnisses der Bedürfnisse und Möglichkeiten, die innerhalb der gesamten luxemburgischen Holzwirtschaft bestehen, gilt das Wood Cluster als direkter Ansprechpartner für Unternehmen und fördert so einen verantwortungsvollen und effizienten Umgang mit Holzressourcen. Hierbei arbeitet das Wood Cluster insbesondere mit lokalen Unternehmen und den wichtigsten regionalen Akteuren eng zusammen, um mehrere Ziele zu verfolgen: Die Optimierung der regionalen Holzströme, die Diversifizierung des Holzverarbeitungssektors, die Verwendung von Holz zur Transformation des Bausektors hin zum nachhaltigen Bauen und die einzelbetriebliche Förderung von Produkt- und Prozessinnovationen.

Dabei liegen die zukünftigen Herausforderungen vor allem in der Entwicklung marktfähiger Innovationen mit dem Schwerpunkt auf holzbasierte Bauträger, neue biobasierte Produktlinien und nachhaltiges Bauen in Holz, der verstärkte Einsatz von Laubholz im Bauwesen, aber auch der stärkere Einbezug der Kreislaufwirtschaft, z.B. durch die Inwertsetzung von Recyclingprodukten aus biogenen Materialien.

Der Geltungsbereich des Clusters umfasst die gesamte Wertschöpfungskette (Forstwirtschaft, Transport, Logistik, Handel, Bauwirtschaft, Handwerk, Planung und Wiederverwertung), vom Holzproduktionsprozess bis zum Endverbraucher von Holzprodukten.

Ein wichtiger Bestandteil der strategischen Steuerung des Wood Clusters ist die nationale Steuerungsgruppe, die dem Cluster ein bedeutendes Gewicht verleiht. Diese Beratergruppe, die regelmäßig tagt und über aktuelle Projekte, Projektentwicklungen und Innovationsansätze berät, besteht aus den führenden Unternehmen der luxemburgischen Wirtschaft, der Sektoren Industrie, Handwerk und Holzbau sowie aus Vertretern der öffentlichen Hand, der relevanten Ministerien, der staatlichen Natur- und Forstverwaltung sowie Vertretern des luxemburgischen Privatwaldbesitzerverbandes.

## **2. Was sind die Hauptaufgaben des Wood Clusters für Luxemburg und die Großregion?**

Das Cluster unterstützt die Innovation im Holzsektor sowie die Entwicklung des Sektors in Luxemburg, indem es sich auf die Stärken und Schwächen der lokalen Wertschöpfungsketten konzentriert und strategische Initiativen zur Steigerung der Marktattraktivität vorschlägt, während es die interregionale Projektentwicklung fördert, die zur Stärkung des holzbasierten Ökosystems beiträgt.

Die grenzüberschreitende Zusammenarbeit und die interregionalen Wertschöpfungsketten im Bereich Holz, insbesondere in der Großregion, sind nicht nur aus wirtschaftlichen Gründen notwendig, da sie den Austausch von Know-how, Rohstoffen und Innovationen im biobasierten Bauen fördern, sondern auch den Zustrom von Fähigkeiten und Talenten in die Arbeitswelt berücksichtigt. Das Cluster organisiert spezielle Wirtschaftsforen – national wie international – sowie Studien zur Förderung des Holzsektors auf allen Ebenen und identifiziert und verwaltet strategische Projekte, die dem gesamten Sektor zugutekommen.

Die Verwendung von Holz als Baumaterial wird in Luxemburg immer beliebter, auch dank der Umstellung des Bausektors auf nachhaltiges Bauen und der ehrgeizigen luxemburgischen Initiativen zur Eindämmung des Klimawandels. Der Maßnahmenkatalog des staatlichen Energie- und Klimaschutzplans sowie der Fahrplan für kohlenstoffarmes Bauen sind zwei bedeutungsvolle reglementarische Grundlagen, die als Folge einer sehr ambitionierten politischen Strategieentwicklung genannt werden können. Das Wood Cluster trägt mit seinen Aktivitäten dazu bei, die Verwendung von nachhaltigem Holz und biobasierten Materialien zu fördern und ein Gleichgewicht zwischen den bestehenden staatlichen Richtlinien und den Marktanforderungen herzustellen.



### 3. Wie sehen die Bemühungen des Luxembourg Wood Cluster aus, um die Wertschöpfungsketten im Holzsektor in der Großregion weiter zu fördern?

Holz als ökologisches Baumaterial bietet große Chancen auf lokaler und regionaler Ebene. Von der Forstwirtschaft über die holzverarbeitende Industrie bis hin zu lokalen Zimmerleuten und Bauunternehmen profitieren viele von dem Rohstoff – sowohl in der Produkt- als auch in der Dienstleistungskette.

In Luxemburg wurden aus diesem Grunde 8 Subsektoren innerhalb der Holz-Wertschöpfungskette ermittelt, wie Abbildung 2 zeigt.

#### Sektor-Kartierung (2019) umfasst Unternehmen der Holz-Wertschöpfungskette

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1 Forst / Holzernte, Handel</b><br/>Forstliche Lohnunternehmen, Holzernte / Transport und Rohholzhandel</p> <p><b>2 Sägeindustrie</b><br/>Sägewerke und erste Holzbearbeitung</p> <p><b>3 Holzindustrie</b><br/>Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie</p> <p><b>4 Energie</b><br/>Unternehmen im Bereich der Holzenergie (Holzhackschnitzel, Holzpellets, regenerative Heizungstechnik)</p> | <p><b>5 Architekten / Ingenieure</b><br/>Architektur- und Ingenieurbüros mit Holz-Spezialisierung</p> <p><b>6 Bauwirtschaft / Holzbau / Zimmereien</b><br/>Holzbau &amp; biobasiertes Bauen</p> <p><b>7 Holzverarbeitendes Handwerk</b><br/>Handwerksbetriebe, Holzarbeiten, Bodenleger und Fensterbauer</p> <p><b>8 Großhandel / Sonstiges</b><br/>Holz-Großhandel, Maschinenhandel, Finanzbranche, Kohlenstoffhandel</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



Abbildung 2: Sub-Sektoren des Luxembourg Wood Cluster (Luxinnovation, 2019)

Der Luxemburger Holzcluster und Luxinnovation spielen eine wichtige Rolle bei der Schaffung grenzüberschreitender Geschäftsbeziehungen in der Großregion. Dies ist besonders wichtig, da nicht alle Glieder der Wertschöpfungskette in Luxemburg angesiedelt sind. Daher gibt es einen starken Fokus auf die Großregion, insbesondere in der ersten Stufe der Holzverarbeitung (die Umwandlung von Rohholz in Bauholz).

Interregionale Aktivitäten unterstützen den Transport von Rohholz in großen Mengen, die Verarbeitung und Bereitstellung von Bauholz für die Industrie sowie die Kompetenzen von Unternehmen aus der Großregion im Holzbau oder in der Forschung und Entwicklung. Sie erleichtert auch die Mobilität vieler Arbeitnehmer, die täglich als Grenzpendler aus Belgien, Frankreich und Deutschland nach Luxemburg kommen, um ihre begehrten Berufe als Zimmerer, Tischler oder Bodenleger auszuüben.

### 4. Wie kann eine konkrete überregionale Zusammenarbeit speziell im Holzsektor aussehen und was können wichtige Maßnahmen für eine überregionale Zusammenarbeit sein?

Der Aufbau von Kompetenzen und effizienten Wirtschaftseinheiten in den verschiedenen Teilregionen der Großregion ist ein besonderer Schwerpunkt der übergeordneten Holzsektoren. Jede Region kann verschiedene Aspekte des Holzsektors abdecken, um einen Beitrag für die Region als Ganzes zu leisten, der dann für andere Subregionen nützlich ist. Diese Aspekte können technischer, administrativer oder wirtschaftlicher Natur sein.

Die Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft, operative Initiativen zur effektiven Ressourcenschonung und die Förderung der lokalen Wirtschaft sind derzeit die wichtigsten Maßnahmen zur Förderung der überregionalen Zusammenarbeit im Holzsektor. Um auf dieser Grundlage aufzubauen, ist die Entwicklung strategischer Instrumente zur besseren Bewertung der Art und des Typs des regional verfügbaren Holzes von entscheidender Bedeutung. Neben der aktiven Nutzung und Förderung der Holzressourcen aus regionaler Herkunft ist auch die Entwicklung von Technologien und Verarbeitungstechniken von großer Bedeutung.

Um die dynamische Entwicklung des nachhaltigen Bauens aufrechtzuerhalten, ist außerdem die Entwicklung der notwendigen Fähigkeiten und Talente im handwerklichen Bereich unerlässlich.

Auch der rechtliche Rahmen sollte weiterentwickelt werden, um heimisches Holz bei öffentlichen Aufträgen fest zu integrieren. Als Pflicht der öffentlichen Hand, mit gutem Beispiel voranzugehen und lokale Unternehmen zu fördern, können daraus überregionale Richtlinien entwickelt und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

## **5. Was sind die aktuellen Schwerpunktthemen des Wood Clusters und welche Innovationen werden derzeit von den Unternehmen geplant und umgesetzt?**

Ein großes Thema, das derzeit im Wood Cluster diskutiert wird, ist die Steigerung der Verwendung von heimischem Holz in der regionalen Bauwirtschaft.

Damit soll vor allem der Tatsache begegnet werden, dass es derzeit temporäre Versorgungslücken bei regionalem Holz, insbesondere im Bausektor, gibt und Luxemburg derzeit etwa doppelt so viel Rohholz importiert, wie es in den heimischen Wäldern produziert. Der hohe Importanteil von Rohholz unterstreicht zwar die wichtige Position Luxemburgs im globalisierten Holzmarkt, dennoch ist es wichtig, sich stärker auf wichtige Katalysatoren für die regionale Wirtschaft zu konzentrieren und kurze lokale Wege für Holz zu bevorzugen, auch aus Gründen des Klimaschutzes.

Ein erster Lösungsansatz in diesem Zusammenhang ist die Förderung der Sichtbarkeit und Transparenz des regionalen Holzangebots, um die lokale Nachfrage zu stärken. Ein zentraler Schwerpunkt und die wichtigste strategische Ausrichtung des Wood Clusters ist die Förderung von Innovation und Technologie im Holzsektor. Ziel ist es, jede Stufe der Wertschöpfungskette Holz (Sägeindustrie, Planungsbüros und Bauwirtschaft) mit maßgeschneiderten Dienstleistungsangeboten für eine nachhaltige Entwicklung der Unternehmen zu unterstützen.

Die derzeitige Strategie des Wood Clusters richtet sich daher auf vier Hauptziele aus:

- Die Optimierung der regionalen Holzströme durch eine dauerhafte Verknüpfung der Cluster-Initiativen innerhalb Luxemburgs und in der Großregion.
- Die Unterstützung und Diversifizierung der Wertschöpfungskette Holz mit dem Ziel, Laubholz als regionales Produkt im Bausektor stärker zu implementieren.
- Die Förderung von holzbasierten Produkten und die proaktive Beschleunigung einer Zunahme des Holzbaus in der Region sowie die
- Förderung der Nachhaltigkeit und der Verwendung von heimischem Holz im Bausektor – auch die Verwertung von Abbruchholz wird immer wichtiger.

## **6. Was kann eine geeignete Maßnahme sein, um einheimisches Holz wieder stärker auf den regionalen Märkten zu etablieren?**

Als Material für nachhaltiges Bauen ist Holz unverzichtbar: Es ist eine erneuerbare Ressource, die auch große Mengen an Kohlenstoffemissionen absorbiert. Der Holzbau kann gefördert werden, um die Bemühungen zur Dekarbonisierung sowohl im privaten als auch im öffentlichen Sektor zu beschleunigen.

Insbesondere im Holzsektor kann die regionale Inwertsetzung des Rohstoffs Holz enger mit den Instrumenten des digitalen Handels verknüpft werden, um die Sichtbarkeit von Holzangebot und -nachfrage zu verbessern.

Das Luxembourg Wood Cluster hat im Jahr 2021 eine digitale Handelsplattform für die Beschaffung von Rohholz entwickelt, die die Beschaffung von lokalem und regionalem Holz vereinfachen und stärker fördern soll. Dieser digitale Marktplatz für Holz, der «e-Holzhaff», wurde im September 2022 vom Wood Cluster und dem Wirtschaftsministerium publiziert und soll Angebot und Nachfrage nach Holzprodukten oder -dienstleistungen miteinander verknüpfen, so dass beispielsweise ein Schreiner, der nach heimischem Holz sucht, mit einem Waldbesitzer in Kontakt treten kann, der Rohmaterial zu verkaufen hat.

Dies erhöht die Sichtbarkeit der Waldbesitzer für die Holzkäufer in der Region, und dieser lokale Austausch ist nicht nur wegen der kurzen Transportwege vorteilhaft für die Umwelt, sondern stärkt auch die Widerstandsfähigkeit und sichert langfristig gegen Schwankungen der Holzpreise ab.

Die Produkte können Rohholz oder Rundholzsortimente aller heimischen Laub- und Nadelholzarten umfassen. Bei den Dienstleistungen erleichtert die Plattform Tätigkeiten wie Transport, Sägen, Trocknung, Lagerung oder Einschlag.

## **7. Welche Anreize gibt es in Luxemburg, um Unternehmen zu ermutigen, Holz als Baumaterial zu verwenden?**

Die Verwendung von Holz als nachhaltiges Baumaterial im Bauwesen wird in mehreren Programmen gefördert. Luxinnovation unterstützt Unternehmen, die nachhaltige Innovationen mit Schwerpunkt auf Holz und Holzbaustoffen als Teil ihrer Dekarbonisierungsstrategie einführen wollen. Im Rahmen der Luxemburger Cluster-Initiative leiten Luxinnovation und das Wood Cluster mehrere sektorübergreifende innovative Projekte zur Förderung des nachhaltigen Bauens. Dazu gehören das Betonrecycling und die Entwicklung einer digitalen Rückbauplattform für wiederverwertbares Abbruchholz.

Die Verwendung von biobasierten Baumaterialien, insbesondere von solchen aus lokalem Holz, ist nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit interessant, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht.

Das Programm «Fit 4 Sustainability» von Luxinnovation bietet Unternehmen die Möglichkeit, ihren ökologischen Fußabdruck zu bewerten, um festzustellen, wie sie ihre nachhaltige Transformation umsetzen können. Diese Bewertungen werden von erfahrenen Beratern durchgeführt, die gegebenenfalls auch bei der Auswahl ökologischer Baumaterialien, wie z. B. Holz, als Teil des strategischen Bewertungsprozesses beraten können.

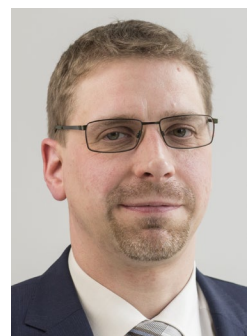
Unternehmen, die intelligente und ressourcenschonende Innovationen im Holzbau entwickeln, können die Möglichkeit prüfen, F&E- und Innovationsfördermittel des Wirtschaftsministeriums zu beantragen. Gefördert werden können reine F&E-Projekte, aber auch interne Prozessoptimierungen und digitale Fertigungsprojekte. Diese Möglichkeit ist besonders für Holzbauunternehmen interessant, könnte aber auch für Schreinereien und Zimmereien relevant sein. Luxinnovation steht interessierten Unternehmen zur Verfügung, um sie zu informieren und ihnen dabei zu helfen, zu bewerten, ob ihre Projekte für eine Förderung in Frage kommen und solide Beihilfeanträge vorzubereiten.

Es gibt auch andere Initiativen, die dem Holzbausektor zugutekommen. Kommunen sind sehr aktiv beim Bau von Schulen und anderen Zweckbauten aus Holz, idealerweise aus dem eigenen Wald. Innovative kommunale Projekte werden oft durch den staatlichen Klima-Energie-Fonds kofinanziert. Auch der Staat unterstützt den Einsatz von biobasierten Baustoffen im privaten Wohnbau, zum Beispiel durch das Programm Klimabonus.



# **AZH – Aachener Zentrum für Holzbauforschung**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Uibel  
FH Aachen | Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH)  
Aachen, Deutschland





# AZH – Aachener Zentrum für Holzbauforschung

## 1. Einleitung

An der FH Aachen wird das Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH) für das Lehr- und Forschungsgebiet Holzbau am Fachbereich Bauingenieurwesen eingerichtet. Das AZH ist eine eigenständige Abteilung innerhalb des In-Instituts «Kompetenzzentrum für Nachhaltiges Bauen (KNB)» der Fachhochschule Aachen. Mit der Einrichtung verbunden ist der Neubau eines Gebäudes für das AZH in Simmerath. Dieses besteht aus einer umfangreich ausgestatteten Prüfhalle mit Prüfmaschinen, Spannfeld, Klimakammern, Werkstätten, Mess- und Lagerräumen, einem Prüffeld für Langzeitversuche in der Nutzungsklasse 2 sowie einer Abbundhalle. Zur Herstellung von Prüfkörpern und zur Untersuchung von Fertigungsverfahren stehen in der Abbundhalle zwei Abbundmaschinen zur Verfügung. Des Weiteren sind eine Schreinerei, eine Metallwerkstatt sowie Arbeits-, Büro-, Besprechungs- und Sozialräume für das wissenschaftliche Personal vorhanden.

Ab 2024 bestehen am AZH somit umfangreiche Möglichkeiten zur Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens von Bauteilen und Verbindungen bzw. von Konstruktionen. Hierbei können auch dynamische Beanspruchungen berücksichtigt werden, vgl. [1].

Durch eine erfolgreiche Teilnahme der FH Aachen am Förderwettbewerb «Forschungsinfrastrukturen NRW» wird die Einrichtung des AZH durch die Europäische Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert, siehe Abbildung 1.

## 2. Ausgangslage und Motivation

### 2.1. Holzbau in Lehre und Forschung an der FH Aachen

Seit der Einführung des Bachelorstudiengangs Holzingenieurwesen im Wintersemester 2010/2011 entwickelt sich der Holzbau zu einem Lehr- und Forschungsschwerpunkt am Fachbereich Bauingenieurwesen der FH Aachen.

Das Curriculum des Studiengangs Holzingenieurwesen entspricht dem des Bauingenieurwesens der Vertiefungsrichtung konstruktiver Ingenieurbau, welches durch eine umfangreiche Spezialisierung im Holzbau erweitert wird. Zudem umfasst das holzspezifische Lehrangebot auch die Gebiete Holz- und Forstwirtschaft, Holz und Holzwerkstoffe, Darstellende Geometrie, Baukonstruktionen im Bestand sowie CAD im Holzbau. Ebenfalls werden die Besonderheiten des Baustoffs Holz in den Bereichen Bauphysik, Brandschutz und Materialprüfung vermittelt. Im Modul CAE-Holzbautechnologie wird von den Studierenden eine Projektarbeit in Gruppen mit einer praxisbezogenen Aufgabenstellung durchgeführt. Ausgehend vom Wunsch der Bauherren bearbeiten sie für ein kleines Bauwerk den architektonischen Entwurf, die Tragwerksplanung sowie die Werk- und Montageplanung einschließlich der Arbeitsvorbereitung. Anschließend werden alle hölzernen Tragwerkselemente auf der hochschuleigenen CNC-gesteuerten Abbundmaschine gefertigt, so dass die Tragkonstruktionen von den Studierenden im Maßstab 1:1 montiert werden können. Die Abbundmaschine der FH Aachen wurde 2012 am Studienort Euskirchen in Betrieb genommen, wo sie in einer Halle des Berufsbildungszentrum Euskirchen (BZE) untergebracht war bzw. seit dem Hochwasser 2021 eingelagert ist.

**Das Projekt «Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH)» wird durch die Europäische Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert.**



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

Abbildung 1: Förderung im Rahmen der EFRE-Förderinitiative «Forschungsinfrastrukturen» des Landes NRW

Diese Abbundmaschine wird zukünftig ebenfalls in Simmerath in einer Halle des Bildungszentrums BGZ der Handwerkskammer Aachen betrieben.

Zur Sicherstellung des umfangreichen Lehrangebots im Holzbau in den Studiengängen Holzingenieurwesen und Bauingenieurwesen bestehen drei Professuren: Holzbau und Nachhaltiges Bauen (Prof. Moorkamp), Holzbau und Bauphysik (Prof. Peterson) sowie Holzbau und Grundlagen konstruktiver Ingenieurbau (Prof. Uibel). Zusätzlich ist Hermann Blumer als Honorarprofessor am Fachbereich tätig. Durch die unterschiedliche Spezialisierung kann ein breites Spektrum der Holzbauforschung abgedeckt werden. Seit 2015 wurden mehrere größere Forschungsprojekte eingeworben, so dass kontinuierlich wissenschaftliches Personal für deren Bearbeitung beschäftigt wird.

Produktentwicklungen und Forschungsaufgaben im Holzbau erfordern neben der Anwendung analytischer und numerischer Methoden auch experimentelle Untersuchungen. Dies gilt insbesondere für die Ermittlung der Tragfähigkeit und Steifigkeit von neuartigen Bauteilen, Verbindungen und Baukonstruktionen. Aufgrund der Inhomogenität des Werkstoffs Holz und unter Berücksichtigung der natürlichen Streuung seiner Eigenschaften sind experimentelle Untersuchungen zur Validierung theoretischer Ansätze und numerischer Simulationen unerlässlich. Beispielsweise ist zu prüfen, ob bei den Berechnungen die Anisotropie von Holz- und Holzwerkstoffen durch Anwendung komplexer Materialgesetze ausreichend genau abgebildet wird.

Die bislang vorhandene Ausstattung lässt derartige Untersuchungen nur in bestimmten Grenzen zu. Im Rahmen der Forschungsprojekte wurden häufig experimentelle Untersuchungen als Unterauftrag an externe Forschungseinrichtungen vergeben. Großversuche mit baupraktischen Abmessungen, z. B. an Wandscheiben oder an Biegeträgern mit mehr als vier oder fünf Meter Spannweite, waren bisher nicht in den eigenen Laboren realisierbar. Teilweise mussten das Forschungsthema oder der Untersuchungsraum eingeschränkt werden, um experimentelle Untersuchungen mit den vorhandenen Prüfmaschinen zu realisieren.

## 2.2. Vorhandene Ausstattung am IBB

Am Fachbereich Bauingenieurwesen sind das Baustofflabor, das Stahlbaulabor und das Holzbaulabor Teile des Instituts für Baustoffe und Baukonstruktionen (IBB). Dieser Zusammenschluss ermöglicht es, Kompetenzen in Lehre und Forschung zu bündeln und somit Synergien zu nutzen sowie Personal und Labore gleichmäßiger auszulasten. Die Labore des IBB sind am Standort Bayernallee der FH Aachen untergebracht. Abbildung 2 zeigt die Baustoffprüfhalle, in der auch Teile des Holzbaulabors verortet sind.

Für das Holzbaulabor am IBB steht eine Universalprüfmaschine (Abbildung 2, rechts) mit 250 kN Höchstlast (Druck/Zug) und einer maximalen Prüfraumhöhe von 2,5 m zur Verfügung. Des Weiteren sind ein Drehmomentanalysesystem (Abbildung 3, rechts), zwei Bohrwiderstandsmessgeräte, zwei Messsysteme zur zerstörungsfreien Ermittlung des E-Moduls sowie diverse weitere Messtechnik (u.a. ein Messprojektor, verschiedene Messverstärker, induktive Wegaufnehmer, Seilzugaufnehmer, DMS-bestückte Messschrauben) vorhanden.

Das IBB verfügt über eine weitere Universalprüfmaschine (Zug/Druck) mit Spindelantrieb und einer Höchstlast im Prüfraum von 50 kN (siehe Abbildung 3, links) bei einer Prüfraumhöhe von maximal 1,08 m. Außerdem kann eine Scheiteldruckprüfmaschine mit 400 kN Höchstlast für Drei- und Vier-Punkt-Biegeversuche mit einer Spannweite bis zu 4,0 m eingesetzt werden. Eine Biegeprüfmaschine mit 300 kN Höchstlast steht für Versuche mit einer Spannweite bis zu 1,15 m zur Verfügung. Druckprüfungen können mit Höchstlasten bis zu 3 MN (Prüfkörperhöhe max. 34 cm) durchgeführt werden. Zugversuche an Flach- oder Rundproben können mit einer Höchstlast bis zu 600 kN durchgeführt werden. Das Stahlbaulabor im IBB verfügt über einen Prüfraum mit zwei Prüfzylindern (400 kN bzw. 500 kN Höchstlast) für Versuche mit vertikaler und/oder horizontaler Belastung sowie über eine Prüfmaschine für statische und dynamische Zug-/Druck-Wechselbeanspruchungen mit 100 kN Höchstlast. Klimaräume, ein Klimaschrank sowie ein Darrofen gehören ebenfalls zur Ausstattung.





Abbildung 2: Prüfhalle des Baustoff- und Holzbaulabors am IBB (links), Universalprüfmaschine 250 kN (rechts)

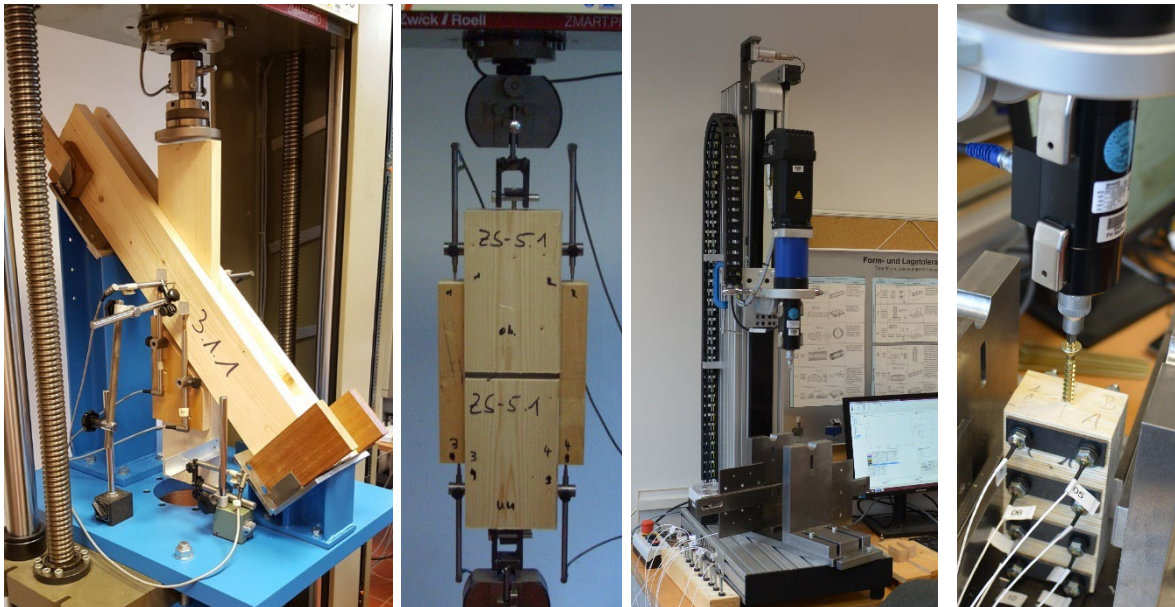


Abbildung 3: Versuche an Bauteilen und Verbindungen mit einer Universalprüfmaschine 50 kN und einem Drehmomentanalysesystem am IBB

Wie in Abschnitt 2.1 bereits aufgezeigt wurde, ist mit der am IBB vorhandenen Ausstattung die Materialprüfung für den Holzbau nur mit Einschränkungen möglich. Insbesondere sind die Prüfraumgrößen und Höchstlasten der Prüfmaschinen nicht für alle Versuche mit den im Holzbau üblichen baupraktischen Abmessungen geeignet. Die Spannweite für Biegeprüfungen ist zum Beispiel auf 4 m bzw. 5 m beschränkt. Notwendig wären hier mindestens 10 bis 12 m, um z. B. Biegeversuche an Brettschichtholzträgern normkonform durchzuführen zu können. Die größte freie Einspannlänge der Prüfmaschinen für Zug-Scherversuche beträgt ca. 2 m. Hier wären Längen bis zu 5 m wünschenswert. Des Weiteren fehlen ein Wandprüfstand und größere Kapazitäten zur Klimatisierung von Prüfkörpern. Vor der Einführung des Studiengangs Holzingenieurwesen wurden experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiet der Holzbauforschung nur vereinzelt an der FH Aachen durchgeführt. Daher sind die Werkstätten in ihrer diesbezüglichen Kapazität beschränkt und mit Holzbearbeitungsmaschinen nicht gut ausgestattet. Ebenfalls fehlen für einige Untersuchungen Prüfvorrichtungen und Versuchsstände.

Die Notwendigkeit, die Labor- und Werkstattkapazität für die Holzbauforschung zu erweitern, wird offensichtlich und war die Motivation für die Bewerbung um eine Förderung im Rahmen des Wettbewerbs «Forschungsinfrastrukturen» des Landes NRW.

### **3. Einrichtung Aachener Zentrum für Holzbauforschung**

#### **3.1. Förderwettbewerb Forschungsinfrastrukturen**

Ab dem Jahr 2015 war der Bereich Holzbau am interdisziplinären Forschungsprojekt LOCAL (Low Carbon Lifecycle) beteiligt und übernahm die Aufgabe, ein neues Wandsystem für den Holzfertigbau zu entwickeln, vgl. [2], [3]. Zur Ermittlung des Trag- und Verformungsverhalten der aussteifenden Wandscheiben waren Versuche in baupraktischen Maßen erforderlich, welche aufgrund des fehlenden Wandprüfstands nicht am IBB durchgeführt werden konnten. Daher wurden Überlegungen angestellt, wie in den begrenzten Räumlichkeiten des IBB ein entsprechender Prüfstand eingerichtet werden könnte und über welche Förderprogramme dieser finanziert werden könnte. Hierdurch gelangte der Wettbewerb «Forschungsinfrastrukturen» in den Fokus, dessen Rahmenbedingungen den Auf- bzw. Ausbau eines ganzen Forschungslabors erlauben.

Der Wettbewerb «Forschungsinfrastrukturen» wurde 2016 im Rahmen des Operationellen Programms (OP EFRE NRW) erstmals ausgeschrieben. Ziel ist es, die Umsetzungsorientierung bestehender Forschungskapazitäten zu stärken und zusätzliche umsetzungsorientierte Forschungseinrichtungen und Kompetenzzentren zu schaffen. Die Finanzierung erfolgt dabei durch die EU aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE). An der Kofinanzierung seitens des Landes NRW sind verschiedene Ministerien beteiligt. Insgesamt standen für den Wettbewerb 200 Mio. EUR Förderung in fünf Ausschreibungsrunden zwischen 2016 und 2018 zur Verfügung.

Nach der konzeptionellen Vorbereitung der Bewerbung durch den Bereich Holzbau und der hochschulinternen Abstimmung erfolgte die Teilnahme am Wettbewerb im September 2017. Die Bewerbung zur Einrichtung des «Aachener Zentrums für Holzbauforschung (AZH)» umfasst den Aufbau eines Forschungslabors zur Entwicklung und Optimierung von Innovationen für das ressourceneffiziente und klimaschonende Bauen mit Holz. Die beantragte Forschungsinfrastruktur mit Prüfmaschinen, Werkstätten und Abbundmaschinen ergänzt die in Abschnitt 2.2 dargestellte vorhandene Infrastruktur optimal, so dass keine Überkapazitäten geschaffen werden. Da am Standort Bayernallee keine Möglichkeiten für Erweiterungen bestehen, wurde der Neubau eines Laborgebäudes einschließlich der erforderlichen Büroräume und des Erwerbs eines Grundstücks vorgesehen. Auf der Grundlage einer positiven Begutachtung der Bewerbung konnte schließlich 2018 der Förderantrag eingereicht werden. Die Bewilligung der Fördersumme von 9,53 Mio. EUR (Projektsumme 10,59 Mio. EUR, 10 % Eigenanteil) erfolgte mit dem Zuwendungsbescheid 2019.

#### **3.2. Standort und Kooperation mit der Handwerkskammer Aachen**

Zwischen der Handwerkskammer Aachen und dem Fachbereich Bauingenieurwesen bestehen bereits seit vielen Jahren Kooperationen in der Lehre und in der Forschung, insbesondere auch auf dem Gebiet des Holzbaus. Im Rahmen der Vorbereitung der Teilnahme am Wettbewerb Forschungsinfrastrukturen wurde beschlossen, diese Kooperation weiter zu vertiefen und das Aachener Zentrum für Holzbauforschung in der Nähe des Bildungszentrums BGZ Simmerath der Handwerkskammer zu verorten.

Das Bildungszentrum BGZ Simmerath ist das größte von fünf Qualifizierungszentren der Handwerkskammer für die Region Aachen und liegt ca. 27 km südöstlich der Stadt Aachen in der Eifel. Die Kernkompetenz des BGZ liegt in der Aus- und Weiterbildung in den Handwerksberufen des Bauwesens. Insbesondere ist hier das Bildungsangebot für die holzspezifischen Gewerke wie Tischler und Zimmerer konzentriert.

Hierdurch bestehen im Hinblick auf den Technologietransfer, den Zugang von KMUs zur Forschungseinrichtung sowie bezüglich der Personalgewinnung sehr gute Randbedingungen. Weiterhin werden wirtschaftliche Impulse für die strukturschwache, aber forst- und holzwirtschaftlich geprägte Region Eifel erwartet. Die Kompetenzen des BGZ in der Aus- und Weiterbildung sind eine ausgezeichnete Ausgangssituation für den Ausbau der Kooperation. So kann am Standort Simmerath eine durchgängige Ausbildungslinie vom Gesellen über den Meister zum Ingenieur und ggf. sogar zum Holzbauforscher mit Möglichkeit zur Promotion aufgezeigt werden. Den Absolventen der handwerklichen Aus- und Weiterbildung wird ein direkter Einblick in die Forschungstätigkeiten ermöglicht. Hierdurch werden



Hemmnisse zwischen Wissenschaft und Handwerk abgebaut. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen Handwerk und Wissenschaft in Forschung und Lehre ist eine ideale Voraussetzung für innovative Entwicklungen. Des Weiteren bietet der direkte Kontakt zwischen Handwerk und Wissenschaft eine hervorragende Grundlage für den Innovationstransfer und für die schnelle, praxisorientierte Umsetzung von Forschungsergebnissen.

Auf dem Gelände des BGZ Simmerath bestanden zur Unterbringung der Lehrgangsteilnehmer drei Internatsgebäude (Internate A, B und C), welche durch ein neues Gästehaus ersetzt wurden. Daher konnte die FH Aachen für das AZH ein Grundstück mit 3262 m<sup>2</sup> Grundfläche erwerben, auf dem sich die Internate B und C befanden, vgl. Abbildung 4. Die Internate wurden durch die Handwerkskammer vor der Übergabe des Grundstücks abgerissen, siehe Abbildung 5.



Abbildung 4: Ehemalige Internate C und B des BGZ vor dem Abriss, Blick in Richtung Walter-Bachmann-Straße



Abbildung 5: Bauplatz für das AZH nach Abriss der Internate B und C, Blick von der Walter-Bachmann-Straße

## 4. Neubau für das AZH

### 4.1. Konzeption des Gebäudes

Bei der Konzeption des Neubaus für das Aachener Zentrum für Holzbauforschung stand zunächst die Unterbringung der Prüfmaschinen, der Abbundmaschinen und der Werkstätten sowie die damit verbundenen Abläufe im Vordergrund. Unter Berücksichtigung der Größe und Topologie des Baugrundstücks ergaben sich die Grundrissmaße des Gebäudes mit hallenartiger Kubatur (siehe Abbildung 6) zu 31,3 m x 58,3 m.

Die Aufteilung der Flächen gemäß ihrer Nutzung ist in Abbildung 7 und Abbildung 8 dargestellt. Das Gebäude gliedert sich in die Halle I und II. Halle I ist die im Inneren des Gebäudes liegende Prüfhalle mit rund 385 m<sup>2</sup> Grundfläche, siehe Abbildung 9. Die Abbundhalle (Halle II) verfügt über eine Grundfläche von rund 733 m<sup>2</sup>, siehe Abbildung 10.

Die Prüfmaschinen sind in der Prüfhalle angeordnet und weisen vergleichsweise große Grundrissmaße und Höhen auf, da Versuche im Bauteilmaßstab durchgeführt werden. Die Andienbarkeit der Prüfmaschinen, der erforderliche Raum für ergänzende Versuchsaufbauten/Versuchseinrichtungen sowie die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen bei der Versuchsdurchführung sind als wichtige Randbedingungen zu berücksichtigen. Dies trifft auch für die Abbundhalle zu, in der mit zwei Abbundmaschinen Prüfkörper hergestellt werden können. Die Materialanlieferung wird über ein Außentor in der Abbundhalle sichergestellt, so dass zum Entladen in die Halle gefahren werden kann. Die Hallen sind jeweils mit einem Hallenkran (5 t) ausgestattet und können mit Flurförderfahrzeugen befahren werden. Die Abbundhalle und die Prüfhalle sind durch ein 5 m breites und 4 m hohes Tor verbunden, so dass die Prüfkörperlogistik gewährleistet werden kann.

Das Hydraulikaggregat für die Prüfmaschinen ist außerhalb der Prüfhalle im EG des Technikbereichs der Abbundhalle angeordnet, welcher in Stahlbetonbauweise errichtet ist. Weitere Technikräume befinden sich zur optimalen Flächennutzung im 1. OG teilweise auf einer Empore oberhalb der Abbundmaschine, siehe Abbildung 17 (links).

An die Prüfhalle sind eine Schreinerei, eine Metallwerkstatt, Klimakammern, Lager-, Technik- und Messräume, eine Versuchsfläche für Langzeitversuche in der Nutzungsklasse 2, die Büro- und Sozialräume sowie ein Besprechungsraum angegliedert bzw. als zweigeschossiger Einbau in das Gebäude integriert. Hierbei war es wichtig, aus dem Bürobereich bzw. dessen Flure Sichtbezüge zur Prüfhalle herzustellen. Die Versuchsfläche für Langzeitversuche befindet sich in einem offenen, überdachten Bereich im OG (Abbildung 6 und Abbildung 15, rechts), so dass die Randbedingungen eines natürlichen Wechselklimas der Nutzungsklasse 2 für die Versuche gewährleistet werden können. Auch hier besteht ein Sichtbezug zur Prüfhalle, über welche die Versuchsfläche angedient werden kann. Des Weiteren ist es möglich, aus dem Besprechungsraum auf die Langzeitversuche zu blicken.



Abbildung 6: Gebäude des AZH während der Bauphase (Aufnahme: Gottschalk, FH Aachen)





Abbildung 7: Nutzungsverteilung EG, Darstellung: Hahn Helten Architektur, Bild 1a aus [4], modifiziert

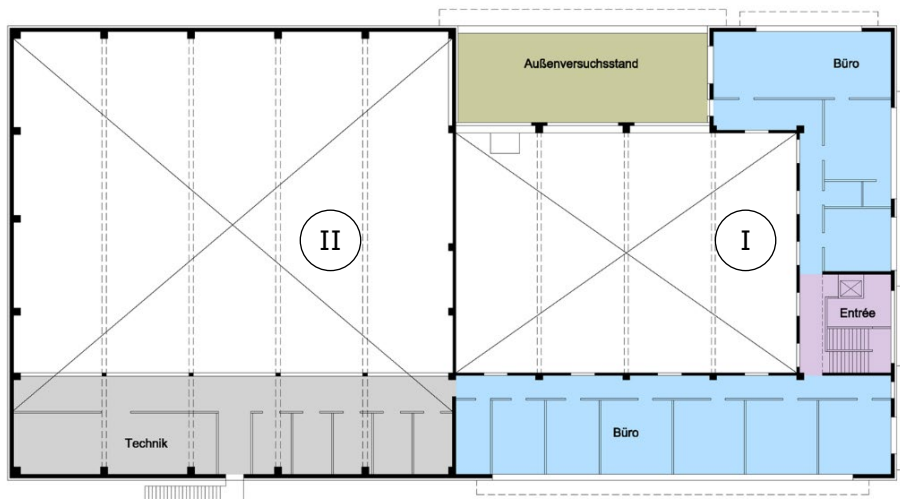


Abbildung 8: Nutzungsverteilung OG, Darstellung: Hahn Helten Architektur, Bild 1b aus [4], modifiziert

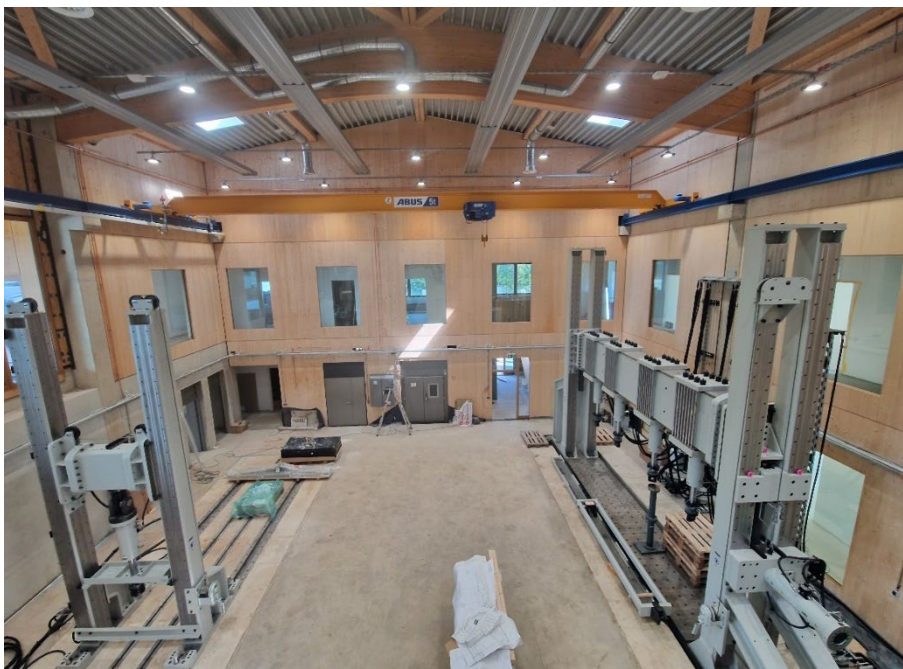


Abbildung 9: Prüfhalle (Halle I), Blick in Richtung Haupteingang



Abbildung 10: Abbundhalle (Halle II) mit Portalbearbeitungsanlage (rechts im Bild)

## 4.2. Entwurf, Tragwerksplanung und bauliche Umsetzung

Zur Realisierung des Gebäudes und der Ausstattung wurden die Leistungen von Planern, Baugewerke, Maschinenherstellern sowie weiteren Gewerken und Lieferanten in Einzelvergaben europaweit ausgeschrieben. Durch die Bewerbungs- und Antragsphasen zur Förderung der Maßnahme waren bereits vor den ersten Ausschreibungen die wesentlichen Parameter der Gebäudestruktur und der Ausstattung durch die FH Aachen festgelegt bzw. geplant worden.

Den Zuschlag für die Objektplanung erhielt das Büro Hahn Helten Architektur, Aachen, welches den Grundriss optimierte und ein ansprechendes Entrée gestaltete. Sein Entwurf setzt die vorgegebenen Sichtbezüge zwischen Büro-/Besprechungsräumen und Prüfhalle/Außenversuchsstand sowie Umgebung um, vgl. Abbildung 11 sowie [4]. Des Weiteren wird ein Kompromiss zwischen geraden Gebäudekanten ohne Überstände bzw. Versprünge im Übergang vom Dach zur Fassade und dem konsequenten konstruktiven Holzschutz gefunden. Innerhalb der Trapezblechfassaden wird Holz lediglich akzentuiert im Bereich der Fenster, Türen und des Außenversuchsstands eingesetzt, dort aber durch Vordächer gegen Niederschlag geschützt. Ausführlich berichtet Verspay [4] über die Gestaltung des Gebäudes und die Ausbildung der Details.

Die Herausforderungen für die Tragwerksplanung bestanden nach Zellerröhr [5] in den hohen Lasten aus Eigengewichten der Prüfmaschinen, den Belastungen infolge Staplerverkehr (ges. 150 kN für Klasse FL5 und 750 kN Anpralllast) sowie der Erdbebenbeanspruchung. Des Weiteren war für die auskragenden Vordächer bzw. ihre Anschlüsse an Stahlbetonstützen aber auch an Holzrahmenbauwänden eine vergleichsweise hohe Schneelast (Grundsneelast 1,80 kN/m<sup>2</sup>) zu berücksichtigen. Darüber hinaus verbirgt die relative einfache Gebäudekubatur unterschiedliche statische Systeme und Holzbauweisen. Das Dachtragwerk der Prüfhalle besteht aus Satteldachbindern mit gekrümmten Untergurt aus Brettschichtholz GL 28c und einer Spannweite von rund 17 m. Die Fachwerkbinder der Abbundhalle aus BauBuche spannen mit 30 m über die gesamte Hallenbreite, s. Abbildung 12. Für die Geschossdecken wird Brettsperrholz (Spannweite 7,2 m) verwendet. Dieses wird ebenfalls für einige Innen- bzw. Trennwände eingesetzt, wohingegen alle hölzernen Außenwände in Holztafelbauweise errichtet sind. Eine weitere Besonderheit stellt die an den Dachbindern abgehängte Empore der Abbundhalle dar, vgl. Abbildung 17 (links).

Wenker stellt in [6] die Ausführung der Holzbauarbeiten durch die Firma Brüninghoff vor. Die Herausforderung lag hier im Abbund der BauBuche-Fachwerkbinder, der zu einem höheren Verschleiß der Werkzeuge führt und die Einhaltung bestimmter Randbedingungen wie z. B. Mindestdurchmesser von Bohrungen und Mindestschlitzbreiten erfordert.



**Achse Sichtverbindung im Schnitt**

Außenbezug zu den umgebenden Grünflächen („Quellenbezug“)



Abbildung 11: Sichtbezüge Büros/Prüfhalle und Gestaltung Entrée, Darstellung/Fotos: Hahn Helten Architektur

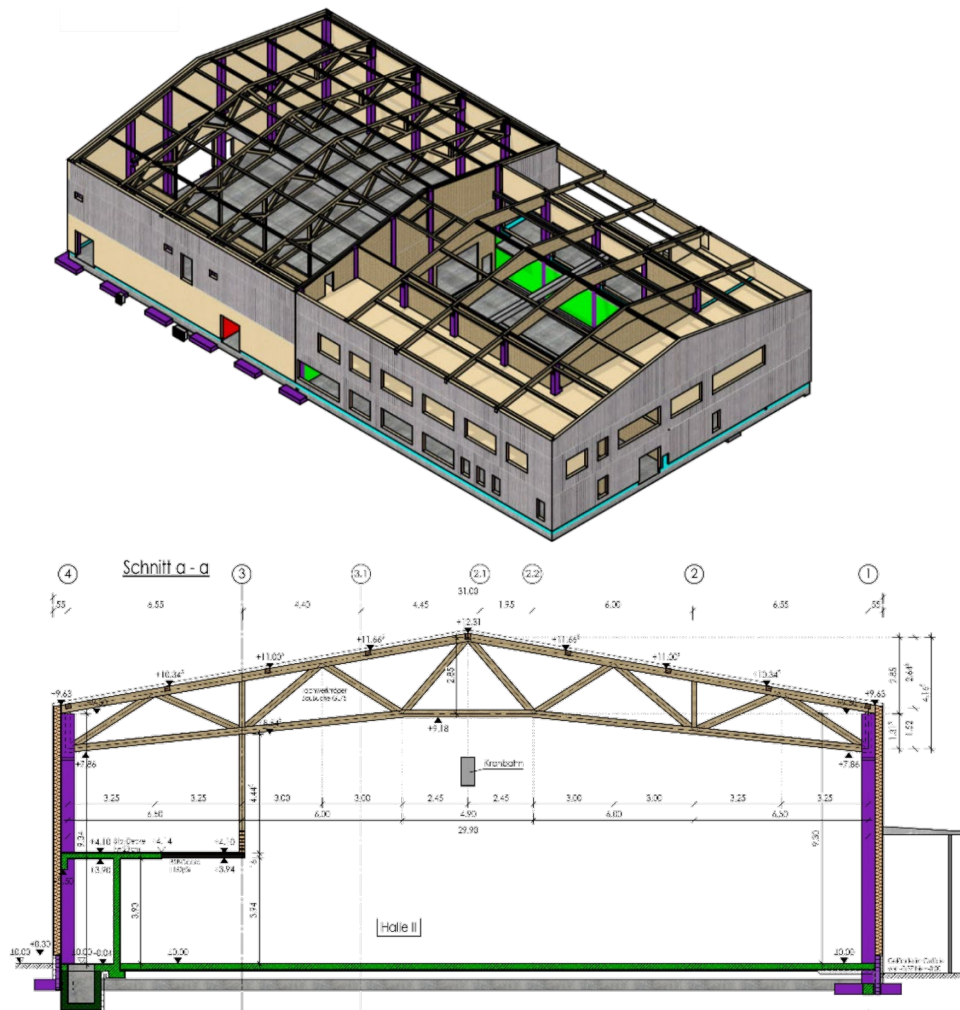


Abbildung 12: Gebäudemodell und Fachwerkbinder, Darstellung: ahw Ingenieure, Bild 2 aus [5]



Abbildung 13: Bauteile der BauBuche-Fachwerkträger, Hydrophobierung, Montage der Verbindungsmittel und Bauteilschutz, Fotos: Brüninghoff Group, Bilder 6 a/b, 7 a/b und 8 b aus [6]

Zudem ist der Schutz der Bauteile vor Feuchtigkeit während des Transports und der Montage sowie bis zum Fertigstellungszeitpunkt der Dachabdichtung von besonderer Bedeutung. Hierzu kam neben dem direkten Schutz der Bauteile durch eine diffusionsoffene Folie und der Ladung durch Planen zusätzlich eine Hydrophobierung zum Einsatz. Die Bauteile wurden in einem mehrstufigen Verfahren mit speziellen Produkten (Primer, Varnish) auch in Bohrungen und Schlitten behandelt, siehe Abbildung 13 sowie [6]. Neben dem Dachtragwerk wurden auch die Decken und Wände von durch die Firma Brüninghoff hergestellt.

## 5. Ausstattung und Forschungsbetrieb

Zur Ermittlung des Trag- und Verformungsverhaltens von Bauteilen und Verbindungen bzw. von Tragwerkselementen und Konstruktionen stehen in der Prüfhalle folgende Prüfmaschinen zur Verfügung:

- Prüfmaschine 2 x 600 kN (Biegeprüfmaschine) für Spannweiten bis 15 m, Erweiterungsoption auf 4 x 600 kN, siehe Abbildung 14
- Wandprüfstand, 4 x 500 kN vertikal, 1 x 600 kN horizontal, für Wände bis 7 m Länge und 4 m Höhe, siehe Abbildung 15 (links)
- Universalprüfmaschine 600 kN (Zug/Druck) für Prüfkörper mit bis zu 5 bzw. 6 m Länge/Höhe, siehe Abbildung 16 (rechts)
- Dynamische Prüfmaschine 250 kN (Zug/Druck), statische und dynamische Wechselbeanspruchungen, Traversenabstand: 1,3 bis 2,0 m, Abbildung 16 (links)

Darüber hinaus ist ein Spannfeld mit einer Grundfläche von 2,5 m x 5,0 m zur Realisierung von flexiblen Versuchsaufbauten vorhanden. Eine Versuchsfläche von rund 100 m<sup>2</sup> kann für Langzeitversuche im natürlichen Wechselklima der Nutzungsklasse 2 genutzt werden, vgl. Abbildung 15. Hierzu stehen vorgefertigte Prüfraumen aus Stahl zur Verfügung bei denen die Lasten über Hebelarme aufgebracht werden.

Zur Konditionierung von Prüfkörpern bzw. für Untersuchungen unter bestimmten klimatischen Randbedingungen sind zwei Klimakammern vorhanden. Es können Prüfkörper mit bis zu rund 9 m Länge und über 2 m Höhe klimatisiert werden. Die Kammern weisen ein



effektives Prüfkammervolumen von 70 m<sup>3</sup> bzw. 58 m<sup>3</sup> auf und decken einen Bereich von 20 °C bis 40 °C bei 30 % bis 85 % relative Luftfeuchte ab. Ein Klimaschrank mit einem Fassungsvermögen von mind. 1,5 m<sup>3</sup> kann eine größere Bandbreite klimatischer Beanspruchungen (-40 °C bis 90 °C und 10 % bis 90 % r.F.) simulieren.

Mit einer Anlage für Delaminierungsprüfungen kann die Qualität der Verklebung z. B. bei Brettschichtholz geprüft werden.

Zur Herstellung von Prüfkörpern und zur Erforschung computergestützter Fertigungsverfahren sowie für Untersuchungen zur Abbundgenauigkeit CNC-gesteuerter Abbundmaschinen verfügt das AZH über zwei Abbundmaschinen. Eine Anlage für stabförmige Bauteile bis 9 m Länge sowie eine Portalbearbeitungsanlage für plattenförmige Bauteile mit Maßen bis zu 6,0 m x 3,0 m und einer maximalen Plattendicke von 0,4 m (siehe Abbildung 17). Beide Maschinen verfügen über automatisierte Werkzeugwechsler mit Magazin. Des Weiteren stehen eine umfangreich ausgestattete Schreinerei und eine Metallbauwerkstatt zur Verfügung.

Am AZH sollen in den nächsten Jahren rund 20 Forschungsthemen bearbeitet werden, welche sich wie folgt zusammenfassen lassen: Holzbrückenbau, Dynamische Beanspruchung, Holz-Naturstein-Verbund, Mehrgeschossiger Holzbau, Modulbau, Klebstofffreie Bauteile, Wand- und Deckenelemente, Laubholz (Bauteile und Verbindungen), Abbundtechnik, Verbindungstechnik (Grundlagen und Innovationen) sowie Langzeitverhalten.

Über die Mitgliedschaft von Professoren und wissenschaftlichen Mitarbeitern im Promotionskolleg NRW (PK NRW) kann dem wissenschaftlichen Nachwuchs unter individueller Betreuung die Möglichkeit zur Anfertigung einer Dissertation und somit zur Promotion geboten werden. Dies ist entweder als kooperative Promotion an einer Universität bzw. Hochschule mit Promotionsrecht möglich oder kann direkt am Promotionskolleg NRW erfolgen. Das PK NRW ist seit Ende 2022 berechtigt, eigenständig Promotionen durchzuführen.

Die Forschungstätigkeiten des AZH stehen unter der konstruktiven Aufsicht eines eigens eingerichteten Beirats. Dieser berät den Aufbau und Ausbau des AZH und stellt die Ausrichtung der Forschung an den Belangen der Wirtschaft sicher. Zudem dient er der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Kontrolle, der Erörterung von Forschungsergebnissen und der Beratung der Forscher bzw. Promovierenden.



Abbildung 14: Biegeprüfmaschine 2 x 600 kN, erweiterbar auf 4 x 600 kN, für Spannweiten bis zu 15 m





Abbildung 15: Wandprüfstand 4 x 500 kN vertikal, 600 kN horizontal, für Wände bis 7 m Länge und 4 m Höhe (links), Versuchsfläche für Dauerstandversuche NKL 2 (rechts)



Abbildung 16: Prüfmaschine für statische und dynamische Wechselbeanspruchungen (links) mit 250 kN Höchstlast und Universalprüfmaschine 600 kN (rechts) mit 6 m Prüfraumhöhe und hydraulischen Spannbacken



Abbildung 17: Abbundmaschinen für stabförmige Bauteile bis 9 m (links) und plattenförmige Bauteile (rechts)

## 6. Zusammenfassung

Mit dem Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH) entsteht an der FH Aachen eine neue Forschungseinrichtung für den Holzbau. In einer umfangreich ausgestatteten Prüfhalle mit unterschiedlichen Prüfmaschinen kann ab 2024 das Trag- und Verformungsverhalten von Bauteilen und Verbindungen bzw. von Konstruktionen im Bauteilmaßstab untersucht werden. Hierbei können auch dynamische Beanspruchungen und das Materialverhalten unter unterschiedlichen klimatischen Randbedingungen berücksichtigt werden. Zur Herstellung von Prüfkörpern und zur Untersuchung von Fertigungsverfahren können in der Abbundhalle zwei Abbundmaschinen für stabförmige bzw. plattenförmige Bauteile genutzt werden. Neben Klimakammern für großformatige Bauteile steht eine Versuchsfläche für Langzeitversuche im natürlichem Wechselklima der Nutzungsklasse 2 zur Verfügung. Ebenfalls ist eine Anlage für Delaminierungsprüfungen vorhanden.

Beim Laborgebäude selbst wurden unterschiedliche Holzbauweisen umgesetzt. Für das Dachtragwerk kamen sowohl Brettschichtholz-Satteldachbinder als auch Fachwerkbinder aus Buchen-Furnierschichtholz zum Einsatz. Während Brettsperrholz für Geschosdecken, Innen- und Trennwände verwendet wurde, sind die Außenwände in Holztafelbauweise erstellt wurden.

Am AZH sollen in drei Fachgruppen insgesamt 20 unterschiedliche Forschungsthemen, insbesondere auch die Laubholzverwendung im Bauwesen, unter Einbeziehung von Kooperationspartnern aus Unternehmungen, Ingenieurbüros und Verbänden bearbeitet werden. Hierbei wird dem wissenschaftlichen Nachwuchs die Möglichkeit zur Promotion gegeben. Durch die Verortung der Forschungseinrichtung in unmittelbarer Nähe zum BGZ Simmerath bestehen optimale Voraussetzungen für das Zusammenwirken von Handwerk und Wissenschaft bei der Entwicklung innovativer Lösungen für den Holzbau. Des Weiteren werden hierdurch der Innovationstransfer und eine schnelle, praxisorientierte Umsetzung von Forschungsergebnissen gefördert.

Die FH Aachen übernimmt bei der Erstellung des Laborgebäudes erstmals selbst die Funktion der Bauherrenschaft. Gleichzeitig handelt es sich um ihr bisher größtes Förderprojekt.

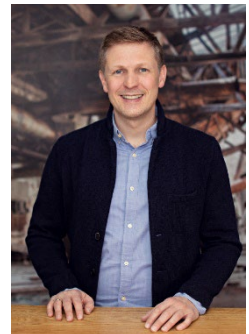
## 7. Literatur

- [1] Uibel, T.: Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH) – Konzeption und Ausstattung. In: Tagungsband, Aachener Holzbautagung 2023, Hrsg.: T. Uibel, L. A. Peterson, B. Pietschmann, Fachhochschule Aachen, 2023, ISSN: 2197-4489, ISBN: 978-3-910540-90-3, Seiten 38 – 49
- [2] Duffner, M.; Moorkamp, W.; Peterson, L.A.; Uibel, T.: Untersuchungen zur Tragfähigkeit und Steifigkeit eines neuartigen Wandelements in Holzbauweise. In: Doktorandenkolloquium – Holzbau Forschung und Praxis, Stuttgart 2018. Tagungsband, Hrsg.: U. Kuhlmann, S. Mönch, J. Postupka, J. Töpler, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, 2018, Seiten 131 – 139
- [3] Duffner, M.; Uibel, T.; Peterson, L. A.; Moorkamp, W.: Cross Layers Light – Ein ressourceneffizientes und recyclebares Holz-Wandsystem. In: Bauphysik-Kalender 2023, Hrsg.: Nabil A. Fouad, Ernst & Sohn, Berlin, 2023, ISSN: 01617-2205, ISBN: 978-3-433-03368-5, Seiten 483 – 501
- [4] Verspay, P.: Holz – Bau – Forschung – Ein architektonischer Bericht über die Entstehung des AZH. In: Tagungsband, Aachener Holzbautagung 2023, Hrsg.: T. Uibel, L. A. Peterson, B. Pietschmann, Fachhochschule Aachen, 2023, ISSN: 2197-4489, ISBN: 978-3-910540-90-3, Seiten 50 – 55
- [5] Zellerröhr, H.: Herausfordernde Tragwerke – Von der Tragwerksplanung des Aachener Zentrums für Holzbauforschung. In: Tagungsband, Aachener Holzbautagung 2023, Hrsg.: T. Uibel, L. A. Peterson, B. Pietschmann, Fachhochschule Aachen, 2023, ISSN: 2197-4489, ISBN: 978-3-910540-90-3, Seiten 56 – 61
- [6] Wenker, J.: Neubau Aachener Zentrum für Holzbauforschung (AZH) – BauBuche Fachwerkträger und andere Spannende Holzbauaufgaben. In: Tagungsband, Aachener Holzbautagung 2023, Hrsg.: T. Uibel, L. A. Peterson, B. Pietschmann, Fachhochschule Aachen, 2023, ISSN: 2197-4489, ISBN: 978-3-910540-90-3, Seiten 62 – 69



# Systemische Nachhaltigkeit – Neubau eines achtgeschossigen Mehrfamilienhauses in Amsterdam

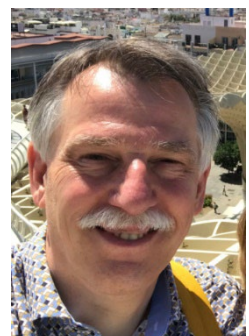
Tobias Wiesenkämper  
Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure PartGmbH  
Essen, Deutschland



Falk Berling-Hoffmann  
Marx Krontal Partner GmbH  
Hannover, Deutschland



Theo Geuijen  
Constructie Adviesbureau Geuijen  
Dinxperlo, Niederlande







# Systemische Nachhaltigkeit

## 1. Neubau eines Mehrfamilienhauses in Amsterdam

Obgleich Amsterdam für ihre Backsteinarchitektur berühmt ist, war Holz einmal das wichtigste Baumaterial dieser inzwischen international geprägten Metropole. Die mittelalterlichen Holzhäuser wurden in der Zeit zwischen 1421 und 1452 durch Brände vernichtet, danach fand der Ziegel als bevorzugtes Fassadenmaterial Einsatz, 1669 wurde der Holzbau schließlich vollständig verboten. [1]

Heute erlebt Holz nicht nur als Fassaden-, sondern auch als Baumaterial ein Comeback und verhilft der Stadt Amsterdam, die Ziele des so genannten «Green Deal Houtbouw» zu erreichen und bis 2050 klimaneutral zu werden. Ferner hat die Stadt die Verpflichtungserklärung unterzeichnet, 20 Prozent aller neu geplanten Wohngebäude aus Holz zu errichten. Bis 2025 sollen demnach rund 1.500 Häuser jährlich in Holzbauweise realisiert werden. Damit ist die Stadt Amsterdam offiziell eine der sieben Early Adopter Cities des Build-in-Wood-Projekts.

Ein Quartier, das gewiss dazu beitragen wird, den ambitionierten Zielen der Stadt näherzukommen, ist «Switi – Gooise Kant», das derzeit im Südosten von Amsterdam zwischen dem Nelson Mandela Park und dem Stadtteil Kelbergen entsteht. Seit 2015 wird hier gebaut, rund 235 Wohnungen sind bereits entstanden, 24 Einfamilienhäuser und ein achtgeschossiges Mehrfamilienhaus mit 45 Wohnungen befinden sich derzeit in der Realisierung. Voraussichtlich im Jahr 2024 werden die Baumaßnahmen abgeschlossen und das Quartier fertiggestellt sein.



Abbildung 1: Drei der insgesamt acht Geschosse sind bereits realisiert.

## 2. Neue Nachhaltigkeit, neue Ästhetik

Das hohe Maß an Nachhaltigkeit liegt bei diesem Projekt insbesondere in der Verwendung der eingesetzten Materialien. Holz und Bambus bestimmen sowohl die Konstruktion als auch die Fassaden. Während Holzfassaden für ein- oder zweigeschossige Schul-, Verwaltungs- und auch Wohngebäude vielerorts bereits zur gewohnten Optik gehören, eröffnet ein achtgeschossiges Mehrfamilienhaus, dessen Fassaden vollständig mit Holz verkleidet sind, durchaus eine neue Ästhetik.



Die Holzbauweise bringt hier gleich etliche Vorteile mit sich. Zum einen wird kein CO<sub>2</sub> freigesetzt, zum anderen entsteht im Innenraum eine gesunde und angenehme Atmosphäre. Nicht zuletzt werden die für das Projekt gefällten Bäume neu gepflanzt. Bei dem verwendeten Bambus, der aufgrund seiner Robustheit eine gute Alternative zu herkömmlichem Hartholz darstellt, handelt es sich um eine schnell wachsende Art, so dass in kurzer Zeit viel CO<sub>2</sub> wieder aufgenommen wird. Der Einsatz von erneuerbaren Energien, wie Sonnenkollektoren und Wärmepumpe rundet den Nachhaltigkeitsgedanken in diesem Quartier ab.



Abbildung 2: Holzfassaden über mehr als zwei Geschosse fordern ein neues ästhetisches Verständnis.

### 3. Zirkularität auf Bauteilebene

Dass es sich bei diesem Projekt um gelebte Nachhaltigkeit und nicht nur um ein «grünes Image» handelt, wird dadurch unter Beweis gestellt, dass sich Architekten und Ingenieure für eine Holz-Hybrid-Bauweise entschieden haben, bei der möglichst wenig «hybrid» ist. So bestehen die tragenden und aussteifenden Bauteile aus Brettsperrholz. Auch der Treppen Kern und der Aufzugsschacht wurden mit Brettsperrholz errichtet, in der Fassade kommt ein Skelett-Rahmenbau aus Brettschichtholzstützen und Furnierschichtholzrandträgern zum Einsatz, die Außenwände werden als Holztafelbau errichtet und sogar die Treppen bestehen aus Bambus.



Abbildung 3: Der hohe Vorfertigungsgrad gewährleistet eine schnelle Realisierung.

Der Einsatz von Beton, der materialbedingt einen großen CO<sub>2</sub>-Verbrauch mit sich bringt, wurde weitestmöglich reduziert. Lediglich im Bereich der Holzbetonverbunddecken kommt Beton zum Einsatz. Dabei liegt die Decke nicht vollständig auf, Holznocken in den Wänden gewährleisten hier den Hirnholzkontakt – auch im Bereich der Stützen. Querdruckbeanspruchte Bauteile kommen für den vertikalen Lastabtrag nicht zur Anwendung, was eine setzungsarme Gesamtkonstruktion ermöglicht.

Für die Nocken im Bereich der Brettsperrholzwänden, die lediglich angegossen werden, wurde seinerzeit ein Mockup entwickelt, aus dem die Planer einige Erkenntnisse gewinnen konnten. Das Mockup wurde mehrmals auseinander und wieder zusammengebaut, um herauszufinden, ob diese dem Anspruch an Zirkularität auf Bauteilebene gerecht werden.

#### 4. Modulare Bauweise, hoher Vorfertigungsgrad

Die Integration der Skelett-Rahmenbauweise in den nicht tragenden Fassaden erfolgte bereits im Werk. Auch die aus Schall- und Brandschutzgründen benötigte Vorsatzschale vor den Brettsperrholzwänden wurde bereits vorgefertigt und zeitlich mit dem Rohbau hergestellt. Der hohe Vorfertigungsgrad im Zusammenspiel mit der modularen Bauweise ermöglicht bei diesem Projekt eine deutliche Effizienzsteigerung und damit einen zügigen Baufortschritt, aber vor allem eine integrale Bewertung der Nachhaltigkeit auf einer systemischen Ebene.





Abbildung 4: Einblick in die Fertigung der Elemente im Werk.

Ebenso effizient wie der Bauablauf stellt sich die Integration der Treppenträume dar. Über das System der Schachteltreppe wurden zwei unabhängig voneinander funktionierende Treppenhäuser auf kleinem Grundriss realisiert. Auf diese Weise entstehen sehr effizient auch zwei Fluchtwege, deren Bedeutung in einem Gebäude aus Holz einen noch höheren Stellenwert einnimmt als gewöhnlich.

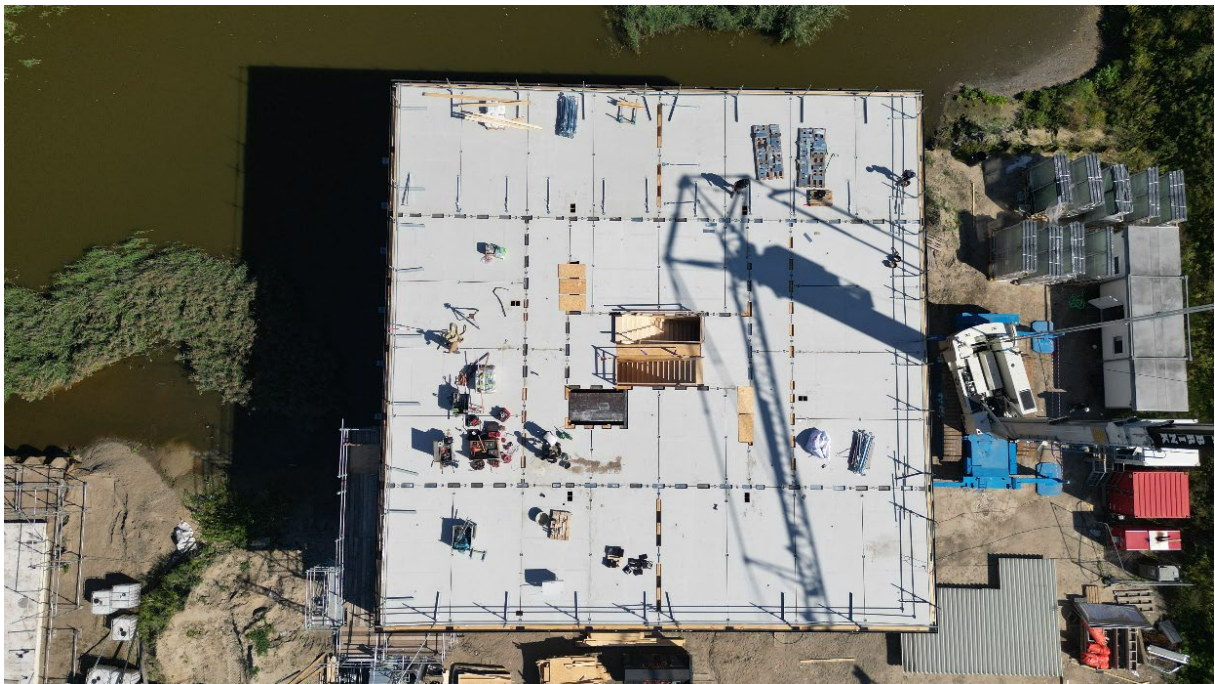


Abbildung 5: Treppenhaus aus Bambus auf effizientem Grundriss.

## 5. Besonderheit Brandschutz und zweiter Tragweg

Den Brandschutzanforderungen in den Niederlanden liegen andere Rahmenbedingungen zugrunde als in Deutschland. Und so kommen in diesem Projekt Wände in F 120 Qualität, Türen in F 60 Qualität zum Einsatz mit dem Ziel, die Feuerwiderstandsdauer im darauffolgenden Brandabschnitt, dem Flur, auf 90 zu reduzieren. Eine weitere Besonderheit bei diesem Projekt, in den Niederlanden und beispielsweise in Großbritannien im Allgemeinen, stellt der Nachweis eines zweiten Tragweges dar. Das bedeutet, dass außergewöhnliche Lastfälle einer zusätzlichen rechnerischen Betrachtung unterzogen werden müssen, dazu erfolgen beispielsweise bauteilbezogene Untersuchungen. Die zu untersuchenden Bauteile, die versagen könnten, werden durch die zuständige Behörde definiert. Ebenso wird abgestimmt, für welche Bauteile ein alternativer Lastpfad nachzuweisen ist. Hierzu wurde ein umfangreiches Konzept erarbeitet und in die Gesamtbetrachtung integriert, so dass bereits bestehende Verbindungen in Teilen auch die Funktion des zweiten Tragweges übernehmen können.



Abbildung 6: Für die Fassade kommt ein Skelett-Rahmenbau aus Brettschichtholzstützen und Furnierschicht-holzrandträgern zum Einsatz, die Außenwände werden als Holztafelbau realisiert.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] <https://www.build-in-wood.eu/amsterdam-draft>





# **Block D2**

## **Baurecht und Compliance**





# Vorsicht vor der Widerrufabzocke!

Dr. Matthias Orlowski  
Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft mbH  
Düsseldorf, Deutschland





# Vorsicht vor der Widerrufabzocke!

## 1. Überblick

In Umsetzung der europarechtlichen EU-Verbraucherrechterichtlinie (Richtlinie 2011/83/EU über die Rechte der Verbraucher vom 25. Oktober 2011 (ABIEG 2011 L 304/64 – VRRL)) hat der deutsche Gesetzgeber in den §§ 312 ff. BGB umfangreiche Regelungen zum Widerruf von Verbraucherverträgen in das Bürgerliche Gesetzbuch aufgenommen, die auch auf Bau- und Architekten-/Ingenieurverträge anwendbar sein können, sofern es zwischen einem Unternehmer und einem Verbraucher zu einem Vertragsschluss entweder außerhalb von Geschäftsräumen des Unternehmers oder aber im Fernabsatz kommt. Hat der Unternehmer den Verbraucher dann nicht oder fehlerhaft über sein Widerrufsrecht belehrt, kann der Verbraucher möglicherweise noch nach Abnahme der Bau- bzw. Planungsleistungen von dem Verbrauchervertrag zurücktreten, bisher geleistete Zahlungen vom Unternehmer zurückfordern und für die bereits erbrachten Leistungen keinen Wertersatz schulden. Diese Rechtsfolgen hat der europäische Gerichtshof in einer jüngsten Entscheidung noch einmal bestätigt (EuGH, Urteil vom 17. Mai 2023 - Rs. C-97/22).

Darüber hinaus hat der deutsche Gesetzgeber mit Inkrafttreten des gesetzlichen Bauvertragsrechts zum 1. Januar 2018 in § 650k BGB neu geregelt, dass ein Verbraucher einen sogenannten Verbraucherbauvertrag widerrufen kann, und zwar auch dann, wenn dieser nicht im Fernabsatz und nicht außerhalb der Geschäftsräume des Unternehmers zustande gekommen ist. Beim Verbraucherbauvertrag kann der Unternehmer auch bei einem wirksamen Widerruf Vergütung, für die von ihm bis zum Widerruf vertragsgemäß erbrachten Leistungen erhalten, und zwar selbst dann, wenn der Unternehmer den Verbraucher zuvor nicht oder nicht vollständig oder fehlerhaft über sein Widerrufsrecht belehrt hat. Mit der Einführung des Rücktrittsrechts nach § 650k BGB wurde nicht europäisches Richtlinienrecht umgesetzt, sondern der deutsche Gesetzgeber hat das Ziel verfolgt, eine von ihm als besonders regelungsbedürftig angesehene Schutzlücke im nationalen Verbraucherrecht zu schließen. In einer aktuellen Entscheidung hat der Bundesgerichtshof den Anwendungsbeereich des Verbraucherbauvertrages eingeschränkt und ausdrücklich klargestellt, dass bei einer gewerkweisen Vergabe kein Verbraucherbauvertrag vorliegt.

Im folgenden sollen die wesentlichen Unterschiede zwischen dem Widerrufsrecht bei Verbraucherverträgen über Bauleistungen und bei Verbraucherbauverträgen dargestellt werden.

## 2. Widerrufsrecht bei einem Verbrauchervertrag über Bauleistungen (§§ 312 ff. BGB)

### 2.1. Voraussetzungen des Widerrufsrechts beim Verbrauchervertrag

Gemäß §§ 312 ff. BGB steht einem Verbraucher ein Widerrufsrecht zu, wenn er außerhalb der Geschäftsräume des Unternehmers oder im Fernabsatz eine Vertragserklärung abgibt, die auf den Abschluss eines Verbrauchervertrages über eine entgeltliche Leistung des Unternehmers gerichtet ist.

**Verbraucher** «ist jede natürliche Person, die ein Rechtsgeschäft zu Zwecken abschließt, die überwiegend weder ihrer gewerblichen noch ihrer selbständigen beruflichen Tätigkeit zugerechnet werden können» (§ 13 BGB). Zu den Verbrauchern zählt daher auch eine Eigentümergemeinschaft, wenn ihr mindestens eine natürliche Person angehört, auf die die vorstehende Definition der Verbrauchereigenschaft zutrifft und sie ein Rechtsgeschäft zu einem Zweck abschließt, der weder überwiegend einer gewerblichen noch einer selbständigen beruflichen Tätigkeit dient. Verbraucher können darüber hinaus zum Beispiel auch Erbengemeinschaften und Gesamthandgemeinschaften sein.

Ein **Verbrauchervertrag** ist nach der Legaldefinition in § 310 Abs. 3 BGB ein Vertrag zwischen einem Unternehmer (§ 14 BGB) und einem Verbraucher (§ 13 BGB).

Ein **Widerrufsrecht** nach §§ 312 ff. BGB besteht, wenn ein solcher Verbrauchervertrag entweder außerhalb von Geschäftsräumen des Unternehmers geschlossen wird (§ 312b Abs. 1 S. 1 Nr. 1-4 BGB) oder es sich um Fernabsatzverträge (§ 312c BGB) handelt.

Ein Verbrauchervertrag ist **außerhalb von Geschäftsräumen des Unternehmers geschlossen**, wenn

- a) der Vertrag bei gleichzeitiger körperlicher Anwesenheit des Verbrauchers und des Unternehmers an einem Ort geschlossen wird, der kein Geschäftsraum des Unternehmers ist,
- b) der Verbraucher unter den in lit. a) genannten Umständen ein Angebot abgegeben hat,
- c) der Vertrag zwar in den Geschäftsräumen des Unternehmers oder durch Fernkommunikationsmittel geschlossen wird, der Verbraucher jedoch unmittelbar zuvor außerhalb der Geschäftsräume des Unternehmers bei gleichzeitiger körperlicher Anwesenheit des Verbrauchers und des Unternehmers persönlich und individuell angesprochen wurde, oder
- d) der Vertrag auf einem Ausflug geschlossen wird, der von dem Unternehmer oder mit seiner Hilfe organisiert wurde, um beim Verbraucher für den Verkauf von Waren oder die Erbringung von Dienstleistungen zu werben und mit ihm entsprechende Verträge abzuschließen («Kaffeefahrten»). Der Begriff der Dienstleistungen ist bei §§ 312 ff. BGB (europarechtlich) weit auszulegen und umfasst u.a. auch Werk-, Werkliefer- und Lieferleistungen.

Außerhalb von Geschäftsräumen ist ein Verbrauchervertrag daher insbesondere dann geschlossen, wenn sich Unternehmer und Verbraucher auf dem Baugrundstück oder in dem zu renovierenden Gebäude treffen und dort der (Bau)Vertrag geschlossen wird.

**Fernabsatzverträge** sind gemäß der Legaldefinition in § 312c BGB «Verträge, bei denen der Unternehmer oder eine in seinem Namen oder Auftrag handelnde Person und der Verbraucher für die Vertragsverhandlungen und den Vertragsschluss ausschließlich Fernkommunikationsmittel verwenden, es sei denn, dass der Vertragsschluss nicht im Rahmen eines für den Fernabsatz organisierten Vertriebs- oder Dienstleistungssystems erfolgt». Fernabsatzverträge liegen daher unter anderem vor, wenn der Unternehmer Leistungen über das Internet anbietet, die über die bloße Kontaktaufnahme hinausgehen.

Ein Widerrufsrecht gemäß §§ 312 ff. BGB ist ausnahmsweise unter anderem ausgeschlossen, wenn

- a) der Vertrag **notariell beurkundet** wurde und keine Finanzdienstleistungen zum Gegenstand hat (§ 312 Abs. 2 Nr. 1 BGB) und
  - (1) die notarielle Beurkundung des Vertrages oder einer Vertragserklärung entweder gesetzlich vorgeschrieben ist (beispielsweise beim Kaufvertrag über ein Grundstück gemäß § 311b BGB) oder
  - (2) eine notarielle Beurkundung zwar gesetzlich nicht vorgeschrieben ist, der Notar aber den Verbraucher darüber belehrt, dass die Informationspflichten gemäß § 312d Abs. 1 BGB und das Widerrufsrecht nach § 312g Abs. 1 BGB entfallen;
- b) der Vertrag die Begründung, den Erwerb oder die Übertragung von Eigentum oder anderen Rechten an Grundstücken zum Gegenstand hat (§ 312 Abs. 2 Nr. 2 BGB);
- c) ein Verbraucherbauvertrag im Sinne des § 650i Abs. 1 BGB vorliegt (§ 312 Abs. 2 Nr. 3 BGB, hierzu unten Ziffer 3.) oder
- d) der Vertrag zwar außerhalb von Geschäftsräumen geschlossen wurde, die Leistung jedoch bei Abschluss der Verhandlungen sofort erbracht und bezahlt wird und das vom Verbraucher zu zahlende Entgelt EUR 40,00 nicht überschreitet (§ 312 Abs. 2 Nr. 12 BGB);

- e) der Vertrag die Lieferung von Waren zum Gegenstand hat, die nicht vorgefertigt sind und für deren Herstellung eine individuelle Auswahl oder Bestimmung durch den Verbraucher maßgeblich ist oder die eindeutig auf die persönlichen Bedürfnisse des Verbrauchers zugeschnitten sind (§ 312g Abs. 2 Nr. 1 BGB);
- f) der Vertrag die Lieferung von Waren zum Gegenstand hat, die nach der Lieferung aufgrund ihrer Beschaffenheit untrennbar mit anderen Gütern vermischt wurden (§ 312g Abs. 2 Nr. 4 BGB) oder
- g) der Verbraucher den Unternehmer ausdrücklich aufgefordert hat, ihn aufzusuchen, um dringende Reparatur- oder Instandhaltungsarbeiten vorzunehmen (§ 312g Abs. 2 Nr. 11 BGB), wobei dies nicht hinsichtlich weiterer bei dem Besuch erbrachter Dienstleistungen gilt, die der Verbraucher nicht ausdrücklich verlangt hat, oder hinsichtlich solcher bei dem Besuch gelieferter Waren, die bei der Instandhaltung oder Reparatur nicht unbedingt als Ersatzteile benötigt werden.
- h) Einen weiteren Ausschlussgrund für das Widerrufsrecht nach §§ 312 ff. BGB enthält § 312g Abs. 3 BGB, der jedoch keinerlei Bezug zu Bauverträgen aufweist und auf den daher hier nicht weiter eingegangen wird.

## 2.2. Der Widerruf beim Verbrauchervertrag

Steht dem Verbraucher ein Widerrufsrecht gemäß §§ 312 ff. BGB zu, kann er dieses innerhalb der Widerrufsfrist jederzeit ohne Rücksicht auf und ohne Angabe seiner Beweggründe ausüben. Der Widerruf ist eine einseitige, empfangsbedürftige Willenserklärung gegenüber dem Unternehmer, die ihrerseits nicht widerruflich ist. Mit Erklärung des Widerrufs ist daher der Verbrauchervertrag zwingend rückabzuwickeln. Die Wiederherstellung des ursprünglichen Rechtsverhältnisses bedarf seiner Neubegründung, d.h. ein neuer Vertragsschluss ist notwendig, und für diesen neuen Vertrag muss der Unternehmer den Verbraucher ggf. erneut über sein Widerrufsrecht ordnungsgemäß belehren.

## 2.3. Die Frist zum Widerruf beim Verbrauchervertrag

Die Widerrufsfrist beträgt beim Verbrauchervertrag 14 Tage und beginnt mit Vertragsschluss zu laufen (§ 655 Abs. 2 BGB), wobei die Widerrufsfrist gemäß § 356 Abs. 3 S. 1 BGB nicht zu laufen beginnt, bevor der Unternehmer den Verbraucher über sein Widerrufsrecht entsprechend den Anforderungen des Art. 246a § 1 Abs. 2 S. 1 Nr. 1 EGBGB oder des Art. 246b § 2 Abs. 1 EGBGB belehrt hat. Das Widerrufsrecht erlischt spätestens zwölf Monate und 14 Tage nach Vertragsschluss (§ 356 Abs. 3 S. 2 BGB).

Hat der Unternehmer den Verbraucher nicht oder nicht ordnungsgemäß belehrt, kann der Verbraucher daher innerhalb von 12 Monaten und 14 Tagen nach Vertragsschluss sogar dann noch vom Verbrauchervertrag zurücktreten, wenn dieser Bauleistungen zum Gegenstand hat, die bereits abgenommen wurden.

Gemäß § 356 Abs. 4 Nr. 2 BGB erlischt das Widerrufsrecht eines entgeltlichen Verbrauchervertrages über Bauleistungen zudem dann, wenn kumulativ

- a) der Unternehmer die geschuldeten **Leistungen vollständig erbracht** hat und
- b) der Verbraucher **ausdrücklich zugestimmt** hat, dass der Unternehmer mit der Erbringung der Leistungen vor Ablauf der Widerrufsfrist beginnt und er diese Zustimmungserklärung dem Unternehmer bei einem außerhalb von Geschäftsräumen geschlossenen Vertrag auf einem dauerhaften Datenträger übermittelt hat und
- c) der Verbraucher seine **Kenntnis davon bestätigt** hat, dass sein Widerrufsrecht mit vollständiger Vertragserfüllung durch den Unternehmer erlischt. Diese Bestätigung ist entbehrlich, wenn der Verbraucher zuvor den Unternehmer ausdrücklich aufgefordert hat, ihn aufzusuchen, um Reparaturarbeiten auszuführen (§ 356 Abs. 4 Nr. 3 BGB).

## 2.4. Rechtsfolgen eines wirksamen Widerrufs beim Verbrauchervertrag

Hat der Verbraucher einen Verbrauchervertrag gemäß §§ 312 ff. BGB wirksam, d.h. insbesondere innerhalb der Widerrufsfrist widerrufen, ist der Unternehmer zur Rückzahlung aller erhaltenen Zahlungen unter Verwendung des gleichen Zahlungsmittels verpflichtet, das der Verbraucher bei der Zahlung verwendet hat.

Der Verbraucher ist verpflichtet, die vom Unternehmer bis zum Widerruf erhaltenen Leistungen *in natura* zurückzugewähren. Ist ihm die Rückgewähr unmöglich, schuldet er gemäß § 357a Abs. 2 S. 2 BGB Wertersatz für die bis zum Widerruf erbrachten Leistungen allerdings nur dann, wenn

- a) der Verbraucher von dem Unternehmer ausdrücklich verlangt hat, dass mit der Leistung vor Ablauf der Widerrufsfrist begonnen werden soll und er dieses Verlangen bei einem außerhalb von Geschäftsräumen geschlossenen Vertrag dem Unternehmer auf einem dauerhaften Datenträger übermittelt hat und
- b) der Unternehmer den Verbraucher über die Bedingungen, die Fristen und das Verfahren für die Ausübung des Widerrufsrechts und das Muster-Widerrufsformular sowie über die Voraussetzungen der Wertersatzverpflichtung gemäß Art. 246a § 1 Abs. 2 S. 1 Nr. 3 EGBGB ordnungsgemäß informiert hat, wobei die Erfüllung dieser Informationspflichten denotwendig voraussetzen, dass der Unternehmer den Verbraucher zuvor ordnungsgemäß belehrt hat (BGH, Urt. v. 07.07.2016 – I ZR 30/15; Urt. v. 07.07.2016 – I ZR 68/15).

Der Verbraucher schuldet daher für die bis zum Widerruf eines Verbrauchervertrages erbrachten Leistungen des Unternehmers insbesondere immer dann keinen Wertersatz,

- a) wenn der Unternehmer die Leistungen vor Ablauf der Widerrufsfrist begonnen hat, ohne dass der Verbraucher dies zuvor ausdrücklich verlangt hätte, oder
- b) wenn der Unternehmer den Verbraucher über das Widerrufsrecht und die damit verbundenen Rechtsfolgen nicht oder nicht ordnungsgemäß belehrt hat.

Schuldet der Verbraucher dagegen Wertersatz, wird dieser grundsätzlich auf Grundlage des vereinbarten Gesamtpreises berechnet; ist der vereinbarte Gesamtpreis unverhältnismäßig hoch, erfolgt die Berechnung auf der Grundlage des Marktwertes der erbrachten Leistungen (§ 357a Abs. 2 S. 2, 3 BGB).

## 3. Widerrufsrecht beim Verbraucherbauvertrag (§ 650i BGB)

### 3.1. Voraussetzungen des Widerrufsrechts beim Verbraucherbauvertrag

Vor Geltung des § 650i BGB, d.h. bei einem Vertragsschluss vor dem 31. Dezember 2017, stand dem Verbraucher ein Widerrufsrecht gemäß §§ 312 ff. BGB a.F. bei einem Vertrag «über den Bau von neuen Gebäuden oder erhebliche Umbaumaßnahmen an bestehenden Gebäuden» nicht zu, selbst wenn dieser Vertrag im Fernabsatz und außerhalb von Geschäftsräumen des Unternehmers (z.B. auf dem Baugrundstück) geschlossen wurde (§ 312 Abs. 2 Nr. 3 BGB a.F.). Diese Regelungslücke, die ihren Grund in den entsprechenden Vorgaben der VRRl hat, hat der deutsche Gesetzgeber ab dem 1. Januar 2018 durch die Einführung des § 650i BGB geschlossen:

Gemäß § 650i BGB steht dem Verbraucher ein Widerrufsrecht bei einem Verbraucherbauvertrag im Sinne des § 650i BGB zu, und zwar unabhängig davon, in welcher Situation (Fernabsatz, außer- oder innerhalb von Geschäftsräumen) der Vertrag zustande gekommen ist. Ein Verbraucherbauvertrag liegt vor, wenn er den **Bau eines neuen Gebäudes** oder aber **erhebliche Umbaumaßnahmen** an einem (oder mehreren) bestehenden Gebäude(n) zum Gegenstand hat.

In der obergerichtlichen Rechtsprechung und der Rechtsliteratur wurde ein Verbraucherbauvertrag bislang teilweise auch bei einer gewerkweisen Vergabe angenommen, zumindest wenn die Beauftragung zeitgleich oder in engem zeitlichem Zusammenhang mit der Erstellung eines neuen Gebäudes erfolgt, die Erstellung eines neuen Gebäudes für den Unternehmer ersichtlich ist und die Gewerke zum Bau des neuen Gebäudes selbst beitragen (OLG Hamm, Urteil vom 24. April 2021 – 24 U 198/20). Dieser Auffassung ist der Bundesgerichtshof nun unter Hinweis auf das geltende Europarecht und den Wortlaut der Vorschrift in einer Anfang dieses Jahres veröffentlichten Entscheidung entgegengetreten (BGH, Urteil vom 16. März 2023 – VII ZR 94/22) und hat bestätigt, dass ein Verbraucherbauvertrag im Sinne des § 650i BGB jedenfalls nicht vorliegt, wenn sich der Unternehmer nur zur Herstellung eines einzelnen Gewerks verpflichtet, auch wenn dieses im Rahmen des Baus eines neuen Gebäudes zu erbringen ist.

Das Widerrufsrecht nach § 650i BGB besteht nicht, wenn der Vertrag notariell beurkundet wurde, und zwar unabhängig davon, ob die notarielle Beurkundung gesetzlich vorgeschrieben ist oder nicht. Hintergrund ist insoweit, dass es eines Widerrufsrechts nach Auffassung des Gesetzgebers in den Fällen der notariellen Beurkundung aufgrund der Belehrungspflicht des Notars und der von ihm vor der Beurkundung zu beachtenden 14-tägigen Bedenkzeit gemäß § 17 Abs. 2a BeurkG nicht bedarf.

### **3.2. Der Widerruf beim Verbraucherbauvertrag**

Für die Anforderungen der Widerrufserklärung kann auf die vorstehenden Ausführungen unter Ziffer 2.2 verwiesen werden, die auch für den Verbraucherbauvertrag gelten.

### **3.3. Die Frist zum Widerruf beim Verbraucherbauvertrag**

Die Widerrufsfrist beträgt auch beim Verbraucherbauvertrag 14 Tage und beginnt mit Vertragsschluss zu laufen (§ 655 Abs. 2 BGB), wobei die Widerrufsfrist gemäß § 356e S. 1 BGB nicht zu laufen beginnt, bevor der Unternehmer den Verbraucher über sein Widerrufsrecht entsprechend den Anforderungen des Art. 249 § 3 EGBGB belehrt hat. Das Widerrufsrecht erlischt auch beim Verbraucherbauvertrag spätestens zwölf Monate und 14 Tage nach Vertragsschluss (§ 356e S. 2 BGB).

Hat der Unternehmer den Verbraucher bei einem Verbraucherbauvertrag nicht oder nicht ordnungsgemäß belehrt, kann der Verbraucher daher innerhalb von 12 Monaten und 14 Tagen nach Vertragsschluss auch dann noch vom Verbraucherbauvertrag zurücktreten, wenn der Verbraucher die Bauleistungen bereits abgenommen hat.

### **3.4. Rechtsfolgen eines wirksamen Widerrufs beim Verbraucherbauvertrag**

Hat der Verbraucher einen Verbraucherbauvertrag gemäß § 650i BGB wirksam, d.h. insbesondere innerhalb der Widerrufsfrist widerrufen, ist der Unternehmer zur Rückzahlung aller erhaltenen Zahlungen verpflichtet.

Der Verbraucher ist verpflichtet, die vom Unternehmer bis zum Widerruf erhaltenen Leistungen *in natura* zurückzugewähren. Ist ihm die Rückgewähr in Natur (wie regelmäßig bei Bauleistungen) unmöglich, schuldet er dem Unternehmer gemäß § 356e S. 1 BGB Wertersatz für die bis zum Widerruf erbrachten Leistungen. Anders als beim Verbrauchervertrag über Bauleistungen setzt die Verpflichtung des Verbrauchers zum Wertersatz nicht voraus, dass der Verbraucher vom Unternehmer verlangt hätte, seine Leistung bereits vor Ablauf der Widerrufsfrist zu beginnen. Auch eine unterbliebene oder fehlerhafte Belehrung des Verbrauchers über sein Widerrufsrecht schließt seine Wertersatzpflicht nicht aus. Bei der Berechnung des Wertersatzes ist die vereinbarte Vergütung zugrunde zu legen. Ist die vereinbarte Vergütung unverhältnismäßig hoch, ist der Wertersatz auf der Grundlage des Marktwertes der erbrachten Leistung zu berechnen (§ 357a S. 2, 3 BGB).



## 4. Wesentliche Unterschiede der Widerrufsbelehrungen beim Verbrauchervertrag und beim Verbraucherbauvertrag

Hervorzuheben ist, dass die Widerrufserklärung und die Widerrufsbelehrung beim Verbrauchervertrag über Bauleistungen und beim Verbraucherbauvertrag unterschiedliche Inhalte haben. Dem Unternehmer ist dringend zu empfehlen, in beiden Vertragsverhältnissen die gesetzlichen Muster zu verwenden. Diese befinden sich für den Verbrauchervertrag über Bauleistungen in den **Anlagen 1 und 2** zum EGBGB und für den Verbraucherbauvertrag in der **Anlage 10** zum EGBGB.

Der wesentliche Unterschied zwischen den Belehrungen besteht in der Darstellung der Modalitäten des Wertersatzes für bis zum Widerruf erbrachte Leistungen. Bei einem Verbrauchervertrag (über Bauleistungen) hat der Unternehmer den Verbraucher wie folgt zu belehren (Anlage 1 zum EGBGB):

*«Haben Sie verlangt, dass die Dienstleistungen während der Widerrufsfrist beginnen soll[en], so haben Sie uns einen angemessenen Betrag zu zahlen, der dem Anteil der bis zu dem Zeitpunkt, zu dem Sie uns von der Ausübung des Widerrufsrechts hinsichtlich dieses Vertrags unterrichten, bereits erbrachten Dienstleistungen im Vergleich zum Gesamtumfang der im Vertrag vorgesehenen Dienstleistungen entspricht.»*

Beim Verbraucherbauvertrag hat der Unternehmer den Verbraucher dagegen wie folgt zu belehren (Anlage 10 zum EGBGB):

*«Sie müssen uns im Falle des Widerrufs alle Leistungen zurückgeben, die Sie bis zum Widerruf von uns erhalten haben. Ist die Rückgewähr einer Leistung ihrer Natur nach ausgeschlossen, lassen sich etwa verwendete Baumaterialien nicht ohne Zerstörung entfernen, müssen Sie Wertersatz dafür bezahlen.»*

Wählt der Unternehmer die falsche Belehrung oder das falsche Widerrufsmuster, hat er den Verbraucher nicht ordnungsgemäß belehrt, so dass der Verbraucher noch innerhalb von 12 Monaten und 14 Tagen nach Vertragsschluss bzw. binnen 14 Tagen ab ordnungsgemäßer Belehrung vom Verbraucher(bau)vertrag zurücktreten kann, selbst wenn er die beauftragten Bauleistungen bereits abgenommen hat. Beim Verbraucherbauvertrag erhält der Unternehmer auch bei nicht ordnungsgemäßer Belehrung zumindest für die bis zum Widerruf vertragsgemäß erbrachten Leistungen noch Wertersatz, beim Verbrauchervertrag über Bauleistungen dagegen läuft der Unternehmer bei einem Widerruf Gefahr, in den unter vorstehender Ziffer 2.4 dargestellten Konstellationen für die bis zum Widerruf ausgeführten Leistungen kein Entgelt zu erhalten.

Für den Unternehmer ist es daher von wesentlicher Bedeutung, ob er mit dem Verbraucher einen Verbrauchervertrag über Bauleistungen oder einen Verbraucherbauvertrag schließt. Ein für den Unternehmer wegen des weitreichenderen Wertersatzanspruchs insoweit günstigerer Verbraucherbauvertrag liegt nach der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes allerdings nur dann vor, wenn der Unternehmer durch den Bauvertrag «zum Bau eines neuen Gebäudes oder zu erheblichen Umbaumaßnahmen an einem bestehenden Gebäude verpflichtet wird», nicht aber bei einer gewerkweisen Vergabe.

## 5. Ergebnisse

Schließt ein Verbraucher i.S.d. § 13 BGB mit einem Unternehmer i.S.d. § 14 BGB einen Bauvertrag, steht ihm ein Widerrufsrecht zu, wenn dieser Vertrag

- a) ein Verbraucherbauvertrag ist, also den Bau eines neuen Gebäudes oder die Ausführung erheblicher Umbaumaßnahmen an einem bestehenden Gebäude zum Gegenstand hat (§§ 650i Abs. 1, 650l BGB) oder
- b) ohne zugleich Verbraucherbauvertrag zu sein

- (1) außerhalb von Geschäftsräumen (§ 312b BGB) oder
- (2) als Fernabsatzvertrag (§ 312c BGB)

geschlossen wird. Widerrufen werden kann bei Vorliegen der Voraussetzungen der Verbraucher(bau)vertrag insgesamt oder auch ein einzelner Nachtrag, ggf. auch eine einseitige Änderungsanordnung des Verbrauchers i.S.d. § 650b BGB.

Dem Unternehmer obliegt es, den Auftraggeber über seine Widerrufsrechte ordnungsgemäß zu informieren, wobei dem Unternehmer zu empfehlen ist, die gesetzlichen Muster-Widerrufsbelehrungen und Muster-Widerrufserklärungen zu verwenden.

Die Widerrufsfrist beträgt 14 Tage ab Vertragsschluss; die Widerrufsfrist beginnt frühestens mit ordnungsgemäßer Belehrung durch den Unternehmer über das Widerrufsrecht, seine Voraussetzungen und Rechtsfolgen zu laufen, wobei das Recht zum Widerruf spätestens nach Ablauf von 12 Monaten und 14 Tagen seit Vertragsschluss endet (§ 356 Abs. 3 BGB bzw. § 356e S. 2 BGB). Hierbei gilt es für den Unternehmer zu beachten, dass er die für den Vertrag «richtigen» Mustererklärungen verwendet, denn die Widerrufsbelehrung für einen Verbrauchervertrag über Bauleistungen hat einen anderen notwendigen Inhalt als die Widerrufsbelehrung für einen Verbraucherbauvertrag. Wählt der Unternehmer die «falsche» Widerrufsbelehrung, ist die Belehrung nicht ordnungsgemäß, so dass (bis zur ggf. nachgeholten ordnungsgemäßen Widerrufsbelehrung) die verlängerte Widerrufsfrist von 12 Monaten und 14 Tagen gilt.

Nach wirksamer, insbesondere rechtzeitiger Erklärung des Widerrufs durch den Verbraucher sind gemäß § 355 Abs. 3 BGB die empfangenen Leistungen unverzüglich zurückzugewähren. Der Unternehmer ist daher verpflichtet, die vom Verbraucher erhaltenen Zahlungen unter Verwendung des gleichen Zahlungsmittels zurückzuzahlen, welches der Verbraucher bei der Zahlung genutzt hat.

Hat der Unternehmer bis zum Widerruf Leistungen erbracht, ist der Verbraucher verpflichtet, die Leistungen dem Unternehmer in natura zurückzugeben. Ist ihm dies (wie bei Bauleistungen häufig) tatsächlich unmöglich, hat der Verbraucher dem Unternehmer in den Fällen eines Verbraucherbauvertrages stets (d.h. auch bei nicht ordnungsgemäßer Widerrufsbelehrung: § 357 e BGB), in den Fällen der eines Verbrauchervertrages über Bauleistungen indes nur dann Wertersatz zu leisten, wenn

- der Verbraucher von dem Unternehmer ausdrücklich verlangt hat, dass mit der Leistung vor Ablauf der Widerrufsfrist begonnen werden soll und er dieses Verlangen bei einem außerhalb von Geschäftsräumen geschlossenen Vertrag dem Unternehmer auf einem dauerhaften Datenträger übermittelt hat und
- der Unternehmer ihn ordnungsgemäß über sein Widerrufsrecht und die Widerrufsfolgen belehrt hat.

Hat der Unternehmer beim Verbrauchervertrag über Bauleistungen ohne wirksames Verlangen des Verbrauchers vor Ablauf der (ggf. mangels ordnungsgemäßer Belehrung verlängerten) Widerrufsfrist mit den (Bau)Leistungen begonnen, erhält er für diese Leistungen keinen Wertersatz und muss dem Verbraucher die bereits erhaltenen Zahlungen (Abschlagszahlungen und ggf. die Schlusszahlung) sogar zurückzahlen, ohne dass der Unternehmer nach anderen Vorschriften (z.B. nach Bereicherungsrecht) Zahlungen oder auch nur Wertersatz verlangen könnte. Der Ausschluss der Wertersatzpflicht in den Fällen eines Verbrauchervertrages über Bauleistungen könnte allenfalls dann treuwidrig sein, wenn der Verbraucher schon bei Vertragsschluss beabsichtigt hatte, seine Willenserklärung nach Ausführung der Leistungen durch den Unternehmer zu widerrufen. Die Darlegungs- und Beweislast für diese Treuwidrigkeit liegt beim Unternehmer.

Dem Unternehmer ist daher zu empfehlen,

- a) den Verbraucher vor Vertragsschluss ordnungsgemäß und unter Verwendung der richtigen gesetzlichen Mustererklärungen über sein Widerrufsrecht zu belehren und diese Belehrung rechtssicher zu dokumentieren,

- b) den Vertrag mit einem Verbraucher nur in seinen Geschäftsräumen zu schließen (dies ist bei einem Verbraucherbauvertrag allerdings unerheblich) und
- c) mit den (Bau)Leistungen erst zu beginnen, wenn
  - (1) die Widerrufsfrist ohne Widerruf des Verbrauchers verstrichen ist (wichtig: rechtzeitige Abwendung des Widerrufs genügt zur Wahrung der Frist, so dass auch eine Widerrufserklärung, die dem Unternehmer erst nach Ablauf der Widerrufsfrist (z.B. per Post) zugeht, noch rechtzeitig sein kann) oder
  - (2) der Verbraucher nach ordnungsgemäßer Belehrung durch den Unternehmer ausdrücklich (gesonderte Unterschrift zum Nachweis empfehlenswert) auf sein Widerrufsrecht verzichtet hat.

Im Falle eines wirksamen, insbesondere rechtzeitigen Widerrufs hat

- der Unternehmer ausnahmslos alle vom Verbraucher erhaltenen Zahlungen zurückzugewähren und
- der Verbraucher die erhaltenen Leistungen grundsätzlich *in natura* zurückzugewähren, sofern ihm dies nicht unmöglich ist. Wertersatz für die bereits erhaltenen Leistungen schuldet der Verbraucher nur,
  - wenn ein Verbraucherbauvertrag besteht, d.h. ein Bauvertrag über den Bau eines (ganzen!) neuen Gebäudes oder über die Ausführung erheblicher Umbaumaßnahmen an einem bestehenden Gebäude, oder
  - wenn bei einem Verbrauchervertrag über Bauleistungen (auch bei einer gewerkweisen Vergabe für ein neues Gebäude) (i) der Unternehmer den Verbraucher ordnungsgemäß belehrt und (ii) der Verbraucher vom Unternehmer ausdrücklich verlangt hat, dass die Leistungen vor Ablauf der Widerrufsfrist begonnen werden, und wenn (iii) der Verbraucher (bei einem Vertragsschluss außerhalb der Geschäftsräume) dem Unternehmer dieses Verlangen auf einem dauerhaften Datenträger übermittelt hat.

Für die Bauunternehmer bestehen daher insbesondere beim Verbrauchervertrag über Bauleistungen hohe Anforderungen, um der «Widerrufsabzocke» zu entgehen. Rechtssicherheit entsteht in den Fällen einer unterbliebenen oder fehlerhaften Widerrufsbelehrung jedenfalls erst nach Ablauf von zwölf Monaten und 14 Tagen nach Vertragsschluss.

# **Die Berechnung der Vergütung von Nachtragsleistungen im neuen Bauvertragsrecht des BGB**

Dr.-Ing. Carsten Kuhne  
KKP Ingenieure GbR  
München, Deutschland





# Die Berechnung der Vergütung von Nachtragsleistungen im neuen Bauvertragsrecht des BGB

## 1. Einleitung

Mit dem neuen Bauvertragsrecht des BGB, welches zum 01.01.2018 in Kraft getreten ist, wurden eine Reihe neuer Regelungen geschaffen, welche alten Gewohnheiten und Verfahren, wie sie vor allem auch durch die VOB/B definiert und eingeführt waren, zum Teil widersprüchlich entgegenstehen. Insbesondere die Paragraphen 650 b und 650 c, welche nachträgliche Änderungen des vereinbarten Werkerfolgs und die daraus resultierende Anpassung der Vergütung zum Gegenstand haben, implementieren völlig neue und teilweise im Widerspruch zur VOB/B stehende Regelungen.

Das neue Bauvertragsrecht macht zum einen neue Vorgaben, wie Änderungsvereinbarungen überhaupt zustande kommen, wie also der Prozess ablaufen soll, um eine Änderungsvereinbarung zu erreichen. Zum anderen wird auch mit der Berechnung der Mehr- oder Mindervergütung nach tatsächlich erforderlichen Kosten ein neues Verfahren eingeführt, welches im Gesetz selbst jedoch nicht beschrieben und auch ansonsten im Bauwesen nicht als standardisiertes Verfahren eingeführt ist.

Nachfolgend sollen daher die wesentlichen Merkmale der Berechnung der Vergütung von Nachtragsleistungen nach dem neuen Bauvertragsrecht dargestellt und erläutert werden. Der Fokus liegt dabei auf baubetrieblichen Aspekten der Anwendung und Durchführung einer solchen Berechnung, wobei die rechtlichen Rahmenbedingungen ebenfalls in aller Kürze behandelt werden.

## 2. Ausgangssituation

### 2.1. Vorkalkulatorische Preisfortschreibung gem. VOB/B

Vor der Einführung des neuen Bauvertragsrechts im BGB wurde die Nachtragsvergütung sofern vereinbart gemäß den Vorgaben der VOB/B bestimmt. Auch wenn in der VOB/B selbst kein konkretes Berechnungsmodell beschrieben wurde, so ist als Leitmodell doch die vorkalkulatorische Preisfortschreibung der Urkalkulation anzusehen. Vorkalkulatorisch bedeutet dabei, dass Kosten vorausschauend auf Basis von geschätzten Leistungs- und Aufwandswerten sowie Kostenansätzen kalkuliert werden und nicht nachträglich anhand tatsächlich geleisteter Aufwendungen nachvollzogen werden. Die Schätzung beruht dabei auf Erfahrungswerten oder auch auf Kostendatenbanken, wobei stets die projektspezifischen Besonderheiten berücksichtigt werden.

Als Grundlage der vorkalkulatorischen Preisfortschreibung für Nachtragsleistungen sind notwendige Bezugsgrößen (Kosten- und Leistungsansätze), die für die Fortschreibung der Urkalkulation zum Zwecke der Nachtragsberechnung benötigt werden, der Urkalkulation zu entnehmen und mit Bezug auf die gegenständliche Änderung neu zu bewerten. Dabei bleiben Kosten für Leistungselemente der vertraglichen Bezugsleistung, die identisch auch in der geänderten oder zusätzlichen Leistung enthalten sind, unverändert. Die Neubewertung beschränkt sich auf die geänderten Leistungselemente.

Neben der Vergütungsanpassung (Fortschreibung) von Kosten- und Leistungsansätzen anhand von Erfahrungswerten (einfacher Fall) ist vor allem die Anpassung über ein externes Bewertungssystem und einen Vertragspreisniveaufaktor als gängiges Verfahren etabliert. Dieses Verfahren erfordert 5 Arbeitsschritte und ist dementsprechend aufwendig:

1. Feststellung, welche Leistungselemente der Bezugsleistung mit der geänderten oder zusätzlichen Leistung vergleichbar sind und Ermittlung der zugehörigen Kosten- und Leistungsansätze (Ausgangsbasis).
2. Wahl eines Bewertungssystems und Ermittlung der Kosten- und Leistungsansätze der Bezugsleistung nach dem Bewertungssystem.

3. Ermittlung des Vertragspreisniveaufaktors durch Vergleich der Kosten- und Leistungsansätze der Bezugsleistung (Ausgangsbasis) mit äquivalenten Ansätzen im gewählten Bewertungssystem.
4. Ermittlung der Kosten- und Leistungsansätze der neuen Leistung auf der Grundlage des gewählten Bewertungssystems.
5. Anwendung des Vertragspreisniveaufaktors auf die Kosten- und Leistungsansätze der neuen Leistung gem. Bewertungssystem

Dieses Verfahren kann sowohl auf Preise von Teilleistungen wie auch auf einzelne Kostenansätze der Urkalkulation angewendet werden. Letztere Möglichkeit kann sehr aufwendig werden.

## 2.2. Beispiel zur vorkalkulatorischen Preisfortschreibung

Es sind im Leistungsverzeichnis Träger aus BSH Fichte 14/24 ausgeschrieben. Diese wurden wie folgt kalkuliert:

|                                   |                                             |   |           |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|---|-----------|
| Material:                         | $0,14 \times 0,24 \times 500 \text{ €/m}^3$ | = | 16,80 €/m |
| Lohn:                             | $0,14 \times 0,24 \times 400 \text{ €/m}^3$ | = | 13,44 €/m |
| Sonst:                            |                                             |   | 1,76 €/m  |
| Einzelkosten der Teilleistungen:  |                                             |   | 32,00 €/m |
| Zuschläge für AGK und Gewinn: 20% |                                             |   | 6,40 €/m  |
| Einheitspreis:                    |                                             |   | 38,40 €/m |

Aus der Statik kommt nachträglich die Anforderung, diese Träger im Format 14/28 (anstelle 14/24) auszuführen. Die Höhe der Träger ist folglich um 4 cm zu erhöhen. Daraus resultieren folgende Anpassungen / ergibt sich folgende Zulage zum vereinbarten Einheitspreis:

|                                   |                                                      |   |          |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------|---|----------|
| Material:                         | $0,14 \times \mathbf{0,04} \times 500 \text{ €/m}^3$ | = | 2,80 €/m |
| Lohn:                             | $0,14 \times \mathbf{0,04} \times 400 \text{ €/m}^3$ | = | 2,24 €/m |
| Einzelkosten der Teilleistungen:  |                                                      |   | 5,04 €/m |
| Zuschläge für AGK und Gewinn: 20% |                                                      |   | 1,01 €/m |
| Zulage:                           |                                                      |   | 6,05 €/m |

Diese Änderung ließ sich noch unproblematisch aus der Urkalkulation herleiten, indem einfach die geänderte Geometrie zugrunde gelegt wurde, sämtlich sonstigen Faktoren blieben unverändert.

Anders verhält es sich hingegen mit dem nachträglichen Wunsch des Auftraggebers, die Träger nicht in Fichte, sondern in Lärche auszuführen. Dazu ist ein externes Bewertungssystem heranzuziehen:

- |                                                   |                                          |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Kostenansatz aus Urkalkulation für BSH Fichte: | 500 €/m <sup>3</sup>                     |
| 2. Referenzpreis Bewertungssystem für BSH Fichte: | 625 €/m <sup>3</sup>                     |
| 3. Vertragspreisniveaufaktor:                     | $500/625 = 0,8$                          |
| 4. Referenzpreis Bewertungssystem für BSH Lärche: | 1.500 €/m <sup>3</sup>                   |
| 5. Kostenansatz für BSH Lärche:                   | $0,8 \times 1.500 = 1.200 \text{ €/m}^3$ |

Daraus errechnet sich eine Zulage für die Ausführung in Lärche zu:

|                   |                                                               |   |           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|---|-----------|
| Kosten Lärche:    | $0,14\text{m} \times 0,28\text{m} \times 1.200 \text{ €/m}^3$ | = | 47,04 €/m |
| Mehrkosten (EKT): | $47,04 \text{ €/m} - 16,80 \text{ €/m}$                       | = | 30,24 €/m |
| Zulagepreis:      | $30,24 \text{ €/m} \text{ zzgl. } 20\% \text{ Zuschläge}$     | = | 36,29 €/m |

## 2.3. Fazit

Bei der vorkalkulatorischen Preisfortschreibung für Nachtragsleistungen werden Kostenansätze oder Preise auf Grundlage einer Bezugsbasis relativ (prozentual) angepasst. Vorhandene Über- oder Unterdeckungen verändern sich ebenfalls relativ.

Das Verfahren ist auch nicht zwingend einfach oder eindeutig. Wenn es ähnliche Leistungen gibt, die als Bezugsbasis infrage kämen aber unterschiedlich bepreist sind, welche ist dann zu wählen? Wie sollen zusätzliche Leistungen bepreist werden, für welche es keine Bezugsbasis gibt? Und zu guter Letzt ist die Urkalkulation in vielen Fällen nicht ausreichend detailliert und aussagekräftig, um eine passende Bezugsbasis zu finden.



Sofern Vertragspreisniveaufaktoren für eine Vielzahl von Kostenansätzen spezifisch zu ermitteln sind wird dieses Verfahren sehr aufwendig.

Es gibt insgesamt auch kein klares Regelwerk, welches verschiedene Kalkulationsvarianten abdeckt und konkrete methodische Vorgaben für die gem. VOB/B zu ermittelnden Mehr- oder Minderkosten macht. Aus diesen Gründen sind die Ergebnisse einer vorkalkulatorischen Preisfortschreibung oft strittig.

Im Streitfall finden dann durchaus die «tatsächlich erforderlichen Kosten» Anwendung, wie dies durch eine Reihe von Gerichtsurteilen in jüngerer Zeit bestätigt wurde.

### 3. Überblick zu den Regelungen zu Leistungsänderungen im neuen Bauvertragsrecht

#### 3.1. Wesentliche Inhalte und Paradigmenwechsel

Mit Einführung des neuen BGB-Bauvertragsrechts ist es zu einem Paradigmenwechsel bei Nachtragsvereinbarung und -kalkulation gekommen:

Begehrt der Besteller eine Änderung (§650 b), so sollen «*die Parteien zunächst Einvernehmen über die Änderung und die infolge der Änderung zu leistende Mehr- oder Mindervergütung anstreben*». Auch ist der Unternehmer verpflichtet, ein Angebot über die Vergütung zu erstellen. Es wird hier ein Einigungswille beider Parteien hinsichtlich der Vergütung unterstellt. Ein konkretes Verfahren zur Kalkulation des Nachtragsangebots ist nicht vorgegeben.

Erst wenn die Parteien nach 30 Tagen (nach Zugang des Änderungsbegehrens beim Unternehmer) keine Einigung erzielen, kann der Besteller die Ausführung der Änderung anordnen. Nach VOB/B konnte eine Änderung hingegen unmittelbar angeordnet werden.

Für den Fall, dass sich die Parteien nicht einigen, ist gem. §650 c Abs. 1 die Höhe des Vergütungsanspruchs für eine Nachtragsleistung nach den

*«tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen für allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn zu ermitteln.»*

Das bedeutet, dass im Rahmen dieses sog. Einigungsmodells gem. §650 b BGB der Auftragnehmer die Vergütung zunächst frei kalkulieren kann und nicht an Vorgaben aus einer Urkalkulation gebunden ist.

Kommt es hingegen nicht zu einer Einigung, ist die Vergütung gem. §650 c Abs. 1 auf Grundlage der tatsächlich erforderlichen Kosten zzgl. angemessener Zuschläge zu bestimmen. Mit dieser Regelung wird das Ziel verfolgt, Spekulationen einzudämmen und Streit über die Preisanpassung zu vermeiden.

Als Alternative zu den tatsächlich erforderlichen Kosten eröffnet § 650 c Abs. 2 noch die Möglichkeit,

*«zur Berechnung der Vergütung für den Nachtrag auf die Ansätze in einer vereinbarungsgemäß hinterlegten Urkalkulation zurückgreifen.»*

Es wird diesbezüglich

*«vermutet, dass die auf Basis der Urkalkulation fortgeschriebene Vergütung der Vergütung nach Absatz 1 entspricht.»*

Um diese Variante anwenden zu können, ist es jedoch erforderlich, dass eine Urkalkulation vereinbarungsgemäß hinterlegt wurde. Auch kann die geäußerte Vermutung der Gleichwertigkeit durch den Auftraggeber begründet widerlegt werden.

#### 3.2. Spannungsfeld zwischen BGB und VOB/B

Wie oben beschrieben, sind die Regelungen im neuen Bauvertragsrecht des BGB in erheblichem Maße widersprüchlich zu denjenigen der VOB/B. Der öffentliche Auftraggeber war jedoch aufgrund der Verpflichtung zur Anwendung der VOB/B gezwungen, die VOB/B als

Ganzes zu vereinbaren, um die AGB-rechtliche Legitimierung nicht zu verlieren. Dies führt zwangsläufig zur Koexistenz von VOB/B und BGB, woraus u.a. folgende Fragen entstehen:

- Wie sieht die Abgrenzung zwischen BGB und VOB/B aus?
- Welches Anordnungsrecht gilt?
- Wie ist die Vergütung bei geänderten und zusätzlichen Leistungen anzupassen?
  - Berechnung der Mehr- / Minderkosten aus Fortschreibung der Urkalkulation oder auf Basis der tatsächlich erforderlichen Kosten?
  - Bei tatsächlich erforderlichen Kosten: Welche Zuschläge sind für AGK und Gewinn anzusetzen?

## 4. Berechnung der Vergütung von Nachtragsleistungen im neuen Bauvertragsrecht

### 4.1. Prinzipien der Vergütungsanpassung nach §650 c Abs. 1

Wird ein Anspruchs nach § 650 c Abs. 1 geltend gemacht, ist die Vergütung nach den

- tatsächlich erforderlichen Mehr- oder Minderkosten
- mit angemessenen Zuschlägen für Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn

zu berechnen. Dabei bleiben für die unveränderten Vertragsleistungen die vereinbarten Preise / Kostenansätze unberührt. Für die veränderten Vertragsleistungen betrifft die Vergütungsanpassung lediglich den tatsächlichen Mehr- oder Minderaufwand gegenüber der ursprünglich vorgesehenen Vertragsleistung.

Damit soll erreicht werden, dass

- keine Partei besser- oder schlecht gestellt wird.
- die im Wettbewerb für die Ausgangsleistung zustande gekommene, anteilige Gewinn- oder Verlustspanne für die jeweilige Vertragsleistung in ihrer ursprünglichen Höhe, d.h. als Absolutbetrag, erhalten bleibt.

### 4.2. Höhe des Vergütungsanspruchs

Das Konzept der «tatsächlich erforderlichen Kosten» sieht vor, dass:

- die Kosten tatsächlich entstehen bzw. entstanden sind («Ist-Kosten», keine Fortschreibung von Wettbewerbspreisen)
- die Kosten die Schwelle der Erforderlichkeit nicht überschreiten dürfen (Gebot der Wirtschaftlichkeit als Korrektiv)
- die übliche Vergütung analog § 632 BGB nicht den tatsächlich erforderlichen Kosten entspricht
- Wettbewerbspreise nur für die ursprünglich vereinbarte Leistung gelten

Bei der Ermittlung des Vergütungsanspruchs ist zwischen geänderten und zusätzlichen Leistungen zu unterscheiden. Bei zusätzlichen Leistungen sind die tatsächlich erforderlichen Kosten zu bestimmen. Bei geänderten Leistungen ist eine Vergleichsbetrachtung durchzuführen zwischen den:

tatsächlich erforderlichen Kosten der geänderten Leistung  
zu den

hypothetisch tatsächlich erforderlichen Kosten der ursprünglichen Leistung

Ein Vergleich zu den ursprünglich kalkulierten Kosten verbietet sich dabei, da diese nicht nach dem gleichen Prinzip ermittelt wurden.

Was muss dargelegt werden:

- Maßgeblich ist der tatsächliche Einsatz von Personal, Gerät und Material
- Kosten müssen tatsächlich entstehen, also kein Mittellohn, etc.
- Die Erforderlichkeit der Kosten ist im Streitfall vom Unternehmer darzulegen und zu beweisen.
- Zu berücksichtigen sind anfallende Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) und erforderliche Baustellengemeinkosten (BGK)

- Angemessenheit der Zuschläge für AGK und Gewinn (siehe nachfolgend)

### 4.3. Nachweisprobleme

Während Leistungen, für welche eine Rechnung ausgestellt wurde, eher unproblematisch sind, können folgende Problemfälle bei der Ermittlung der tatsächlich erforderlichen Kosten bei Eigenleistungen identifiziert werden:

- Nachweis der Kosten für den Einsatz eigener Arbeitskräfte
  - Welche Lohnkosten sind in Ansatz zu bringen? (Mittellohn nicht maßgebend!)
  - Welche Aufwandswerte sind in Ansatz zu bringen? (Nachweis von Erschwernissen)
- Einsatz eigener Geräte
  - Angemessene Bestimmung der tatsächlichen Kosten (Abschreibung, Verzinsung?)
  - Auslagerung des Geräteparks in selbständige Gesellschaft?
  - Baugeräteliste kann nicht herangezogen werden (keine konkreten Kosten)

### 4.4. Beispiel zur Vergütungsanpassung nach § 650 c Abs.1

Es sind im Leistungsverzeichnis Träger aus BSH Fichte 14/24 ausgeschrieben. Diese wurden wie folgt kalkuliert:

|                                   |                                             |   |           |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|---|-----------|
| Material:                         | $0,14 \times 0,24 \times 500 \text{ €/m}^3$ | = | 16,80 €/m |
| Lohn:                             | $0,14 \times 0,24 \times 400 \text{ €/m}^3$ | = | 13,44 €/m |
| Sonst:                            |                                             |   | 1,76 €/m  |
| Einzelkosten der Teilleistungen:  |                                             |   | 32,00 €/m |
| Zuschläge für AGK und Gewinn: 20% |                                             |   | 6,40 €/m  |
| Einheitspreis:                    |                                             |   | 38,40 €/m |

Aus der Statik kommt nachträglich die Anforderung, diese Träger im Format 14/28 (anstelle 14/24) auszuführen. Die Höhe der Träger ist folglich um 4 cm zu erhöhen. Daraus resultieren folgende Anpassungen zum vereinbarten Einheitspreis:

Für den zusätzlichen Querschnitt ( $0,04 \times 0,14 \text{ m}^2$ ) sind die tatsächlich erforderlichen Materialkosten einzusetzen. Es wird zur besseren Vergleichbarkeit mit obiger Berechnung zur korkalkulatorischen Preisfortschreibung angenommen, diese entsprächen dem oben genannten Wert aus dem Bewertungssystem in Höhe von  $625 \text{ €/m}^3$ . Damit ergibt sich folgende Zulage:

|                                   |                                             |   |          |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|---|----------|
| Material:                         | $0,14 \times 0,04 \times 625 \text{ €/m}^3$ | = | 3,50 €/m |
| Lohn:                             | $0,14 \times 0,04 \times 400 \text{ €/m}^3$ | = | 2,24 €/m |
| Einzelkosten der Teilleistungen:  |                                             |   | 5,74 €/m |
| Zuschläge für AGK und Gewinn: 20% |                                             |   | 1,15 €/m |
| Zulage:                           |                                             |   | 6,85 €/m |

Gegenüber der korkalkulatorischen Fortschreibung wurde folglich der Kostensatz für das Holz angepasst. Das zusätzliche Material wird zu den tatsächlich erforderlichen Kosten angesetzt. Damit ist diese Änderung neutral hinsichtlich einer Über- oder Unterdeckung der Kalkulation.

Ähnlich verhält es sich bei der zweiten Änderung (Material: Lärche anstelle Fichte). Auch hier sind die tatsächlich erforderlichen Materialkosten anzusetzen. Es wird zur besseren Vergleichbarkeit mit obiger Berechnung zur korkalkulatorischen Preisfortschreibung angenommen, diese entsprächen dem oben genannten Wert aus dem Bewertungssystem in Höhe von  $1.500 \text{ €/m}^3$ . Um die Mehrkosten zu berechnen sind von diesem Wert die hypothetisch erforderlichen tatsächlichen Kosten in Abzug zu bringen. Diese sind mit  $625 \text{ €/m}^3$  anzusetzen. Die Zulage errechnet sich nun aus der Differenz der tatsächlich erforderlichen Kosten für den alten und den neuen Querschnitt:

$$\text{Differenz der EKT: } (0,14 \times 0,28 \times 1.500) - (0,14 \times 0,24 \times 625) = 37,80 \text{ €/m}$$

Zum Vergleich: Die Zulage auf Basis der EKT betrug aus der korkalkulatorischen Fortschreibung der Kalkulation nur 30,24 €/m.

Unter Berücksichtigung der Zuschläge von 20% ergibt sich die Vergütung für die Zulage zu:

$$37,80 \text{ €/m} \times 1,20 = 45,36 \text{ €/m (vorkalkulatorisch: 36,29 €/m)}$$

Die Differenzen zwischen der Vergütung nach tatsächlich erforderlichen Kosten und nach vorkalkulatorischer Fortschreibung sind auf die Unterdeckung der ursprünglichen Kalkulation zurückzuführen. Diese Unterdeckung vergrößert sich bei der vorkalkulatorischen Fortschreibung erheblich, da das hochwertigere Material Lärche aufgrund des Vertragspreisniveaufaktors nur zu 80% vergütet wird. Es werden nur Mehrkosten in Höhe von

$$0,8 \times 1.500 - 500 = 700 \text{ €/m}^3$$

erstattet.

Hingegen bleibt bei der Kalkulation über die tatsächlich erforderlichen Kosten die ursprünglich kalkulierte Unterdeckung lediglich erhalten, für das neue Material wird die volle Preisdifferenz von  $1.500 - 625 = 875 \text{ €/m}^3$  vergütet.

#### 4.5. Anpassung unter Bezugnahme auf Urkalkulation

Wie bereits erwähnt, ermöglicht § 650c Abs. 2 eine alternative Berechnung der Vergütung für den «Nachtrag» auf Grundlage einer widerlegbaren Vermutung, dass die auf Basis der Urkalkulation fortgeschriebene Vergütung der Vergütung nach Absatz 1 entspricht.

Dazu sind folgende Voraussetzungen einzuhalten:

- Hinterlegung der Urkalkulation muss vertraglich vereinbart sein
- Urkalkulation muss tatsächlich hinterlegt sein
- Unternehmer darf nur die tatsächlich aus der hinterlegten Urkalkulation ersichtlichen Ansätze für die Preisfortschreibung verwenden
- Keine Berechtigung, Urkalkulation nachzureichen oder nachträglich aufzuschlüsseln!
- Notwendige Bezugsgrößen (Kosten- und Leistungsansätze), die für die Fortschreibung der Kalkulationsansätze zum Zwecke der Nachtragskalkulation benötigt werden, müssen entnommen werden können! Ansonsten bleibt nur Ermittlung gem. § 650 Abs. 1.

#### 4.6. Angemessene Zuschläge

Die Regelung des § 650 c Abs. 1 sieht vor, dass die tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen zu beaufschlagen sind. Bei diesen Zuschlägen handelt es sich nicht um die Zuschläge aus der Urkalkulation. Sie sind vielmehr gesondert zu bestimmen bzw. festzulegen. Diese Vorgabe ist erforderlich, um eine mögliche Spekulation mit Zuschlägen zu vermeiden:

Unter der Prämisse, dass Nachträge stets nach den erforderlichen Kosten zu berechnen sind, könnte der Auftragnehmer ansonsten versuchen, Einzelkosten in die Zuschläge zu verschieben und diese damit künstlich aufzublähen.

Dies hätte für ihn folgende Vorteile:

- Verschiebung von Kosten ist für das Angebot preisneutral.
  - Jeder Nachtrag würde mit diesen hohen Zuschlägen beaufschlagt.
    - ➔ Der Auftragnehmer würde zusätzliche Erlöse generieren.
- Die Differenzen bei den EKT würden automatisch größer werden.
  - ➔ Der Auftragnehmer würde zusätzliche Erlöse generieren
 (Hinweis: nicht, wenn das Verfahren der tatsächlich erforderlichen Kosten korrekt angewandt wird, jedoch u.U. bei Anwendung der Alternative über die Fortschreibung der Urkalkulation)

Dies hätte zur Folge, dass eine mögliche «Spekulation» mit den Einzelkosten der Teilleistungen durch eine Spekulation mit den Gemeinkosten ersetzt würde. Dabei würde der Unternehmer doppelt von den hohen Zuschlägen und den größeren Differenzen bei den EKT profitieren.

Eine vertragsbezogene Ermittlung erscheint zwar vordergründig als sinnvoll, da der Vertragspreis über den Wettbewerb zustande kam. Da wie beschrieben eine Manipulation der Kalkulation möglich ist, ohne den Vertragspreis zu beeinflussen, scheidet dies jedoch aus und es sind angemessene Zuschläge als Maßgabe für die Nachtragskalkulation festzulegen.

Das Gesetz macht jedoch keine Aussage dazu, wie die Angemessenheit festzustellen ist. Die offene Formulierung lässt Spielräume:

- AGK gemäß Literatur zwischen 8 und 15 %?
- Branchenübliche Ansätze für AGK?
- AGK gemäß Kalkulationsansatz in der Angebotskalkulation? → Nein! (s.o.)
- gesetzliche Vermutung bei freier Kündigung z.B. 5%?
- Unternehmensbezogene Ermittlung anhand der vom Unternehmen sonst (z.B. im Vorjahr) erwirtschafteten Deckungsbeiträge

Der letztgenannte Ansatz würde die unternehmensspezifischen Besonderheiten berücksichtigen und wäre zumindest überprüfbar. Jedoch wäre dazu ein Zugriff auf sensible Unternehmensdaten erforderlich.

Welches Verfahren sich in der Praxis bewährt, bleibt abzuwarten.

## 5. Fazit

Die wesentlichen Änderungen, welche das neue Bauvertragsrecht in Bezug auf die Vergütung von Nachträgen mit sich bringt, sind:

- Die Korbion'sche Formel vom Erhalt guter bzw. schlechter Preise wird ersetzt durch eine Preisanpassung auf Grundlage des tatsächlichen Mehr- oder Minderaufwands.
- Keine Partei soll besser oder schlechter gestellt werden.
- Unklarheiten und Defizite der korkalkulatorischen Preisfortschreibung sollen eliminiert und diese durch ein einfacheres (?) Verfahren ersetzt werden.
- Es dürfen nicht tatsächliche und kalkulierte Kosten verglichen werden, sondern die ursprüngliche und die geänderte Leistung sind jeweils auf Basis von tatsächlichen bzw. hypothetisch tatsächlichen Kosten zu bewerten.
- Angemessene Zuschläge ergeben sich nicht aus der Urkalkulation, sondern sind jeweils auftragsspezifisch festzulegen.
- Das alternative Verfahren, die Nachtragsvergütung doch aus der Urkalkulation abzuleiten, ist nur anwendbar, wenn diese tatsächlich hinterlegt wurde und auch ausreichend detailliert ist, so dass Bezugswerte entnommen werden können. Je Nachtrag muss sich der Unternehmer auf ein Verfahren festlegen.
- Probleme des Nachweises von tatsächlich erforderlichen Kosten entstehen vor allem im Zusammenhang mit eigenen Personal- und Gerätekosten und Erschwernissen der Leistungserbringung.

Es verbleiben bezüglich der Anwendung des Verfahrens der tatsächlich erforderlichen Kosten noch Fragen, vor allem in Bezug auf die Nachweisführung bei eigenem Personal und Gerät wie auch in Bezug auf die Feststellung angemessener Zuschläge.



# **Zirkuläres Bauen: Roadmap, Entscheidungshilfen, Umsetzungen**





# **Potenziale des Holzbaus durch CO<sub>2</sub>-Speicherung & THG-Minderung bei Kommunen – abgebildet im Fachinformationssystem Holzbau-GIS**

Caya Zernicke M.Sc.  
Lehrstuhl Ressourceneffizientes Bauen  
Ruhr-Universität Bochum  
Bochum, Deutschland





# Potenziale des Holzbaus durch CO<sub>2</sub>-Speicherung & THG-Minderung bei Kommunen – abgebildet im Fachinformationssystem Holzbau-GIS

## 1. Potenziale des Holzbaus

Die Potenziale oder Vorteile des Holzbaus sind hinlänglich bekannt oder werden regelmäßig neu thematisiert, siehe [1-4]. Dieser Beitrag beschreibt die Potenziale des Holzbaus im Rahmen des Forschungsprojekts «Holzbau-GIS» und innerhalb eines kommunalen Kontexts.

Zentraler Kern des Projekts «Holzbau-GIS» [5] ist die Analyse von Potenzialen im Holzbau für Neubau und Sanierung auf kommunaler Ebene sowie die Kommunikation und der Wissenstransfer von gewonnenen Erkenntnissen und Projektergebnissen durch die Entwicklung eines Modells zur Berechnung von Treibhausgasminderungspotenzialen.

Die Kommunen und Städte (speziell deren Klimaschutzmanager und (Gemeinde-)Räte) sind die Zielgruppe des Projektes. Mit den Informationen aus dem «Holzbau-GIS» können zielgerichtet und zukunftsorientiert aktiv Entscheidungsprozesse zur Förderung des Holzbaus auf kommunaler Ebene angesprochen werden. Dadurch wird ermöglicht, dass Kommunen in Selbstverwaltung die erreichbaren Treibhausgasminderungen durch den Einsatz von Holz als Baumaterial in ihre kommunalen Klimaschutzkonzepte integrieren können. Zudem bietet das «Holzbau-GIS» eine Plattform zur Information der Öffentlichkeit über klimawirksame Maßnahmen im Stadtgebiet.

Das Fachinformationssystem ergänzt auch das Leistungsangebot der Verbände im Bereich Holzbau um eine weitere innovative Dienstleistung im Rahmen des Klimaschutzes. Dabei wirkt sich jede Erhöhung der stofflichen Holznutzung, und damit insbesondere eine Ausweitung der Nutzung von heimischem Holz im Baubereich, positiv auf die Klimabilanz aus.

### 1.1. CO<sub>2</sub>-Speicherung

Bei der Holzverwendung bleibt Kohlenstoff in den Produkten gebunden, d.h. Gebäude aus Holz speichern Kohlenstoff. Dieser Effekt ist besonders groß, weil Holzprodukte im Bauwesen lange eingebaut bleiben und so der im Holz enthaltene Kohlenstoff langfristig gebunden bleibt. Zusätzlich können energieintensivere Baustoffe durch Holz ersetzt und dadurch CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden. [5, 6]

In Bezug auf das Projekt «Holzbau-GIS» ist der Begriff der temporären Kohlenstoffspeicherung, berechnet nach DIN EN 16449 [7], dem Begriff der CO<sub>2</sub>-Speicherung gleichzusetzen. Im Projekt werden Ergebnisse zum temporären Kohlenstoffspeicher für Neubau und Sanierung mit Holz präsentiert. In Bezug auf den Neubau kann die durchschnittliche temporäre Kohlenstoffspeicherung der eingesetzten erneuerbaren Baumaterialien über den gesamten Lebenszyklus ausgewiesen werden. Analog dazu wird für alle Sanierungsmaßnahmen die durchschnittliche temporäre Kohlenstoffspeicherung der eingesetzten erneuerbaren Baumaterialien über den gesamten Lebenszyklus bestimmt. Es wird in jedem Fall angenommen, dass die Bindung des Kohlenstoffs temporär erfolgt; im optimalen Fall über mehrere Lebenswege (Kaskadennutzung) und der gebundene Kohlenstoff erst im letzten Schritt durch die thermische Verwertung wieder freigesetzt wird.

### 1.2. THG-Minderung

Holzprodukte benötigen in der Regel weniger Energie bei Herstellung und Entsorgung als Produkte anderer Materialien. Durch den Holzeinsatz im Bausektor werden Baustoffe auf der Basis von endlichen Rohstoffen ersetzt. Dies hat nicht nur positive Effekte für den Klimaschutz, sondern hilft auch die gesamtwirtschaftliche Ressourceneffizienz zu erhöhen. Für die Berechnung der THG-Minderungen durch die stoffliche Nutzung von Holzprodukten werden im Projekt «Holzbau-GIS» für Neubauten zuerst die durchschnittlichen THG-Emissionen für alle Holzgebäude und ihre äquivalenten mineralischen Neubauten über den gesamten Lebenszyklus bestimmt. Daraus ergibt sich dann in einem weiteren Schritt das

durchschnittliche THG-Minderungspotenzial durch den Ersatz mineralischer Bauten durch Holzbauten. Diese Minderungspotenziale basieren auf vergleichenden Ökobilanzierungen über den gesamten Lebenszyklus für Holzvarianten im Vergleich zu den entsprechenden mineralischen Äquivalenten. [8-11]

Die THG-Minderungspotenziale für Bestandsgebäude durch Sanierungsmaßnahmen können in zwei Betrachtungsebenen unterteilt werden. Es können sowohl auf betrieblicher als auch stofflicher Ebene für Bestandsgebäude Aussagen getroffen werden. Wird allein der Betrieb des Gebäudes betrachtet, können folgende Ergebnisse zu THG-Emissionen und THG-Minderungen berechnet werden:

- «Durchschnittliche betriebliche THG-Emissionen der Bestandgebäude durch Heizung und Warmwasser vor der Sanierungsmaßnahme.
- Durchschnittliche betriebliche THG-Emissionen der Bestandgebäude durch Heizung und Warmwasser nach der Sanierungsmaßnahme.
- Durchschnittliches THG-Minderungspotenzial durch Senkung der betrieblichen THG-Emissionen der Bestandgebäude durch Heizung und Warmwasser nach der Sanierungsmaßnahme.» [5]

Als zweite Betrachtungsebene werden nun die stofflichen THG-Minderungspotenziale, resultierend durch die Nutzung nachwachsender Baumaterialien bei Sanierungsmaßnahmen, angeführt. Es können die durchschnittlichen stofflichen THG-Emissionen bei Durchführung der Sanierungsmaßnahme, über den gesamten Lebenszyklus bestimmt werden. In diesem Schritt werden die THG-Emissionen für Sanierungen mit nachwachsenden und mineralischen Baustoffen berechnet. Darauf aufbauend kann das durchschnittliche THG-Minderungspotenzial durch den Ersatz mineralischer Baustoffe durch nachwachsende Baustoffe ausgegeben werden. Dafür wurde eine neue normkonforme Methodik für Ökobilanzierungen von Sanierungsmaßnahmen verwendet. Die stofflichen THG-Minderungspotenziale basieren entsprechend auf vergleichenden Ökobilanzierungen über den gesamten Lebenszyklus für Sanierungen mit nachwachsenden Baustoffen im Vergleich zu den mineralischen Äquivalenten. Für sämtliche bilanzierten Sanierungsmaßnahmen wird angenommen, dass eine äquivalente energetische Sanierung der Gebäudehülle mit einer Dämmstärke nach Passivhausstandard erfolgt.

## 2. Fachinformationssystem Holzbau-GIS



Die Projektpartner der Ruhr-Universität Bochum<sup>1</sup> hatten die Aufgabe der Konzept- und Modellentwicklung zur Berechnung der potenziellen THG-Minderungen und Kohlenstoffspeicherung für Sanierung und Neubau durch die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Baustoffen. Das Unternehmen Disy Informationssysteme GmbH<sup>2</sup> hatte die Aufgabe, die allgemeinen wissenschaftlich-technischen und methodischen Erkenntnisse und Entwicklungen der Projektpartner in einen lauffähigen Softwareprototyp mit konkreten Daten umzusetzen, zu demonstrieren sowie den Testanwendern zugänglich zu machen.

Im ersten Schritt wurden vielfältige Sach- und Geobasisdaten mit Bezug zum Holzbau harmonisiert und in einer Datenbank gespeichert. Dafür wurden landesweite sowie kommunale verfügbare Geobasisdaten recherchiert, aufbereitet und strukturiert in einer Geodatenbank abgelegt, wobei auf die Übertragbarkeit der Methode auf weitere Städte und Kommunen Wert gelegt wurde. Neben der Aufbereitung der Geodaten erfolgte eine Qualitätssicherung ausgewählter Geobasisdaten mit Aussagen zu Ungenauigkeiten. Die Anforderungen an die Datengrundlage zur Darstellung regionaler Potenziale wurden formuliert, in enger Zusammenarbeit mit der Beispielkommune Stadt Menden (Sauerland) diskutiert und umgesetzt. Über diese Datenbasis wird ein anwendungsspezifisches Fachinformationssystem, das «Holzbau-GIS» definiert. Mit Hilfe des Web-Tools können nutzerdefinierte Datensichten,

<sup>1</sup> Kontakt RUB: Annette Hafner, [annette.hafner@rub.de](mailto:annette.hafner@rub.de), Tel: 0234/32-21413

<sup>2</sup> Kontakt Disy: Andreas Abecker, [andreas.abecker@disy.net](mailto:andreas.abecker@disy.net), Tel: 0721/16006-256

Auswertungen und Analysen in Form von Szenarien realisiert werden. Das «Holzbau-GIS», ermöglicht auf Basis von detaillierten Karten die Abschätzung von THG-Minderungen durch Neubau und Sanierung mit Holz, sowie werden die regional vorhandenen Holzressourcen im Modell darstellt.

## 2.1. Basisdaten

Unter dem Begriff der Basisdaten werden im Web-Tool «Holzbau-GIS» u.a. Kartenthemen mit allgemeinen Angaben zum Gebäudebestand der Beispielkommune Stadt Menden (Sauerland) geführt. Diese Informationen beinhalten Angaben zur Gebäudenutzung, Dachform oder Gebäudetyp und Baualtersklasse.

Ebenfalls können durch die angeführten Basisdaten Aussagen zur ökologisch orientierten Raum- und Bauleitplanung getroffen werden. Dafür liegen, ebenfalls als Kartenthemen, der Flächennutzungsplan, Regionalplan, sowie die Bebauungspläne der Stadt vor. Zusätzlich sind die Information zu Denkmalschutz und Eigentümerverhältnisse den Geodaten hinterlegt. Abbildung 1 zeigt ein Kartenthema der Bauleitplanung und stellt die Lage der Bebauungspläne dar. Mit Anwählen eines bestimmten Plans öffnet sich ein Pop-Up Fenster mit weiteren Informationen inkl. Link zur zugehörigen PDF.

Unter dem Begriff der ökologischen Fachplanung führen die Basisdaten umfangreiche Kartenthemen zu Naturschutzgebieten, dem Waldbestand, Hochwassergefahren, sowie Starkregenereignissen oder Biotopen. Daraus ergibt sich ein ganzheitlicher Basisdatenbestand, welcher bei der Findung von Neubau-/Sanierungspotenzialen unterstützen kann.

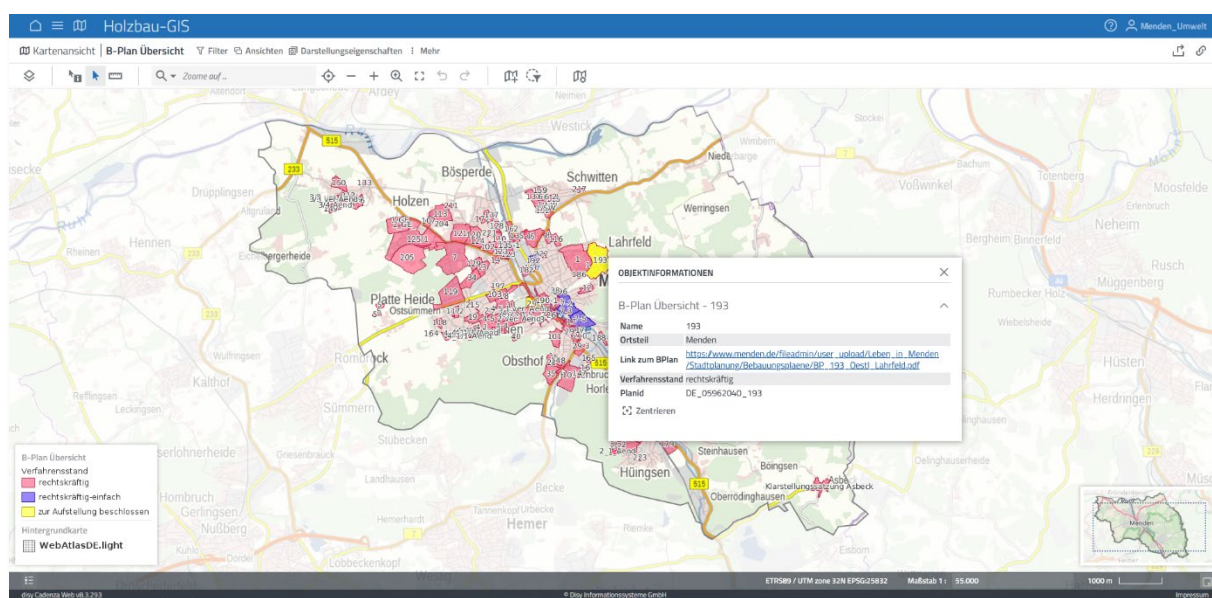


Abbildung 1: Kartenthema des Web-Tools «Holzbau-GIS» - Bauleitplanung [5]

## 2.2. Neubau

Mit Hilfe einer Sachdatengrundlage, in Form von Ökobilanzergebnissen der Forschungsprojekte «THG-Holzbau» [8, 9] und «HolzImBauDat» [10, 11] kann das Neubaupotenzial für verschiedene Gebäudetypen berechnet werden. Das Neubaupotenzial definiert sich über die THG-Minderungen, die erzielt werden, sollte ein äquivalenter Neubau als Holzbau ausgebildet werden, anstatt als konventioneller Bau. Durch die genannten Forschungsprojekte können Aussagen für die Gebäudetypen Einfamilienhäuser oder Mehrfamilienhäuser (Wohngebäude) und landwirtschaftliche Gebäude oder nichtlandwirtschaftliche Gebäude oder Büro- und Verwaltungsgebäude oder sonstige Nichtwohngebäude (Nichtwohngebäude) getroffen werden.

Um Aussagen zu Umweltauswirkungen zu diesen Gebäudetypen in Bezug zur Beispielkommune anstellen zu können, müssen bereits konkrete Vorplanungen erfolgen. Die benötigten Angaben sind allerdings für zukünftige Neubauten in der Regel noch nicht verfügbar. Daher wurde eine Methodik erarbeitet, um durchschnittliche Neubaupotenziale anhand von

Bebauungsplänen zu ermitteln und auf die Beispielkommune beziehen zu können. Um diese Methodik zu verdeutlichen, wurden Fallstudien aufgestellt. Das Vorgehen wird in [5] im Detail beschrieben.

Neben Kartenthemen können auch Dashboard-Ansichten im Web-Tool «Holzbau-GIS» angefertigt werden. Abbildung 2 zeigt eine entsprechende Dashboard-Ansicht zu den Fallstudien der Neubaupotenziale. Das Dashboard enthält eine Karte mit ausgewählten Bebauungsplänen. Das linke Diagramm zeigt die THG-Emissionen je nach Gebäudetyp und Bauweise. Die Differenzen der THG-Emissionen der einzelnen Gebäudetypen im Vergleich stellen die THG-Minderungen dar. Das mittlere Diagramm zeigt zudem den temporären Kohlenstoffspeicher, ebenfalls unterschieden je nach Gebäudetyp und Bauweise.

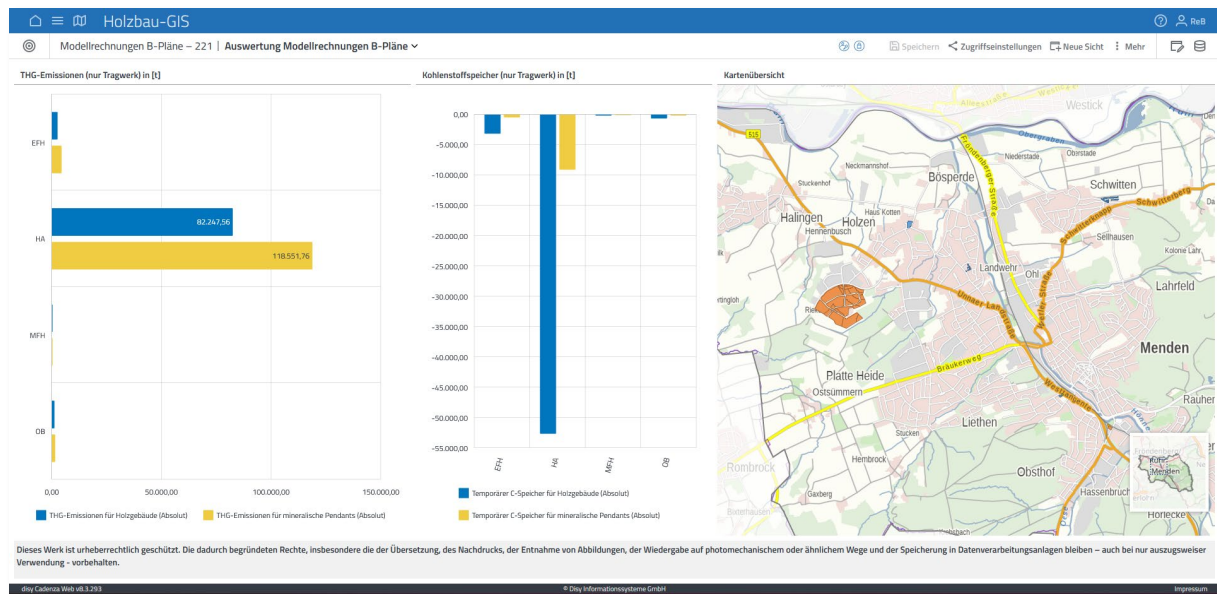


Abbildung 2: Dashboard des Web-Tools «Holzbau-GIS» - Neubau [5]

## 2.3. Sanierung

Für das Sanierungspotenzial können für Bestandsgebäude sowohl auf betrieblicher als auch stofflicher Ebene Aussagen getroffen werden. Alle drei Ebenen der Ergebnisse, 1. THG-Emissionen (betrieblich / stofflich), 2. THG-Minderungspotenziale (betrieblich / stofflich) und 3. temporärer Kohlenstoffspeicher, können nebeneinander gebäudescharf dargestellt, aber nicht miteinander verrechnet werden. [5]

Als Datengrundlage wurden zum einen Sachdaten als auch Geodaten verwendet. Die Sachdatengrundlage besteht aus Angaben der deutschen Wohngebäudetypologie des Institut Umwelt und Wohnen GmbH [12] und aus eigenen Ökobilanzergebnissen von darin vorgegebenen Sanierungsmaßnahmen. Für die Sanierungspotenziale war es notwendig, eine neue Methodik für die Ökobilanzierung einzuführen [13]. Mittels Geobasisdaten, die den Wohngebäudebestand beschreiben, wie Gebäudegrundrisse oder 3D-Gebäudemodelle können die Ergebnisse der Sachdatengrundlage in einen regionalen Kontext gesetzt werden und so mit dem Gebäudebestand der Kommune verknüpft werden. Die angeführten Ebenen der Ergebnisse können so für die Wohngebäudetypen Einfamilienhaus, Reihenhaushaus, Mehrfamilienhaus, Großes Mehrfamilienhaus und Hochhaus und für verschiedene Baualtersklassen angeführt werden. Durch die Unterscheidungen in Wohngebäudetyp und Baualtersklassen ergeben sich unterschiedliche hohe Sanierungspotenziale.

Abbildung 3 behandelt die betrieblichen THG-Minderungen, welche durch die energetische Sanierung entstehen. Die Dashboard-Ansicht beinhaltet dazu zwei Diagramme und eine Karte. Das linke Diagramm zeigt die THG-Emissionen vor der Sanierung, nach der Sanierung und die THG-Minderung, jeweils für die unterschiedlichen Wohngebäudetypen. Das zweite Diagramm (oben rechts) zeigt die prozentuale THG-Minderung der betrieblichen Emissionen durch Heizung und Warmwasser pro Wohngebäudetyp auf. Der Karte kann dann die Verortung der verschiedenen Wohngebäudetypen entnommen werden.



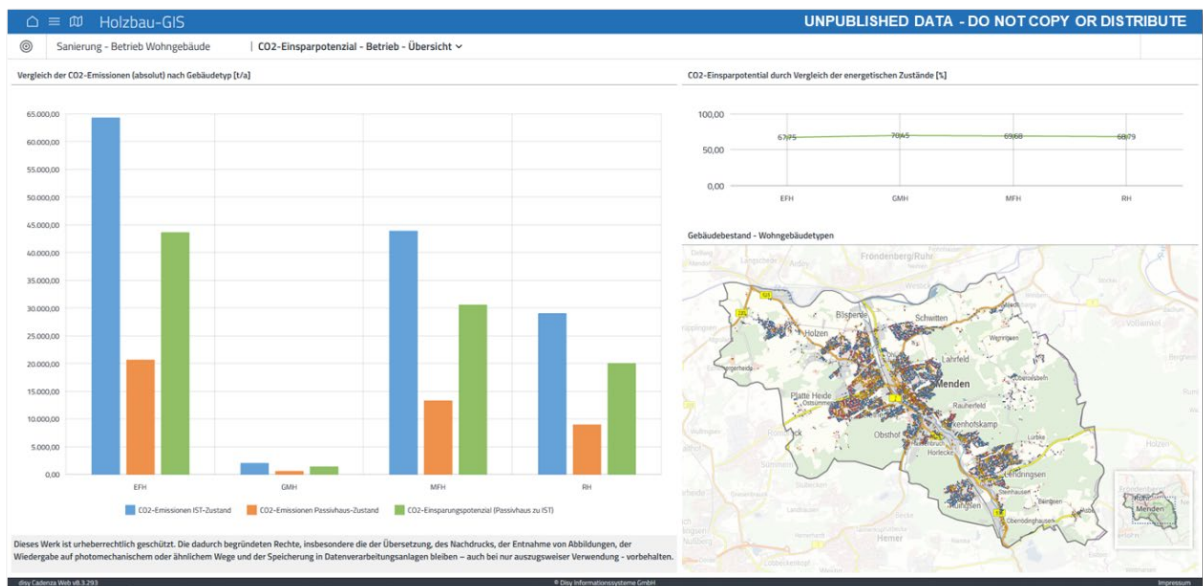


Abbildung 3: Dashboard des Web-Tools «Holzbau-GIS» - Sanierung: betrieblich [5]

Abbildung 4 stellt nun eine Dashboard-Ansicht zum temporären Kohlenstoffspeicher bei Sanierungsmaßnahmen dar. Links beinhaltet diese eine Karte, welche die Teilgebiete der Beispielskommune Stadt Menden (Sauerland) zeigt. Jedes Teilgebiet besitzt zudem ein zugehöriges Kreisdiagramm. Diese zeigen die das jeweilige Teilgebiet die prozentuale Steigerung des Kohlenstoffspeichers, sollten die Wohngebäude nach Passivhausstandard mit nachwachsenden Baustoffen saniert werden. Es werden die gesamten Steigerungen und die Steigerungen je nach Wohngebäudetyp in den Kreisdiagrammen angegeben. Das Diagramm der Dashboard-Ansicht gibt diese Steigerung noch einmal in absoluten Zahlen je nach Teilgebiet und Wohngebäudetyp an.

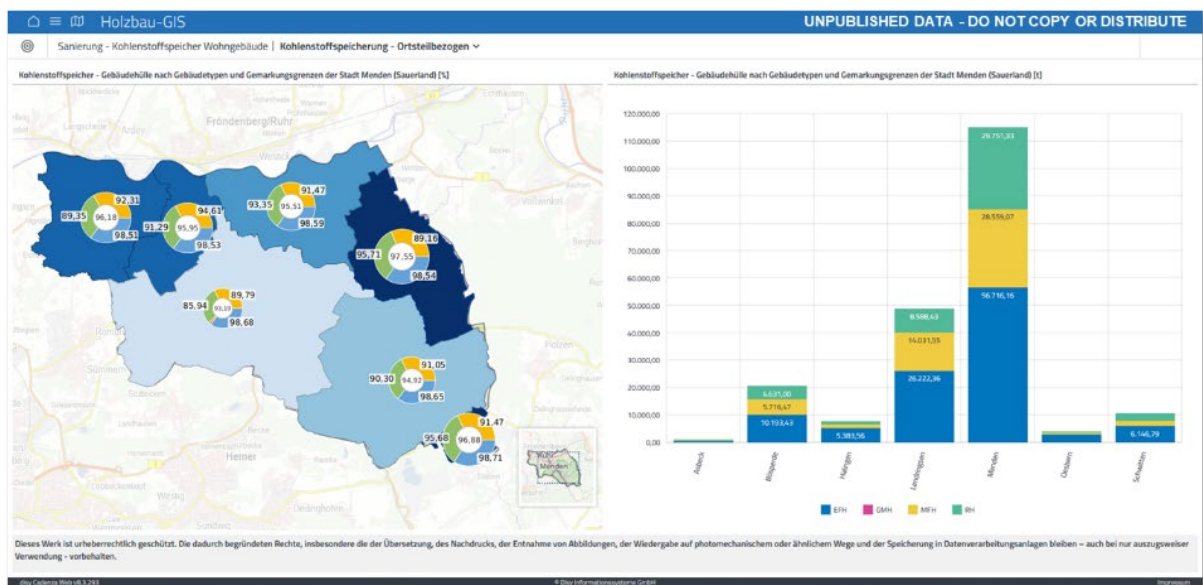


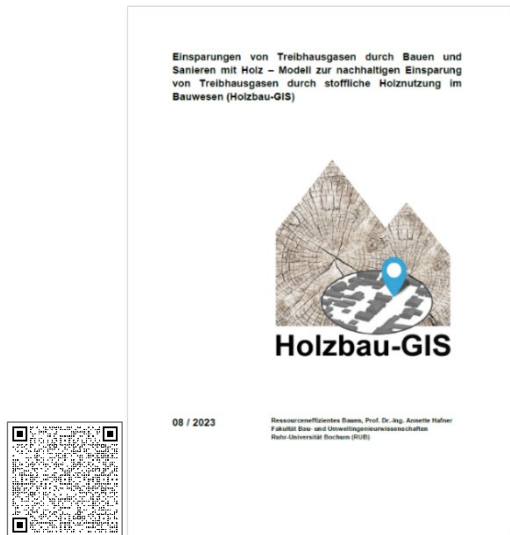
Abbildung 4: Dashboard des Web-Tools «Holzbau-GIS» - Sanierung: stofflich [5]

Aufgrund der Nutzung von nachwachsenden Baumaterialien anstatt mineralischer Baustoffe für die Sanierung, ergeben sich dieses zusätzliche THG-Minderungspotenzial und ein erheblicher temporärer Kohlenstoffspeicher. [5]

Das «Holzbau-GIS» fördert den Kompetenzaufbau, die erhöhte Sichtbarkeit und bessere Vernetzung im Themenfeld des Projektes, also den Einsatz von GIS-basierten Informationssystemen für Lösungen zur Stärkung von Nachhaltigkeit und Klimaschutz, für die Bauplanung, den Holzbau und kommunale Klimaschutzkonzepte.

### 3. Weitere Informationen

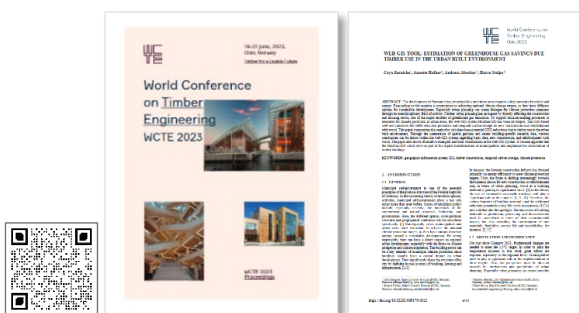
Veröffentlichungen zum Thema des Lehrstuhls Ressourceneffizientes Bauen:



#### Abschlussbericht Forschungsprojekt 2023

Einsparungen von Treibhausgasen durch Bauen und Sanieren mit Holz – Modell zur nachhaltigen Einsparung von Treibhausgasen durch stoffliche Holznutzung im Bauwesen (Holzbau-GIS).

Annette Hafner, Caya Zernicke, Andreas Abecker, Harro Stolpe, Philip Menz



#### World Conference of Timber Engineering 2023

Web-GIS-Tool: Estimation of greenhouse gas savings due timber use in the urban built environment.

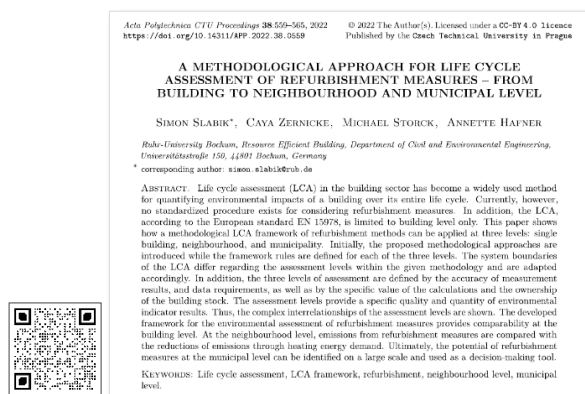
Caya Zernicke, Annette Hafner, u.a.



#### Workshop des GI-Arbeitskreises Umweltinformationssysteme 2022

Ermittlung und Überprüfung der Datengrundlage für das Modell zur Einsparung von Treibhausgasen durch stoffliche Holznutzung im Bauwesen im Holzbau-GIS für die Stadt Menden.

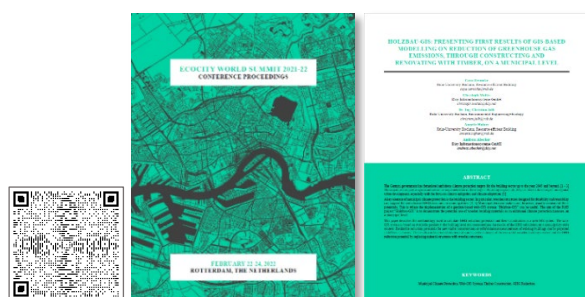
Philip Menz, Christian Jolk, u.a.



## Central Europe towards Sustainable Building 2022

### A Methodological Approach for Life Cycle Assessment of Refurbishment Measures – From Building to Neighbourhood and Municipal Level.

Simon Slabik, Caya Zernicke, u.a.



## Ecocity World Summit 2021

Holzbau-GIS: Presenting first results of GIS-based modelling on reduction of greenhouse gas emissions, through constructing and renovating with timber, on a municipal level.

Caya Zernicke, Christoph Mattes, u.a.

Das Projekt «Holzbau-GIS» wurde im Rahmen des Waldklimafonds mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft unter dem Förderkennzeichen 22WK3131-01/-02 gefördert.

## 4. Literaturverzeichnis

- [1] Rüter S. (2023): Abschätzung von Substitutionspotentialen der Holznutzung und ihre Bedeutung im Kontext der Treibhausgas-Berichterstattung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Working Paper 214, <https://doi.org/10.3220/WP1685603200000>
- [2] Kuittinen M., Zernicke C., Slabik S., Hafner A. (2021): How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options. Architectural Science Review 66, <https://doi.org/10.1080/00038628.2021.1896471>
- [3] Lattke F., Huß W., Schröttle R., Seidel A. (2023): Leitfaden Serielles Sanieren – Modernisierung mit vorgefertigten Elementen in Holztafelbauweise., INFORMATIONSDIENST HOLZ spezial, Informationsverein Holz e.V.
- [4] Schuster S., Geier S. (2022): CircularWOOD – Towards Circularity in Timber Construction in the German Context. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1078, 012030. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7576607>
- [5] Hafner A., Zernicke C., Abecker A., Stolpe H., Menz P. (2023): Einsparungen von Treibhausgasen durch Bauen und Sanieren mit Holz – Modell zur nachhaltigen Einsparung von Treibhausgasen durch stoffliche Holznutzung im Bauwesen (Holzbau-GIS). 100 S. Forschungsprojekt: 22WK3131-01/-02 Waldklimafonds. BMEL/BMU.
- [6] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen – Charta für Holz 2.0. BMEL, 4. Aufl. <https://www.charta-fuer-holz.de/charta-service/mediathek>.
- [7] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2014): DIN EN 16449: 2014: Holz und Holzprodukte - Berechnung des biogenen Kohlenstoffgehalts im Holz und Umrechnung in Kohlenstoffdioxid. Beuth Verlag GmbH.
- [8] Hafner A. et al. (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutions-faktoren (THG-Holzbau) [Forschungsprojekt: 28W-B-3-054-01], Waldklimafonds, BMEL/BMUB.
- [9] Hafner A., Schäfer S. (2017): Comparative LCA study of different timber and mineral buildings and calculation method for substitution factors on building level. Journal of Cleaner Production 167, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.203>
- [10] Hafner A., Özdemir Ö. (2020): HolzimBauDat: Datenbasis zur Bewertung einer Nachhaltigen und Effizienten Holzverwendung im deutschen Bausektor – Critical review – Bericht zum AP1 [Forschungsprojekt: 22028516], FNR, BMEL.
- [11] Hafner A., Özdemir Ö. (2022): Comparative LCA study of wood and mineral non-residential buildings in Germany and related substitution potential. European Journal of Wood & Wood Products, <https://doi.org/10.1007/s00107-022-01888-2>
- [12] Loga T. et al. (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. 2. Aufl., IWU
- [13] Slabik S. et al. (2022): A Methodological Approach for Life Cycle Assessment of Refurbishment Measures – From Building to Neighbourhood and Municipal Level in: Acta Polytechnica CTU Proceedings 38, <https://doi.org/10.14311/APP.2022.38.0559>

# CO<sub>2</sub> Potenziale und Entscheidungsgrundlagen in frühen Leistungsphasen

Hanns-Jochen Weyland  
Störmer Murphy and partners  
Hamburg, Deutschland





# CO<sub>2</sub> Potenziale und Entscheidungsgrundlagen in frühen Leistungsphasen

## 1. Prolog

«Und, was hast du für den Umweltschutz getan?»

Die Motivation dem Klimawandel entgegenzuwirken, liegt zuallererst in uns selbst. Beruflich bedingt die große Chance zu haben, auf weitreichenderer Ebene für einen besseren Umweltschutz agieren zu können, ist, so gesehen, eine Pflicht, der wir selbstverständlich nachkommen.

Als eine Gemeinschaft aus verschiedenen Bereichen der Baubranche haben wir festgestellt, dass wir vor einer Herausforderung stehen: wie können wir bereits zu Beginn einer Planung, sowohl effizient als auch mit dem kleinstmöglichen Aufwand, Annahmen und Entscheidungen treffen, für eine Variante des Bauwerks, die den ermittelten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck mitberücksichtigt? Unsere Mission war es, sich den Anforderungen zu stellen, die heute und künftig an ein Bauwerk gestellt werden. Nachhaltiges Bauen und die Auseinandersetzung damit wird in Bezug auf den Klimaschutz immer bedeutender. Die Entwicklung eines Tools, das in den ersten Leistungsphasen genutzt werden kann und dabei hilft, Potentiale im Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Einsparungen des Bauwerks zu erkennen, ohne dass dabei ein Mehraufwand für die Projektbeteiligten entsteht, war unser Ziel.

## 2. Lage

Um Klimaziele einzuhalten und Energiekosten zu reduzieren, müssen Architekturprojekte immer nachhaltiger geplant werden. Die aktuelle Lage für den Klimaschutz bedingt, dass das Interesse an nachhaltigem Bau in der Immobilienbranche immer größer wird. So ist es beispielsweise für Bauherren, da sie den CRREM-Pfad einhalten müssen, mittlerweile nahezu unumgänglich, nachzuweisen, dass das Bauwerk nachhaltig sein wird. Die Anforderungen, die heutzutage an ein Gebäude und demnach an alle Projektbeteiligten gestellt werden, sind immens. Effizienz und Prozessoptimierung in der Planung sind demnach wichtiger denn je. BIM betrachten wir hierbei einerseits als Problem, da die immer weiter höher gesetzten Standards genau das Gegenteilige erzielen: die Arbeitsbelastung wird immer größer. Andererseits steckt hierin genau die Chance, indem BIM uns dabei behilflich sein könnte, nachhaltiger zu planen und zu bauen. Mit unserer Affinität zu nachhaltiger Architektur, möchten wir BIM als Mittel für einen besseren Umweltschutz nutzen. Unsere Analysen zeigen, dass bisher am Markt vorhandene Softwarelösungen zu kleinteilig sind. Berechnungen des CO<sub>2</sub>-Footprints können in der Regel erst in späteren Leistungsphasen stattfinden, wenn Änderungen an der Planung jedoch unverhältnismäßig groß sind. Oder man wäre andersherum gezwungen, zu früh im Prozess Annahmen zu treffen, was einen zusätzlichen Arbeitsaufwand bedeutete. Auf diese Weise werden vorhandene gut laufende Prozesse gestört.

## 3. Herausforderung

Aus diesen Gegebenheiten entstand für uns das Ziel, ein Werkzeug zu entwickeln für die Analyse eines Bauwerks im Hinblick auf dessen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ein Tool, das zum einen bereits in den frühen Leistungsphasen eingesetzt werden kann und verlässliche Entscheidungsgrundlagen liefert, ohne dabei einen gut etablierten Workflow zu stören. Zum anderen soll es dabei helfen, die richtigen Entscheidungen zur richtigen Zeit zu treffen, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Bauwerks zu minimieren.

## 4. Lösung

Mit unserem eCO<sub>2</sub>, dass die Planung im Hinblick auf Nachhaltigkeit unterstützt, haben wir genau dieses Ziel erreicht: anhand von Gebäudemodellen lassen sich mithilfe des Tools bereits im Wettbewerb, und selbstverständlich auch darüber hinaus, die CO<sub>2</sub>-Bilanzen von



alternativen Konstruktionsarten miteinander vergleichen. Aus einer strukturierten Planung werden ohne zusätzliche Arbeitsschritte konkrete Kennwerte von unterschiedlichen Konstruktionsarten und Materialeinsätzen verglichen. Parallel hierzu laufen die Abfragen stets mit der Betrachtung der jeweiligen Kosten, da eine losgelöste Betrachtung nicht zielführend wäre. Somit dient unsere Lösung als Entscheidungsgrundlage für eine der vorhandenen Varianten im weiteren Planungsverlauf. Wir können mit eCO<sub>2</sub> nicht nur vermuten, sondern klar veranschaulichen, wo die größten CO<sub>2</sub>-Einsparungen mit einem geringen Kostenmehraufwand möglich sind. Dies stellt eine bisher nie dagewesene schnelle und fundierte Basis für Bauherren und Architekten und ermöglicht es, gleichermaßen effizient und nachhaltig zu wirtschaften. Der Gesamtprozess in der Planung wird unterstützt, in dem die Möglichkeiten und Chancen in den ersten Leistungsphasen aufgezeigt werden. Die Arbeit erfolgt sowohl mit exakten als auch mit geschätzten Teilen. Änderungen im späteren Planungsverlauf werden somit minimiert, was wiederum die Effizienz steigert. Es ist ein Mehrwert für alle Projektbeteiligten, ohne einen zusätzlichen Aufwand für die Planer.

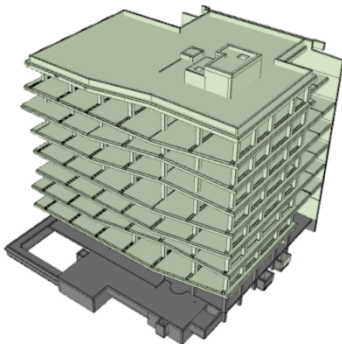
## 5. Abbildungen

Alle Abbildungen stammen aus dem Userinterface des eCO<sub>2</sub>

### Übersicht Projektdaten

Für die Auswertung und die Vergleichbarkeit der Daten, gibt es unterschiedliche Werte die auf diese Seite erläutert und berechnet werden

Projekt: 516



← Start

**Projektdaten:**

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Nutzfläche [m <sup>2</sup> ] | 6.237 |
| BGF [m <sup>2</sup> ]        | 8.429 |
| BGF ui/oi Verhältnis         | 5,1   |
| Betrachtungszeitraum [a]     | 50    |

**Kennwerte:**

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| DGNB-Durchschnitt [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a] | 8,5       |
| DGNB-Durchschnitt [kg CO <sub>2</sub> ]                  | 2,65 Mio. |
| Projekt-Zielwert [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> a]  | 8,5       |
| Anteil - Fassade/Ausbau [%]                              | 47,0      |

**Varianten:**

- 1) Stahlbeton (Benchmark)
- 2) CREE-System
- 3) Holzbetonverbund-Decken
- 4) Projektspezifisch

Beschreibung ?

Variantenübersicht →

### Beschreibung des Prozesses und die Variante im Detail

Erläuterung des Auswertungsprozesses und Beschreibung der Varianten

**Beschreibung:**

Es werden 4 Varianten nach ihrem CO<sub>2</sub>-Verbrauch (graue Energie) und wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht. Dieses System wird am Anfang des Planungsprozesses eingesetzt und betrachtet den Rohbau. Für die Fassade und den Ausbau wird der gleiche Wert für alle Varianten über eine Hochrechnung ermittelt. Dieser Wert (Fassaden-Ausbau-Faktor) wird über die Außenwandfläche im Verhältnis zur Geschossdeckenfläche ermittelt. Bei der Variantenbetrachtung werden nur die Geschosse über dem UG (EG) betrachtet, da nur diese in ihrer Ausführung flexibel sind.

Die Berechnung orientiert sich den Vorgaben der DGNB (Systemversion 2018) für das vereinfachte Verfahren, d.h. die ermittelten Werte werden mit einem Sicherheitsaufschlag von 20% versehen.

**Variable:**

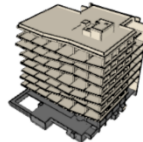
| Variant 1                                             | Variant 2                                            | Variant 3                                            | Variant 4                                    |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 330 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... | 330 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. B... | 330 binderholz Brettstichholz BSH                    | 330 binderholz Brettstich BSH                |
| 340 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... | 340 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. B... | 340 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. B... | 340 Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37 |
| 350 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... | 350 CREE                                             | 350 HBV (14 cm Holz und 10 cm Beton)                 | 350 Brettsperrholz 12cm + STB 12 cm          |
| 360 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... | 360 CREE                                             | 360 Brettsperrholz                                   | 360 Brettsperrholz 12cm + STB 8 cm           |

← Start

**Fix:** Bauteile der UGs und des EGs werden in allen Varianten als STB-Konstruktion betrachtet werden in der Variantenbetrachtung nicht berücksichtigt.

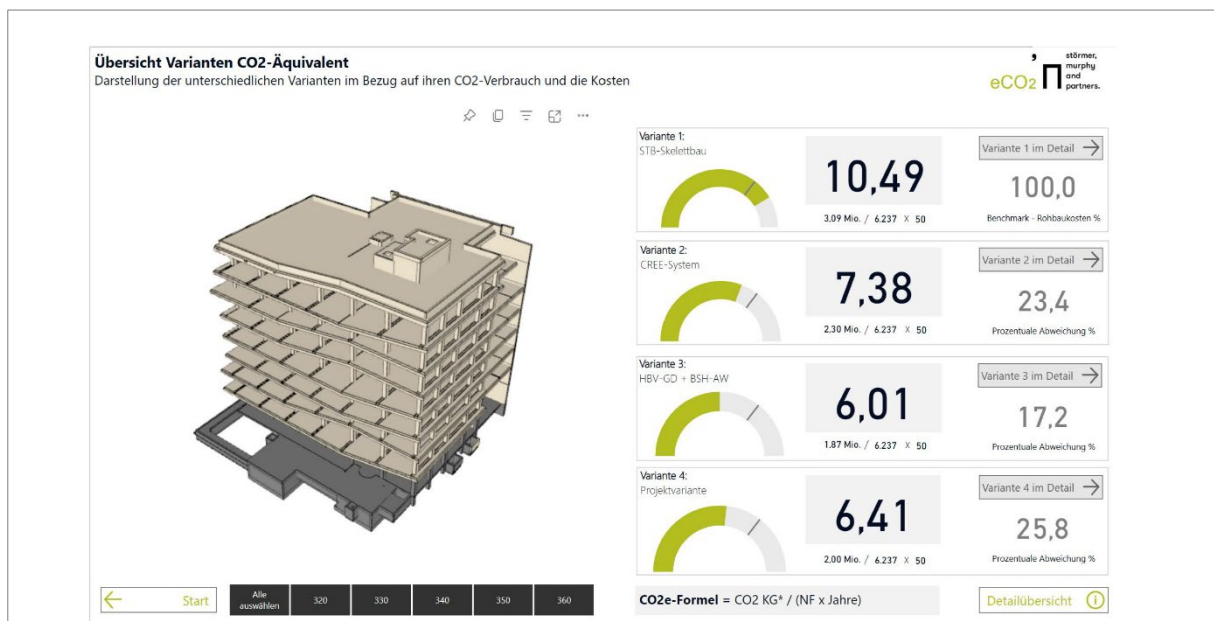
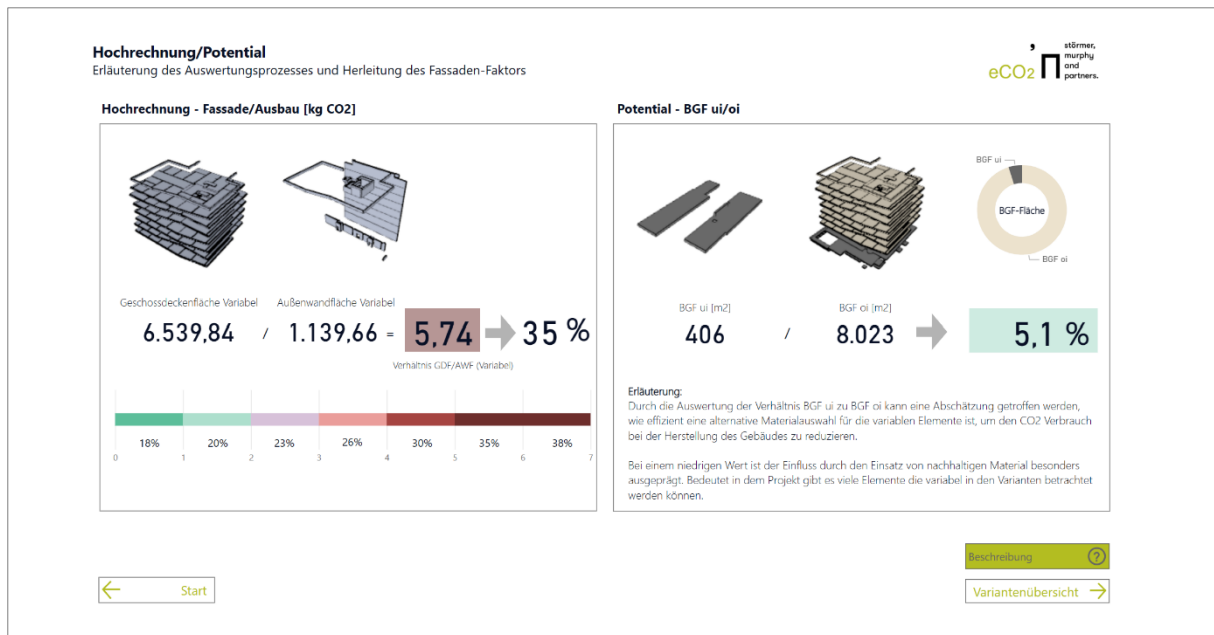
**Variante Fix**

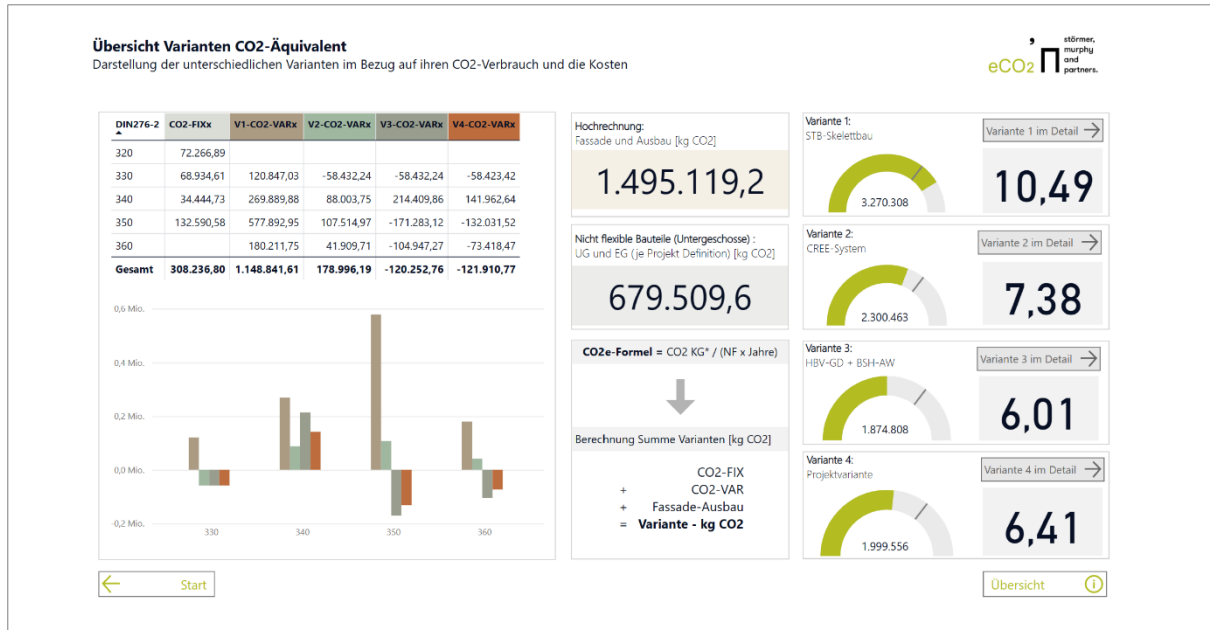
|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| 320 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... |
| 330 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... |
| 340 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... |
| 350 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... |
| 360 Beton Druckfestigkeitsklasse C30/37 - 2Pro. BE... |



Hochrechnung ?

Variantenübersicht →





## 6. Projektbeteiligte

Störmer Murphy and Partners GbR  
Hanns-Jochen Weyland M. SC. ETH, Architekt  
Michaelisbrücke 1, 20459 Hamburg  
@: h.veyland@stoermer-partner.de

DIEfabrik Architekten BDA  
Jakob Melchert, M.A. Architekt BDA  
Nils Klatte, M.A. Architekt BDA  
Marienstraße 16, 26121 Oldenburg  
Tel.: 0441 40 57 34 10  
@: info@diefab.de / j.melchert@diefab.de

Jim Bögershausen  
Markt 22, 49074 Osnabrück  
@: hello@jboegershausen.det

# **Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach (50% Recyclinganteil)**

Robert Lotz  
Nassauische Heimstätte Wohnstadt GmbH  
Frankfurt am Main, Deutschland





# Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach (50% Recyclinganteil)

## 1. Recycling-Aufstockung in der Umsetzung

### 1.1. Einleitung

«Die Industrie gibt oft hohe Verwertungsquoten an. Qualitätserhaltende Kreisläufe werden beim Baustoffrecycling aber nur selten erreicht». Solche oder ähnliche Aussagen beschäftigen Robert Lotz -Fachbereichsleiter für Modernisierung und Instandsetzung der Nassauischen Heimstätte Wohnstadt (NHW) seit 2019 intensiv und endeten in der Überzeugung «... da muss sich was ändern!»

Was als Konzept in 2019/2020 begann, wurde 2021 in Kelsterbach Realität. Hier entstanden parallel zu zwei Voll-Modernisierungen zwei Aufstockungen in der Gebäudeklasse 4 mit insgesamt 4 Wohnungen. Das Besondere ist, dass über 50% der Baumaterialien recycelt sind – und zum großen Teil aus den Rückbaumaßnahmen der NHW selbst stammen – echtes Recycling!

Dachsparren werden zu Wänden, Balkonbrüstungen zu Fassadenverkleidungen, alte Türen aus Modernisierungsvorhaben werden überarbeitet und wieder eingebaut, bis hin zur Dachabdichtung eines renommierten Herstellers, die bereits 15 Jahre verbaut und – gesäubert – wieder verlegt wurde.

Wie hierbei vorgegangen wurde, soll hier in den unterschiedlichen Phasen erläutert werden.

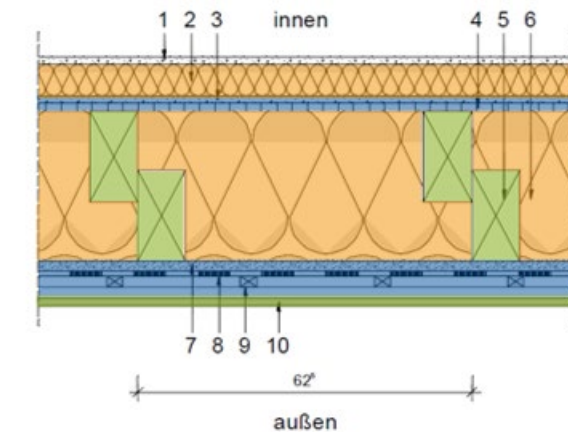
### 1.2. Planung

Ein Recyclingbau ist kein linearer Planungsablauf, sondern vielmehr ein iterativer Prozess. Das Bauteil, was verfügbar ist, wird eingeplant, kann sich aber im weiteren Prozess als nicht geeignet erweisen und wird durch ein anderes ersetzt. So ändern sich Grundrisse, verschieben sich Öffnungen und Fenstergrößen, Fassaden erhalten andere Oberflächen oder Bodenaufbauten werden höher. Was an Recycling-Produkten eingesetzt wird, hat die NHW in 3 (Recycling-) Kategorien geclustert.

a. «Grünes» Recyclingmaterial – wie z. B. alte Dachsparren eines vorhergehenden Dachabbruchs, die nach der Schadstoff-Untersuchung als Ständer in den neuen Holzrahmenbauwänden wieder eingesetzt werden.

Ebenfalls zur grünen Kategorie gehören z. B. die HPL-Platten (high pressure laminate) von alten Balkonbrüstungen, die aufgearbeitet und beschichtet als Fassadenplatten wieder zum Einsatz kommen.

b. «Orangene» Recycling-Komponenten werden zugekauft und sind Produkte mit bauaufsichtlicher Zulassung. Dies können Zellulose-Einblas-Dämmstoffe sein oder auch OSB-Platten, wie sie im Holzrahmenbau häufig verwendet werden. Exemplarisch hier der Wandaufbau der Außenwand mit den unterschiedlichen Farben.



Aufbau Außenwand gem. Bauteilkatalog

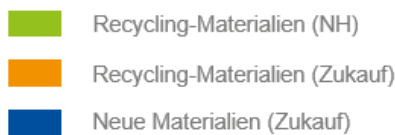


Abbildung 1: Wandaufbau aus verschiedenen Komponenten

Final ergänzt und fertig gestellt wird der Bau mit neuen «blauen» Komponenten, die schlichtweg aus Sicherheitsgründen sinnvoll und notwendig sind (Brandschutztüren, HLS-Installation, ...).

## Recycling-Anteile der Aufstockung

Gliederung an exemplarisch sechs Gewerken

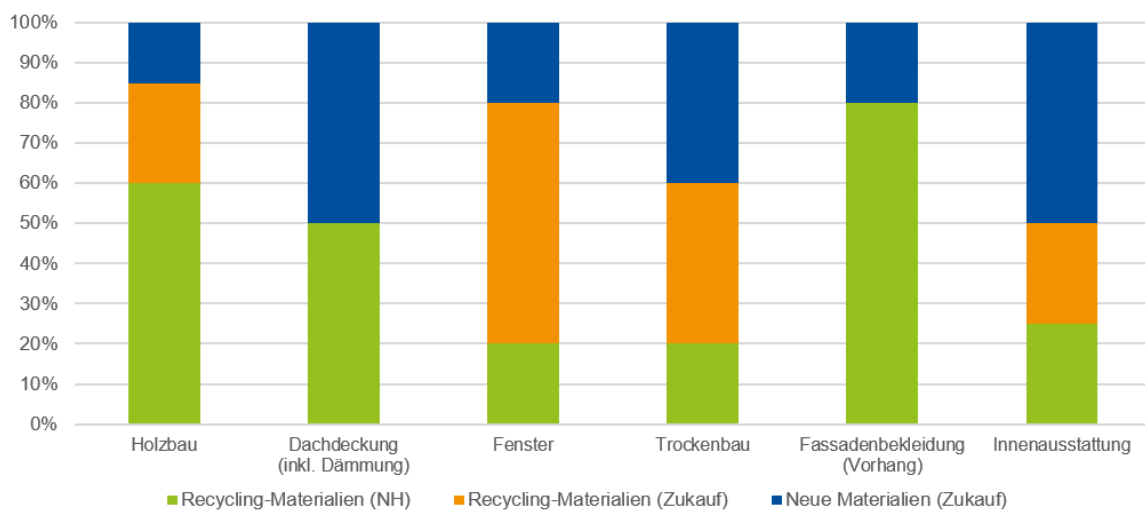


Abbildung 2: Recycling-Anteile der Aufstockung in Bauteilen

### 1.3. Fachingenieure, Sachverständige & rechtliche Situation

Ohne versierte Fachingenieure, Sachverständige und Firmen, die sowohl den Charakter des Projektes mit tragen, als auch die notwendigen Nachweise und Bescheinigungen erstellen, ist eine Umsetzung zur Zeit nur unter erschwerten Bedingungen möglich.

Im Falle der Recycling-Aufstockung (RA) konnten alle notwendigen Unterlagen erstellt und mögliche rechtliche «Grauzonen» thematisiert, besprochen und Risiken minimiert werden.

Unterstützung erfährt man hierbei auch durch aktuelle rechtliche Entwicklungen.

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) oder die EU-Taxonomie-Verordnung befürworten dieses Vorgehen, indem sie Ressourcen aus dem Abfallrecht herausnehmen.



Explizit wird hierbei auf den fehlenden «Wille zur Entledigung...» verwiesen, die Möglichkeit, Stoffe & Erzeugnisse für den «... ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke ...» aufzubereiten – oder sogar gefordert, dass «... Produkte, Materialien ... in der Wirtschaft so lange wie möglich erhalten bleiben» müssen.

### 1.4. Qualität der verwendeten Produkte

Viele Bedenken werden bezüglich «gebrauchter Materialien» geäußert. Das betrifft Schadstoffe, die Haltbarkeit und natürlich die Optik.

Im Zuge der Konzeption zur RA wurden alle kritischsten Materialien untersucht. Die Sparren auf schädlichen Holzschutz hin (PCB, Lindan sowie Arsen, Cadmium, ...), die Fassadenplatten darüber hinaus auf Asbest. Alle kritischen Werte lagen unter der Bemessungsgrenze (u.d.B.) – oder waren gar nicht, nicht mehr oder in Kleinstmengen vorhanden.

Andere Materialien wurden schlichtweg gesäubert, wie die Dachfolien oder die Elektro-schalterabdeckungen, die einfach in der Geschirrspülmaschine gereinigt wurden.

|                           |                                              |          |          |               |
|---------------------------|----------------------------------------------|----------|----------|---------------|
| <b>Probenbezeichnung:</b> | <b>FC51659.1 M1 / Dachstuhlstrich / Dach</b> |          |          |               |
| <b>Probenahmedatum:</b>   | <b>25.06.2019</b>                            |          |          |               |
| <b>Labornummer:</b>       | <b>1940686-001</b>                           |          |          |               |
| <b>Material:</b>          | <b>Feststoff, Gesamtfraktion</b>             |          |          |               |
|                           | Gehalt                                       | Einheit  | Best.gr. | Verfahren     |
| Trockenrückstand          | 100                                          | %        |          | DIN EN 14346  |
| Lindan                    | u.d.B.                                       | mg/kg TS | 0,1      | DIN ISO 10382 |
| PCP                       | u.d.B.                                       | mg/kg TS | 1        | DIN ISO 14154 |

Abbildung 3: Auszug aus Schadstoffuntersuchung

Bei der Haltbarkeit ist man viel auf die Aussagen, Untersuchungen und Einschätzung der Firmen oder der herstellenden Industrie angewiesen. Erstaunlicherweise stößt man aber auch hier auf Zustimmung und Interesse.

Der Dachfolienhersteller verwies bei seinem Material (Kunststoffabdichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen) auf interne Untersuchungen zur Haltbarkeit, die weit über den normalen Garantierahmen hinaus (20–30 Jahre) die Dichtigkeit bestätigen.

Auch der Hersteller der Fassadenplatten – wollte zwar die Haltbarkeit nicht schriftlich bestätigen – äußerte aber keine Bedenken bei fachgerechter Montage und verwies auf die aktuell gültigen Montageregeln.

Auch bei der Optik können insbesondere hochwertige Stoffe nach der Überarbeitung in «neuem Glanz erstrahlen» – wie die Abbildungen der HPL-Platten zeigt.



Abbildung 4: Zustände HPL-Platten – links nach rechts – Rückbauzustand, geschliffen und neu beschichtet

### 1.5. Ausschreibung & Vergabe

Um diese Vorgehensweise zukunftsfähig zu machen, müssen auch marktgerechte Preise erzielt werden. Das Problem – viele Materialien stehen nur einmal und zumeist nur einem Bieter zur Verfügung. Wie lassen sich diese Informationen einem breiteren Bieterfeld zugänglich machen?

Die NHW sammelte hier zu jedem Produkt die Daten der Aufbereitung – Abtransport vom Rückbauort, Lagerung, Aufbereitung, Rücktransport zur neuen Baustelle und Montage. Diese Werte fließen in die Ausschreibungstexte als Kalkulationshilfe mit ein.

Der interessierte Bieter kann so den Arbeitsaufwand mit seinen Einschätzungen abgleichen und – so die Theorie – einen EP abgeben, welcher den realen Aufwand widerspiegelt.

| Überprüfung des Materials (Tauglichkeit/Schadstoffe/Brandschutz)  |              |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| Prüfung des Materials                                             |              | Menge    | Einheit  | EP       | GP       |
| Schadstoffgutachten                                               |              |          |          |          | -        |
| Aufwand Statiker - f. Bemessung Tragfähigkeit, Verwendbarkeit...) |              |          |          |          | -        |
| Einschätzung Brandschutz - (alte Produktdatenblätter...)          |              |          |          |          | -        |
| Einschätzung des Hersteller (falls noch ermittelbar)              |              |          |          |          | -        |
| Überlegung zur grundsätzl. Verwendbarkeit - oder Zu- / Neukauf    |              |          |          |          | -        |
| Demontagarbeiten / Transport / Lagerung / Transport               |              |          |          |          |          |
| Demontage/Transport/Lagerung                                      |              | Menge    | Einheit  | EP       | GP       |
| Rückbau des Materials (evtl. Kosten aus anderem BV)               |              |          |          |          | -        |
| Zwischenlagerung des Materials (Regiestunden)                     |              |          |          |          | -        |
| Sortieraufwand und Bereitstellung zum Versand                     |              | 8,00     | h        | 65,00€/h | 520,00 € |
| Abtransport des Material (nach Regie oder Angebot)                |              | 1,00     | psch.    | 500,00   | 500,00 € |
| Lagerkosten für unbearbeitetes / bearbeitetes Material            |              |          |          |          | -        |
| Massenermittlung                                                  | Beschreibung | Faktor 1 | Faktor 2 | Faktor 3 | Ergebnis |
|                                                                   |              |          | 1,00     | 1,00     | -        |
|                                                                   |              |          | 1,00     | 1,00     | -        |
|                                                                   |              |          | 1,00     | 1,00     | -        |

Abbildung 5: Zwischenstand Aufwandserfassung für Aufbereitung und Transport

Bei der RA wurde das Projekt in einem «kooperativen Vergabeverfahren» vergeben. Hierzu wurden eng mit einem ausgewählten Bieterkreis Gespräche über Machbarkeit, Aufwand und Kosten geführt. Diese Kosten wurden mit aktuellen, artverwandten Tätigkeiten abgeglichen und nach Einigung beauftragt.

## 1.6. Bauphase – exemplarisch Bauteil Wand, Dach und Fassade

Rahmenbauwand: In der eigentlichen Umsetzung unterscheidet sich eine Recycling-Aufstockung kaum von einer Aufstockung mit neuen Materialien.

Der Vorfertigungsgrad der Wände ist identisch – nur dass die recycelten Materialien (hier Holz) dem Auftragnehmer im Vorfeld zu zuführen sind. Dies kann zusätzliche Kosten verursachen, worin auch ein Kostentreiber dieser Bauweise liegen kann – aber auch ein hohes Einsparpotential, wenn richtig verortet.

Aus den gemachten Erfahrungen ist es sinnvoll, frühzeitig Produkte aus vorausgehenden Baumaßnahmen zu identifizieren und deren Behandlung in dem Leistungsverzeichnis (LV) zu platzieren. So können zusätzliche Transportwege, Lagerkosten und Schäden an den aufbereiteten Produkten vermieden werden.



Abbildung 6: Außenwand mit neuem und recyceltem Holz

**Dachbahn:** Bei der Dachfolie (TPO/FPO) gab es neben der Verfügbarkeit von Material auch Gewährleistungsgründe, neu und alt zu kombinieren.

Die kritischen Bereiche am Dach sind die Anschlüsse an First, Traufe und Ortgang, weshalb in Kelsterbach diese Bereiche mit neuem Material belegt wurden.

Im Vorfeld zur Wiederverwendung des alten Materials wurde seitens des Herstellers der Dachbahn, Untersuchungen zur Langlebigkeit des Materials vorgenommen. Ein renommier-tes Institut für Materialprüfung konnte eine Haltbarkeit der Folie auf mehr als 55 Jahre ermitteln.

Dem Handwerksunternehmen reichte neben seiner eigenen Expertise diese Aussage, um für das Dach die gesamte Gewährleistung zu übernehmen.



Abbildung 7: Dachbahn kombiniert alt / neu

**Fassadenplatten:** Auch bei den HPL-Platten konnte im Rahmen der Vorabstimmungen mit dem Hersteller, Verarbeiter und Fachingenieurbüro ein gangbarer Weg bezüglich Kosten, Montage und Gewährleistung gefunden werden.

Die 8mm HPL-Platten aus den Vorprojekten waren als Balkonbrüstungsplatten an einem Mehrfamilienhaus der Gebäudeklasse 4 in den 90er Jahren verbaut worden. Die neuen Anforderungen waren somit identisch denen der alten Verwendung, nur dass die höheren mechanische Belastbarkeiten nicht mehr erforderlich waren.

Der Hersteller hatte keine Bedenken gegen eine erneute Montage unter der Prämisse, dass die Montagerichtlinien eingehalten werden – auch auf einer Holz-Unterkonstruktion (UK). Hierbei konnte allerdings keine Einigung mit der ausführenden Firma erzielt werden. Dieses bestand auf eine Aluminium-UK, was sich in der Ökobilanzierung als schlecht erwies. Allerdings übernahm der Betrieb die volle Gewährleistung auf seine Ausführung – ohne die Gewährleistung für die reine Materialbeschaffenheit der Platten zu übernehmen. Diese blieb als Restverantwortung bei der NHW.

Bei der Aufbereitung konnten nicht, wie prognostiziert, die gesamten Kosteneinsparpotentiale realisiert werden. Wie bereits erwähnt, wurden in diesem Pilotprojekt Materialien von unterschiedlichen Baustellen zusammengezogen, die verbracht, gelagert, aufbereitet und wieder geliefert werden mussten.

Der Aufbereitungsaufwand der Platten (nach der Schadstoff-Untersuchung) war hier durchaus angemessen und vertretbar. Allerdings mussten aufgrund diverser Gründe die Platten mehrfach umgelagert und verbracht werden, was höhere Kosten verursachte als erwartet.

Um die Wirtschaftlichkeit der Vorhangfassade insgesamt zu überprüfen, wurden Parallelangebote mit neuen HPL-Platten eingeholt.

Diese Vergleichsangebote führten auf Grund hoher Preis-Unsicherheiten während der Corona-Zeit 2021, sowie Zeitverzögerungen durch gestörte Abläufe zu hohen Angebotspreisen, die nicht immer marktgerecht waren.

Trotz dieser Entwicklung und Angebote konnte die Recycling-Bauweise preislich noch überzeugen.

| SZ-Position zzgl. MwSt.                                             |             |                    |            |                 |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| Text                                                                | Pos.        | Gesamt             | MwSt.      | Brutto          |                                                                        |
| Transport Schreinerei B.....                                        | Einzelrech. | 866,78 €           | 164,69 €   | 1.031,47 €      | Transporte zw. FFM / Kelsterbach, da keine Lagerung bei Fa. B. (Umzug) |
| Aufbereit. Schreinerei B.....                                       | Einzelrech. | 12.016,81 €        | 2.283,19 € | 14.300,00 €     | Verhandelter Preis nachträglich!                                       |
| Schlußrechnung Fa. P.....                                           | Gesamtrech. | 33.439,59 €        | 6.353,52 € | 39.793,11 €     | Gesamte Rechnung neu - Alu-Unterkonstruktion!!!                        |
|                                                                     |             |                    |            | 55.124,58 €     | (Preisbereinigung 1.000,- noch nicht erfolgt)                          |
|                                                                     |             | GESAMT             | m²         | Gesamt/m²       |                                                                        |
| <b>Kosten pro m² - Recyclingplatten:</b>                            |             | <b>55.124,58 €</b> | 150,00     | <b>367,50 €</b> |                                                                        |
| Angebot Fa. G..... entspricht:                                      |             | 69.588,00 €        | 150,00     | 463,92 €        |                                                                        |
| Angebot Fa. Sch.....entspricht                                      |             | 58.619,00 €        | 145,00     | 404,27 €        |                                                                        |
| (Angebote unverhandelt, Corona-Preise und nicht leistungsbereinigt) |             |                    |            |                 |                                                                        |

Abbildung 8: Auswertung Aufbereitung HPL-Platten vs. Angebote



Abbildung 9: Fassadenplatten Eckausbildung (Rückseite) mit UK aus Aluminium

## 1.7. Auswertung Nachhaltigkeit und Kosten

Die ökobilanziellen Ergebnisse wurden mit Hilfe des Tools eLCA ([www.bauteileditor.de](http://www.bauteileditor.de)) und basierend auf Daten der Ökobaudat 2020 II ohne Verwendung des Moduls D ermittelt.

Die gebaute Lösung (Recycling) wurde mit einem Referenzmodell gleicher Bauweise und mit ausschließlich neuen Bauprodukten verglichen. Daraus wurden repräsentative Bauteile hinsichtlich des Einsparpotenzials an CO<sub>2</sub> Äquivalent [kg CO<sub>2</sub>-Äqv/m²NGFa] und nicht erneuerbarer Primärenergie [MJ/m²NGFa] betrachtet. Als Restnutzungszeitraum wurden hier 25 Jahre zu Grunde gelegt.

Bei den Kosten wurden reine Materialpreise verwendet. Problematisch hierbei waren die angebotenen Einheitspreise aus den Angeboten, welche immer Material & Lohnkosten, sowie einen Gemeinkostenzuschlag enthielten.



Wo möglich, wurden die reinen Materialpreise erfragt. Wenn diese nicht vorlagen, durch Preise aus einer online-Recherche ergänzt.

Um die Auswertung nicht einseitig und zu Gunsten der Recycling-Bauweise zu verfälschen, wurden hier eher höhere Preise angesetzt – alle Kosten sind Bruttopreise.

Bei der Recycling-Bauweise wurde der Aufwand für den Rückbau, Transport, Aufbereitung und – falls angefallen – für die Lagerung berücksichtigt und auf die entsprechende Größe umgerechnet (z. B. €/m<sup>2</sup>).

Neben den oben bereits genannten drei Produkten (Holz, Dachfolie und Fassadenplatten) wurden darüber hinaus folgende Bauteile analysiert: Innenwände, Innentüren mit Beschlägen, Fensterbänke, Fenster, Elektroschalterabdeckungen, Estrichaufbau (Kork-Schrot + Steinholz-Estrich), Einbauküchen, Vorstellbalkone, Pflasterbeläge, Fahrradbügel, Fundamentreste, Mastleuchten außen und Fallrohre. Alle Materialien – außer Estrich und Vorstellbalkone – stammten aus den eigenen Rückbaumaßnahmen vorangegangener Modernisierungen.

Alle Ergebnisse der Analyse wurden in drei Tabellen und Grafiken dem «Neubau» gegenübergestellt.

Exemplarisch hier der Wandaufbau außen und die Ergebnisse in folgender Reihenfolge:

- Einsparung bei Treibhausgasen
- Primärenergie-Einsparung
- Gesamttabelle mit Kostengegenüberstellung

In der ersten Darstellung – Treibhausgase – sind die verschiedenen Schichten der Wand in zwei Balken dargestellt. Links die Recycling-Bauweise, rechts der Aufbau mit neuen Materialien.

In dem linken Balken fehlen die Holz- und Fassadenmaterialien, da sie mit «0» angesetzt wurden.

Hintergrund hierfür ist zum einen das Vorhandensein des Materials und zum anderen die geringen Emissionen, die im Rahmen des Aufbereitungsprozesses anfielen.

Nach anfänglicher Erfassung aller Zeiten, Transport-Emissionen, Strommengen für Maschinenlaufzeiten etc., stellte sich heraus, dass die CO<sub>2</sub>-Mengen vernachlässigbar gering war – der Aufwand der Analyse jedoch immens. So summierten sich die CO<sub>2</sub>-Werte bei der gesamten Logistik und Aufbereitung der Hölzer für die Wände auf gerade mal 23 kg.

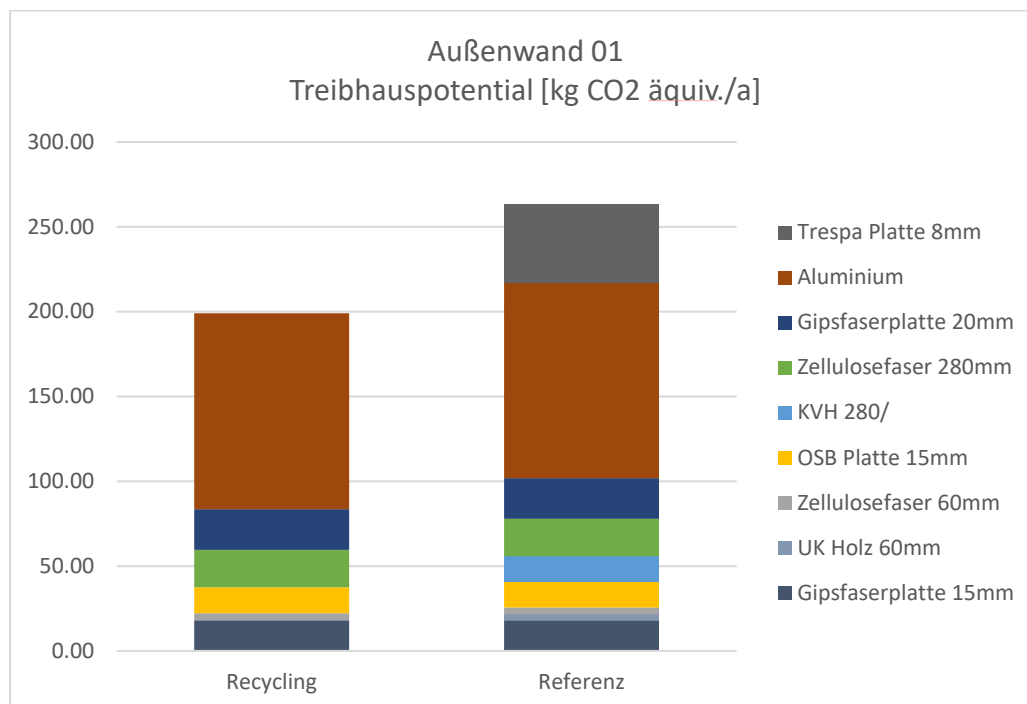


Abbildung 10: Emissionen Recycling vs. Neubau der Außenwand

Gleiche Ergebnisse zeigten sich bei der Primärenergie im unteren Schaubild. Auch hier wird deutlich, dass der zusätzlich erfasste Energieaufwand für der Aufbereitung von Materialien nicht wirklich ins Gewicht fallen würde.

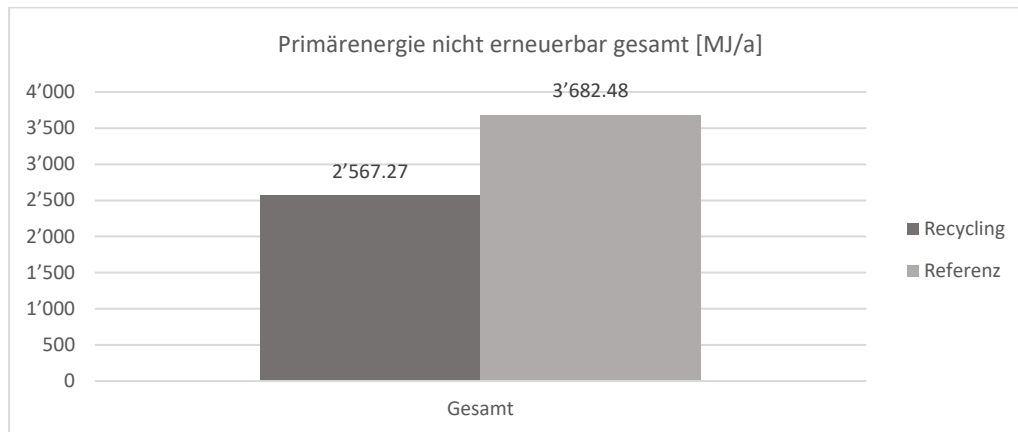


Abbildung 11: Primärenergieaufwand für Recycling (links) und Neubau (rechts)

Preise: Bei den Recherche-Preisen sind die Kosten in beiden Bauweisen immer identisch ausgewiesen. Abweichende Preise wurden nur verwendet, wenn diese verlässlich vorlagen (Angebote) oder vorher umfänglich analysiert und ermittelt werden konnten.

Deutlich wird hier der Aufbereitungsaufwand der Hölzer, der erkennbar unter dem Zukauf von neuem Holz liegt. Über die benötigte Menge von fast 40m<sup>3</sup> Holz macht sich diese Differenz deutlich bemerkbar.

Bei den Fassadenplatten wird der Unterschied ebenfalls offensichtlich. Eine Abweichung ist bei der UK aus Aluminium zu erkennen, die aus real vorliegenden Angeboten stammte. Um aber die Gesamtwirtschaftlichkeit der Maßnahme für die NHW realistisch darzustellen, wurden hier die Ist-Kosten des ausführenden Unternehmens zu Grunde gelegt, obwohl die Mitbieter hier günstiger angeboten hatten. Die Mitbewerber wollten primär neue Platten verbauen und wurden deshalb nicht berücksichtigt.

Bei einer Preisanpassung gegenüber dem Referenzpreis aus den Angeboten, wäre der Unterschied noch deutlicher (>21,09%) zu Gunsten der Recycling-Fassade ausgefallen.

| Außenwand 01                     | PENRT      |            |            | GWP        |            |            | Kosten    |          |            |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|------------|
|                                  | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling | Referenz | Einsparung |
| Gipsfaserplatte 15mm             | 277,492197 | 277,492197 |            | 18,081424  | 18,081424  |            | 11,58 €   | 11,58 €  |            |
| UK Holz 60mm/60mm                | 0          | 42,4615306 |            | 0          | 3,36428366 |            | 1,27 €    | 4,83 €   |            |
| Zellulosefaser 60mm              | 15,5800527 | 15,5800527 |            | 4,18017679 | 4,18017679 |            | 8,60 €    | 8,60 €   |            |
| OSB Platte 15mm                  | 231,454527 | 231,454527 |            | 15,1506942 | 15,1506942 |            | 5,37 €    | 5,37 €   |            |
| KVH 280/80mm Wand/m <sup>2</sup> | 0          | 191,867993 |            | 0          | 14,9360574 |            | 54,89 €   | 133,63 € |            |
| Zellulosefaser 280mm             | 82,4011678 | 82,4011678 |            | 22,1084906 | 22,1084906 |            | 23,15 €   | 23,15 €  |            |
| Gipsfaserplatte 20mm             | 369,989596 | 369,989596 |            | 24,1085654 | 24,1085654 |            | 7,76 €    | 7,76 €   |            |
| Aluminium-Unterkonstruktion 68mm | 1590,3571  | 1590,3571  |            | 115,426666 | 115,426666 |            | 265,00 €  | 221,00 € |            |
| Trespa Platte 8mm                | 0          | 880,876633 |            | 0          | 46,0502857 |            | 95,00 €   | 183,00 € |            |
|                                  | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling | Referenz | Einsparung |
| Gesamt                           | 2567,27464 | 3682,48080 | 30,3%      | 199,05602  | 263,40664  | 24%        | 472,61 €  | 598,91 € | 21,09%     |

Abbildung 12: Analyse: Primärenergie, Treibhausgas-Emission und Kosten für die Außenwand

Bei der Gesamtwirtschaftlichkeit der Maßnahme lagen die Kosten geringfügig unter einem Referenzbau (RefB) des gleichen Jahres. In der unteren Tabelle sind hier aber nur die Gesamtkosten pro m<sup>2</sup> Wohnfläche dargestellt, was mit der fehlenden Aufteilung zwischen Lohn und Material zu tun hat.

Der RefB in Darmstadt weist einige Besonderheiten auf, welche bei einer Berücksichtigung die Recyclingbauweise wirtschaftlich noch interessanter werden lassen.

Zum einen wurde in Darmstadt ein WDVS statt einer Vorhangfassade gebaut, was mit mindestens 100,- € Minderkosten pro m<sup>2</sup> Fassadenfläche zu Buche schlägt.

Des Weiteren wurde der RefB an ein Nahwärmenetz angeschlossen, was von den Kosten deutlich unter dem Beheizungskonzept des Recyclinggebäudes in Kelsterbach lag.

In Kelsterbach wurde die komplette Anbindung mit fossilem Energieträger gegen eine Versorgung durch Wärmepumpe ersetzt (Heizung und Trinkwasser). Die Kosten hierfür liegen deutlich über den Anschlusskosten des RefB in Darmstadt.

Die untere Darstellung gibt somit eine Tendenz wieder, dass die Recyclingbauweise eine ernst zu nehmende Alternative sein kann.

|                                                  | PENRT      |            |            | GWP        |            |            | Kosten                                                                  |            |            |
|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                                  | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling                                                               | Referenz   | Einsparung |
| Außenwände (inkl. Fenster, Türen)                | 4167,55852 | 6120,53787 | 32%        | 316,226107 | 444,052229 | 29%        |                                                                         |            |            |
| Innenwände (inkl. Fenster, Schalter, Innentüren) | 1585,81778 | 1787,97809 | 11%        | 103,36064  | 118,599631 | 13%        |                                                                         |            |            |
| Decken                                           | 2090,07971 | 3173,3305  | 34%        | 115,207683 | 298,421645 | 61%        |                                                                         |            |            |
| Dach                                             | 1854,31695 | 3263,01085 | 43%        | 212,526696 | 295,151386 | 28%        |                                                                         |            |            |
| Außenanlagen                                     | 0,00E+00   | 333,308051 | 100%       | 0,00E+00   | 59,3291099 | 100%       |                                                                         |            |            |
|                                                  | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling  | Referenz   | Einsparung | Recycling                                                               | Referenz   | Einsparung |
| Gesamt                                           | 9697,77296 | 14678,1653 | 33,9%      | 747,321126 | 1215,554   | 39%        | <b>4.354,00 €</b>                                                       | 4.442,00 € | -2%        |
|                                                  |            |            |            |            |            |            | Brutto - Euro/m² Wohnfläche gegenüber Vergleichsobjekt 2022 (Darmstadt) |            |            |

Abbildung 13: Einsparungen (Primärenergie und Treibhausgase) sowie Kosten pro m² Wohnfläche.

## 1.8. Lessons learned

Über die zwei Jahre Planungs- und Ausführungsphase hinweg ergaben sich einige Problemfelder, welche diese Bauweise aktuell noch erschweren. Als Lösungsansätze sollen hier nur exemplarisch einige Punkte genannt werden, die sich in den nachstehen Gruppen untergliedern.

### Material:

- Die Rechtslage zum Verbauen von gebrauchten Produkten ist nicht eindeutig geregelt
- Es braucht professionelle Betriebe für den Rückbau und die Aufbereitung
- Der Schlüssel für die Wirtschaftlichkeit beim Recyceln liegt unter anderem in der Logistik
- Restmaterialien, Aufmaß-Fehler und Insolvenzmassen bieten eine interessante Quelle für den Zukauf – und entlasten so auch die Stoffkreisläufe

### Rechtliche Aspekte & Förderung:

- Der Gebäudetyp E könnte eine Lösung sein, diese Bauweise zu etablieren, wenn Regelungen angepasst werden
- Es braucht eine Um-Bauordnung, die sich am Bauen im Bestand orientiert – nicht am Neubau
- Förderungen, z. B. für die Einsparung an grauer Energie müssten etabliert werden
- Das Abfallrecht müsste mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz in Einklang gebracht werden

### Industrie, Wirtschaft & Handwerk:

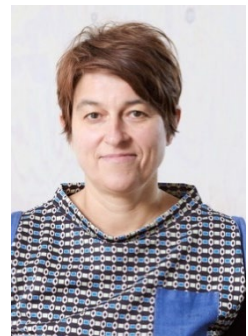
- Mehr Offenheit für diese Entwicklung bei Handwerk und Industrie
- Mehr Produkte aus Recyclingstoffen herstellen und schnellere Zulassung dieser Produkte
- Lastenverteilung bei der Gewährleistung muss fair für alle geregelt werden



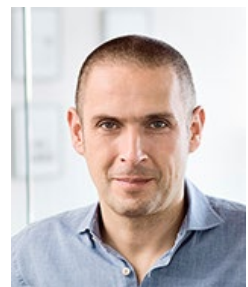


# **DIN Roadmap Circular Economy – Aktuelles aus Forschung und Praxis**

Prof. Andrea Klinge  
Konstruieren und Entwerfen Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
ZRS Architekten Ingenieure,  
Berlin, Deutschland  
© Phillip Zwanzig



Prof. Eike Roswag-Klinge  
Natural Building Lab TU Berlin  
ZRS Architekten Ingenieure  
Berlin, Deutschland  
© Daniela Friebe





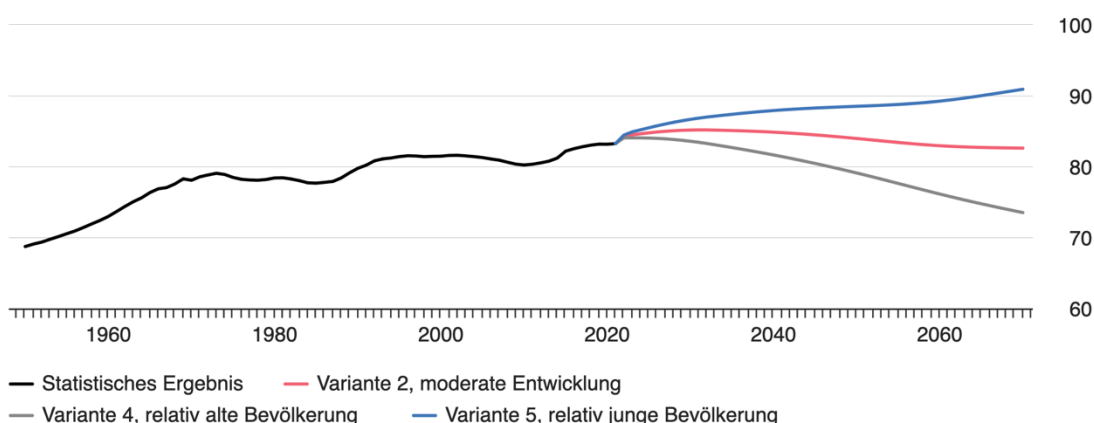
# DIN Roadmap Circular Economy - Aktuelles aus Forschung und Praxis

## 1. Einleitung

Europa und Deutschland sind gebaut. In den nächsten Jahrzehnten wird eine leicht sinkende Bevölkerung in Deutschland erwartet<sup>[1]</sup>. Zudem beschreibt das Umweltbundesamt (UBA) in seiner RESCUE Studie<sup>[2]</sup> die Notwendigkeit der Reduktion der Wohnflächen in Deutschland auf im Mittel ca. 40 m<sup>2</sup>/ Person, um die Klimaziele 2050 bzw. 2045 zu erreichen. Dies entspricht einer Reduktion um knapp 20%. Käme dieses Szenario zur Anwendung ergäbe dies 2045 einen Leerstand von 20% der Wohnflächen. Der Deutschlandatlas prognostiziert für das Referenzjahr 2018 einen Leerstand von 1,7 Mio. Wohnungen<sup>[3]</sup>, was einer Quote von 4,2% der Wohnungen entspricht. Die Aufgabe im Wohnungsbau und der Stadtentwicklung liegt nicht im Neubau sondern in der besseren Verteilung der Wohnflächen. Die Zahlen im Wohnungsbau lassen sich auf den Bürobau und andere Nutzungsformen übertragen. Die Reduktion des Konsums von Nutzflächen ist eine Aufgabe für alle Gebäudetypologien.

### Entwicklung der Bevölkerungszahl

in Millionen Personen



Ab 2022 Ergebnisse der 15. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung.

Abbildung 1: Prognose der der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland bis 2070, Destatis 2023

In jedem Falle sollte in Deutschland nur in sehr begründeten Fällen neu gebaut werden. Hingegen ist der Fokus auf die Transformation der Bestandsbauten von sehr großer Bedeutung. Aktuell liegt die Sanierungsquote bei ca. einem Prozent. Zur Erreichung der Klimaziele 2045 ist eine Sanierungsquote von drei und mehr Prozent notwendig. Neben die energetische Sanierung tritt die Frage der Anpassung an neue Nutzungsansprüche wie neue Formen des Wohnens, aber auch der Kombination von Wohnen und Arbeiten bzw. die Umwandlung von Bestandsimmobilien. Wir werden in Zukunft also nicht weniger bauen, sondern den Fokus auf die Transformation des Bestehenden legen müssen.

Zum Schutz der Ressourcen werden Gebäude in Zukunft erhalten und die Abrissquoten auf das Notwendigste reduziert werden müssen. Durch die Reduktion des Neubaus wird die Entnahme von Rohstoffen wie angestrebt sinken. Mineralische und energieintensive Baustoffe wie Stahl, Aluminium und Beton sowie Mineraldämmstoffe können durch Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen substituiert werden. Durch diesen Wechsel wird CO<sub>2</sub> in Gebäuden gespeichert und die Transformation von Gebäuden kann auf diesem Wege in der Umbau-/ Errichtungsphase klimaneutral erfolgen.

Die Kreislaufgerechtigkeit beginnt im Bauwesen mit der Konzeption und Planung. Bauliche Strukturen, insbesondere Rohbauten, müssen um nutzbar gestaltet werden um über Jahrzehnte in Nutzung zu bleiben. Ausbauten werden sich den Nutzungsanforderungen über lange Zeiträume hinweg anpassen müssen und entsprechend rückbaufähig und nachnutzbar gestaltet werden.

Um die bislang linear und konsumorientierte Bauindustrie kreislauffähig und ressourceneffizient zu machen muss das gesamte System neu gedacht und reorganisiert werden. Ressourcenintensive Baustoffe wie Beton, Stahl und Mineralewärmestoffe müssen so weit wie möglich durch nachwachsende Rohstoffe und Rezyklate ersetzt werden. Die DIN Roadmap Circular Economy sucht hier nach Wegen die Wirtschaft neu zu denken.

Zudem werden aber auch Reallabore wie beispielsweise der Museumspavillon der TU Berlin für Sprunginnovationen im Bauwesen sorgen müssen, um die notwendige Geschwindigkeit für die Transformation des Bauwesens zu erreichen.

## 2. DIN Roadmap Circular Economy – Bauwerke und Kommunen

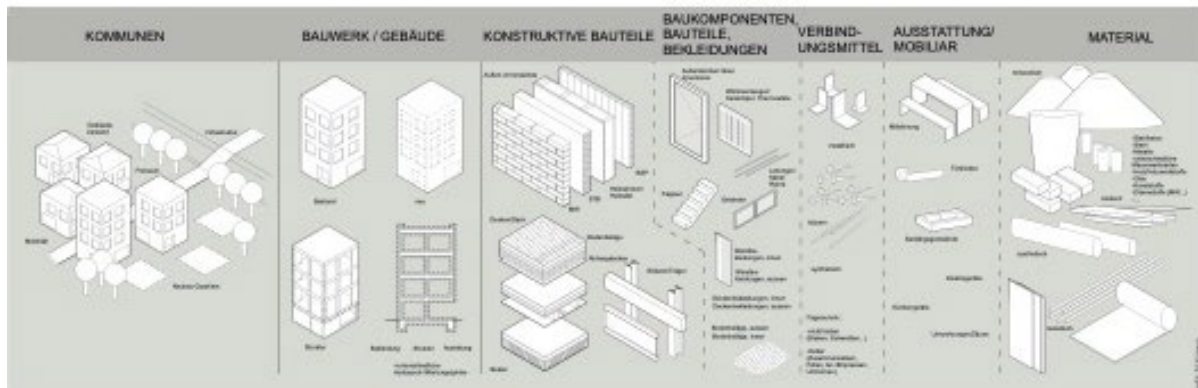


Abbildung 2: Betrachtungsebenen und -komponenten im Kontext von Bauwerken und Kommunen (Quelle DIN)

Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN), die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) und der Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) haben im Jahr 2021 die Idee einer Circular Economy Roadmap ausgerufen und diese mit Hilfe von Vertreter:innen aus Wissenschaft, öffentlicher Hand, Wirtschaft und Zivilgesellschaft im Jahr 2022 erstellt. Die Roadmap betrachtet die wesentlichen Sektoren der Wirtschaft und analysiert die notwendigen Prozesse, um diese von einer linearen, konsumorientierten auf eine zirkuläre Wirtschaft umzustellen. Die verschiedenen Stoffkreisläufe müssen entlang aller Stufen der Wertschöpfungsketten betrachtet und reorganisiert werden. Hierzu sind bestehende Normen zu überarbeiten bzw. müssen neue Normen entwickelt werden. Bestenfalls können sich widersprechende Normen entfallen, um eine Übersichtlichkeit wieder zu gewährleisten. Der Bausektor wurde im Themenschwerpunkt Bauwerke und Kommunen behandelt. Aufgrund seiner Komplexität, der unterschiedlichen Produktionsebenen und Baupraktiken in-situ auf der Baustelle steht der Bausektor vor besonderen Herausforderungen<sup>[5]</sup>.

Das Bauwesen muss von der Konzeption und Planung über alle Stufen der Wertschöpfung auf allen Ebenen vom Quartier, über Gebäude, Bauelemente bis hin zum Material reorganisiert werden. Das Bauwesen nutzt ca. 90% der mineralischen Rohstoffe, die in Deutschland gewonnen werden<sup>[4]</sup>. Zur Erreichung der Klimaziele muss die Entnahme von Rohstoffen um 60% reduziert werden<sup>[2]</sup>. Das Bauwesen muss zur Reduktion der Entnahmen in die Kreislaufbauwirtschaft einsteigen und sich quasi «entstofflichen». Die Roadmap schafft auch für den Bausektor die Grundlage zur Anpassung der Normung und den Einstieg in die Kreislaufwirtschaft<sup>[5]</sup>.

Um diese Entstofflichung, also die Trennung von Wohlstand und Ressourcen, zu erreichen soll mit Hilfe von überarbeiteten Normen und Standards die Ressourceninanspruchnahme durch eine verlängerte Lebensdauer auf allen Ebenen (Bauland, Gebäude, Bauteil, Bauteilkomponente, Verbindungsmittel, Ausstattung, Material) signifikant reduziert werden. Hier geht es in erster Linie um Refuse, also der Infragestellung von Erneuerungszyklen durch eine verlängerte, intelligente Nutzung von Ressourcen. Erst wenn dieser Ansatz nicht mehr anwendbar ist, werden greift die zweite Strategie, nämlich die der stofflichen/technologi-

schen Materialkreisläufe mit der Zielsetzung der Abfallvermeidung, der möglichst hochwertigen Wiederverwendung von Bauteilen und der stofflichen Verwertung von Baumaterialien (Recycling ohne Downcycling)<sup>[5]</sup>.

Um eine Wiederverwendung von Bauteilen zu ermöglichen bedarf es zukünftig Rückbaustandards, die eben diese Wiederverwendung anstreben und Bauteile zerstörungsfrei und werterhaltend ausbauen. Um die im Bausektor neue Thematik der Wiederverwendung zu fördern, sollen Standards und Normen bei bestehenden, übergeordneten Herausforderungen Hilfestellung leisten und Fragen der Gewährleistung und Haftung lösen aber auch die Prüfung/Zertifizierung/Zulassungen «gebrauchter» bzw. bereits verbauter Bauteile /Baustoffe regeln. Hierzu müssen Produkteigenschaften festgelegt werden, welche zum Erreichen dieser wesentlichen Merkmale beitragen, die auf definierten Prüfkriterien basieren. Diese Kriterien sind in den jeweiligen Produktnormen festzuschreiben<sup>[5]</sup>.

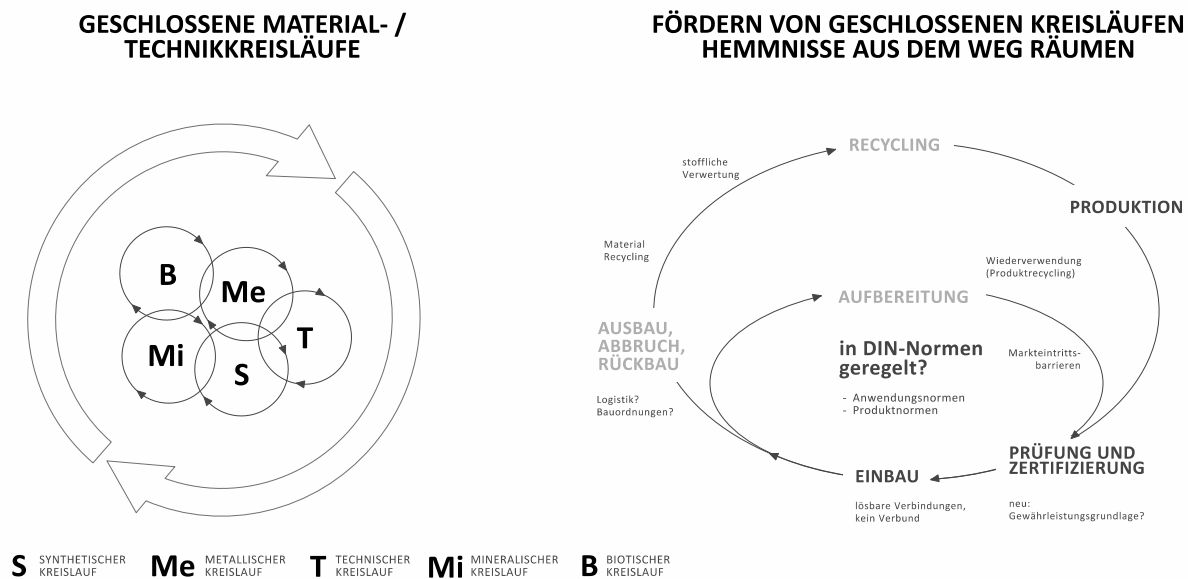


Abbildung 3: Zirkularität der Betrachtungsebenen der Baumaterialien (Quelle DIN)

Grundsätzlich wird es zukünftig wichtig sein, Methoden und Tools zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Gebäuden, Bauteilen und Baumaterialien weiter- bzw. neu zu entwickeln. Diese müssen den Planungsprozess unterstützen, um belastbare und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Sie müssen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes anwendbar sein. Zudem werden uns Gebäudepässe helfen, die eingesetzten Ressourcen zu kartieren und in zukünftige Planungsprozesse besser integrieren zu können<sup>[5]</sup>.

### 3. Kreislaufgerecht Bauen mit Altholz – Reallabor Museumspavillon der Technischen Universität Berlin



Abbildung 4: Vorentwurfsplanung GRW-Projekt «Pavillon und Wissenspfade», TU Berlin 2022

Im Rahmen der Neuerschließung des Campus Süd der Technischen Universität wird in Berlin-Charlottenburg der Neubau eines 1.200 m<sup>2</sup> BGF großen, zwei- bzw. dreigeschossigen Pavillons geplant, der zukünftig das Museum der Universität beheimatet. Der ca. 14 m hohe Pavillon mit einem rechteckigen Grundriss von 40x12 m wird dabei zu einem zentralen Bestandteil des Austauschs zwischen Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft. Das Museum wird neben der Mineralogischen Schausammlung der TU Berlin einen Wechselausstellungsbereich mit Experimentallabor, ein Museums-Café mit Informationszentrum und eine Multifunktionsfläche beherbergen.

Das Projekt wurde über mehrere Semester in Studios verschiedener Studiengänge interdisziplinär in Anlehnung an Forschungsfragen der TU-Berlin entwickelt. Im Wintersemester 2021/22 erarbeitete ein interdisziplinäres studentisches Projektbüro mit Master-Studierenden der Landschaftsarchitektur und Architektur in Kooperation mit der TU Projektleitung und weiteren Akteur\*innen aus Hochschule und Praxis unter Begleitung eines externen Fachbeirats einen integrierten Entwurf als Teilleistung der Leistungsphase 2 nach HOAI für das Gebäude und den Außenraum. Im April 2022 wurde diese Planungsgrundlage an ein Generalplanungsteam zur Umsetzung der weiteren Planungsphasen bis zur Realisierung übergeben. Das interdisziplinäre studentische Projektbüro sowie forschende Fachgebiete bleiben in einem dialogischen Prozess auch weiterhin in das Projekt eingebunden.

Mit der Übergabe an das Generalplanungsteam wurde das Projekt selbst zu einem DBU geförderten Forschungsprojekt und Reallabor für Sprunginnovationen in Planungs- und Baupraxis. So werden innovative Ansätze entwickelt, erprobt und umgesetzt. Mit dem übergeordneten Ziel des kreislaufgerechten Bauens in planetaren Grenzen und einem ganzheitlichen Nachhaltigkeitsanspruch werden im weiteren Prozess verschiedene Forschungsfelder und -projekte die Umsetzung des Pavillons wissenschaftlich begleiten, inhaltlich unterstützen und weitere Schnittstellen zu Forschungsaktivitäten der TU Berlin schaffen.

Insbesondere die tragenden Bauteile des Pavillon-Neubaus werden mit innovativen und kreislaufgerechten Bauweisen realisiert. Dafür werden für den Hochbau möglichst viele Bauteile aus Holz aus Bau- und Abbruchabfällen hergestellt. Für die erdberührten Bauteile wird die Verwendung neuartiger, beton- und stahlarmer Methoden der Gründung mit möglichst geringer Flächenversiegelung angestrebt.



Der Pavillon wird zukunftsweisend als kreislaufgerechtes Gebäude geplant, das sich flexibel an sich wandelnde Nutzungsanforderungen anpassen kann. Konstruktionen sind reversibel aus nachwachsenden oder wiederverwendeten Materialien konzipiert. Ein LowTech Konzept verzichtet auf Lüftungs- und Klimatechnik und ermöglicht so langfristig einen robusten, wirtschaftlichen Betrieb.

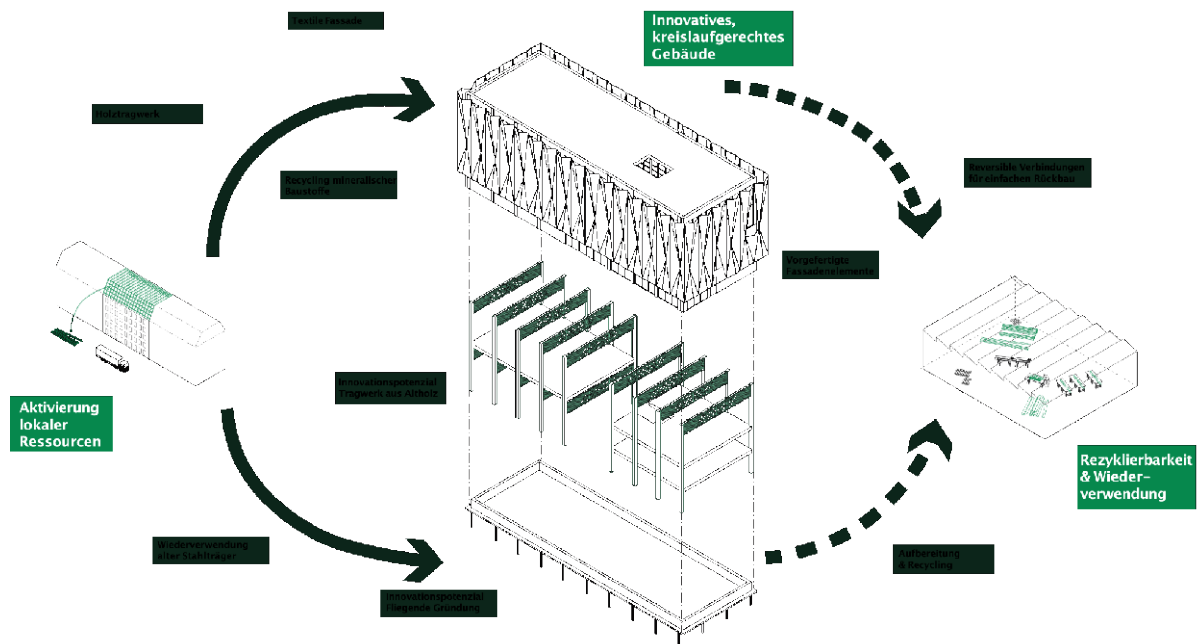


Abbildung 5: Konzeption eines kreislaufgerechten Gebäudes aus Altholz

### 3.1. Forschungsfeld kreislaufgerechte Altholznutzung

Bislang wird Altholz (Holz aus Bau- und Abbruchabfällen) primär thermisch (79%) oder stofflich (15%), z. B. zerkleinert als Holzwerkstoffe, verwertet <sup>[6]</sup>. Eine Wiederverwendung im Bauwesen ohne Zerkleinerung als tragende Bauteile findet in vernachlässigbarem Umfang statt – und das, obwohl dies mit einem Großteil (88%) nach Einsortierung in die Altholzkategorien I oder II zulässig wäre. Die Voraussetzungen für eine großflächige Nutzung der Ressource sind gegeben: Jährlich fallen 4,5 Millionen Tonnen Altholz als Bau- und Abbruchabfälle sowie 2,75 Millionen Tonnen in der Holzverarbeitenden Industrie an (Stand 2015) <sup>[7]</sup>.

Die aktuelle Normung lässt die Wiederverwendung von Altholz für tragende Bauteile zu <sup>[8]</sup>. Mittels visueller Sortierung können die bspw. beim Abbruch gewonnenen Bauteile Sortierklassen zugeordnet werden, die wiederum Festigkeitsklassen zugeordnet sind. Bis dato scheitert eine großflächigere Umsetzung der Altholzweiterverwendung in der Baupraxis jedoch unter anderem an dem dafür hohen Aufwand (im Vergleich zu «konventionellen» Baustoffen und Schnittholz) sowie der Übernahme der Gewährleistung.

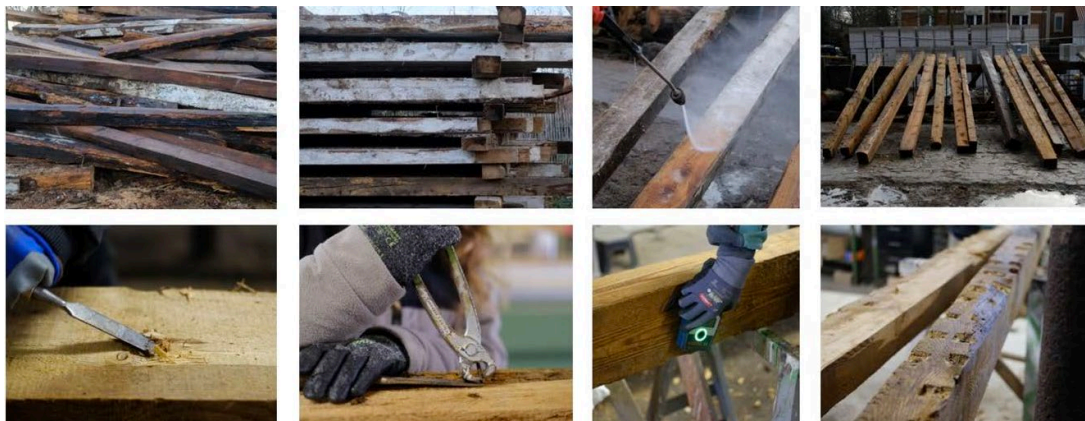


Abbildung 6 – 13: Prozess der Materialgewinnung und -vorbereitung, Reinigung und Befreiung von Störstoffen

Im Rahmen des europäischen Forschungsvorhabens RE<sup>4</sup><sup>[9]</sup> und eines DBU-Forschungsvorhabens der TU Darmstadt<sup>[10]</sup> konnte mittels Materialprüfungen an Einzelbauteilen gezeigt werden, dass aus rückgebauten Dachstühlen geborgenes Altholz wie Schnittholz weiterverarbeitet und zu tragenden und nichttragenden Zwecken verwendet werden kann. Daran anknüpfend ist zu zeigen, dass großformatige, aus Altholz gefertigte Tragwerkselemente (z. B. Deckentragwerke mit ca. 12 m Spannweite) und deren Einsatz in einem Bauprojekt realisierbar sind.

Das Tragwerk des Museumspavillons ist zu 100% aus Altholzressourcen und Rezyklaten geplant. In der baulichen Umsetzung ist ein Mindestanteil von Altholz von 20% in lastabtragender Funktion ohne Umwandlung des Holzes in Holzwerkstoffe vorgesehen. Weiterhin wird eine weitestmögliche Realisierung des dafür infrage kommenden Tragwerkes aus Altholz angestrebt. Dadurch ließe sich Downcycling bestmöglich vermeiden. Zusätzlich soll das eingesetzte Altholz auch zukünftig wiederverwendbar bleiben: Geplant wird mit vollständig rückbaubaren Querschnittsfügungen.

Die Ziele im Forschungsgebiet der kreislaufgerechten Altholznutzung lassen sich in zwei Bereiche gliedern: Die Gewinnung des Altholzes sowie den Entwurf eines Tragwerks mithilfe von Altholz. Im ersten Teilbereich werden Möglichkeiten der Gewinnung, Aufarbeitung und Wiederverwertung von lokal anfallenden Mengen von Altholz im Berlin untersucht. Dabei werden systematische Abläufe zum Wiedereinsatz unter Berücksichtigung der Kontamination mit Holzschutzmittel, der Sortierung, der örtlichen Verfügbarkeit sowie der Lagerung von Altholz entwickelt.

Reagierend auf Einschränkungen der vorhandenen Altholz-Querschnitte und -Längen werden bauliche Konstruktionen und hybride Lösungen aus Alt- und Neuholz entwickelt und erprobt. Dazu gehören die Konzeption eines Gitterträgers, von Brettschichtholzträgern sowie quervorgespannten Deckenkonstruktionen aus Altholz - jeweils aufbauend auf den Ergebnissen der Forschungsvorhaben<sup>[9]</sup> <sup>[10]</sup>, dass Altholz für den Einsatz als tragende Bauteile geeignet ist.

### 3.2. Beton- und stahlarme Gründung

Bauwerke des Hochbaus benötigen im Allgemeinen eine Gründung, mit deren Hilfe die vertikalen und horizontalen Lasten eines Gebäudes in das Erdreich übertragen und gleichzeitig die unvermeidlichen Setzungen des Gebäudes auf ein sinnvolles Maß begrenzt werden können. Dafür kommen üblicherweise platten- oder streifenförmige Fundamente sowie Punktfundamente bzw. Pfähle zum Einsatz. Diese Bauteile werden gegenwärtig in fast allen Fällen aus Stahlbeton hergestellt.

Der Pavillon soll auch im Bereich der Gründung mit einem möglichst geringen Umweltfußabdruck realisiert und der Bereich der neu versiegelten Fläche minimiert werden.

Dafür entwickelt, erprobt und prüft die projektbegleitende Forschung innovative Ansätze für eine beton- und stahlarme Gründung mit minimaler Flächenversiegelung. So soll das Erdgeschoss aufgeständert in Holzbauweise über dem Erdreich ausgeführt werden. Weiterhin leiten rezyklierte Stahlträger die Lasten aus dem Hochbau in punktuelle, per Rüttelstopfverdichtung aus Rezyklaten hergestellte Schotterssäulen ein.

Erdberührte Bauteile werden aus Recycling-Beton errichtet. Somit wird eine ressourcenarme Gründung entwickelt, die aufgewendete Ressourcen möglichst lange in Nutzungszyklen hält und bei der Baustellen- und Abbruchabfälle signifikant reduziert werden.

Das Rüttelstopfverfahren wird nach dem Stand der Technik zu Zwecken der Bodenverbesserung eingesetzt oder, mit dem Einsatz entsprechender Zugabemittel, zur Herstellung pfahlartiger Tiefgründungen. Bei der Rüttelstopfverdichtung werden mit einem Schleusenrüttelgerät Kies oder Schotter in die Bodensäulen eingebracht. Der austretende Kies oder Schotter werden beim Andrücken verdichtet und seitlich in den Boden verdrängt. Auf diese Weise entstehen Stopfsäulen, die im Verbund mit dem Boden die Lasten abtragen.

Aufbauend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und Erfahrungen aus der Praxis wird im Rahmen dieses Forschungsantrags untersucht, inwiefern das Rüttelstopfverfahren auch unter Zugabe minimaler Mengen von Beton und Stahl als pfahlartige Tiefgründung herangezogen werden und wie die Lasteinleitung am Kopf der Säulen mithilfe von Stahlprofilen erfolgen kann.

- Vergleich von **konventioneller**, **nachwachsender** und **recycelter** Bauweise
- Ganzheitlicher Planungsansatz mit Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen:
  1. Konzeption
  2. Planung
  3. Bau
  4. Nutzung
  5. Rückbau
  6. Wiederverwendung/-verwertung
- Maßgebliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial bei Herstellung & Entsorgung

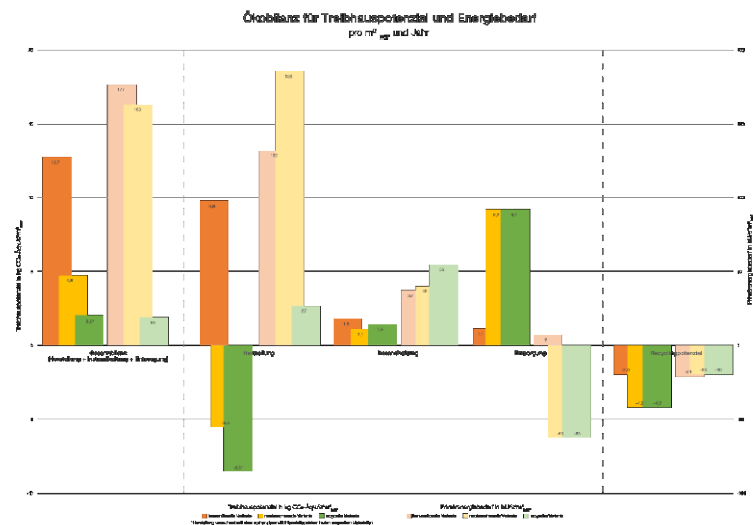


Abbildung 14: Lebenszyklusanalyse, Variantenvergleich, Treibhausgaspotential CO<sub>2</sub>-Äqv./a\*m<sup>2</sup>NGF

### 3.3. LowTech Bauen – Holz-Lehm Bauweise aus Rezyklaten

Eine klimaangepasste Bauweise mit robusten und feuchteregulierenden Bausystemen ermöglichen die Reduktion der mechanischer Lüftungstechnik sowie des Wärmebedarfs im Winter und den Verzicht auf Gebäudekühlung im Sommer. Feuchtesteuernde RC Lehmbaumstoffe aus der Feinfraktion des Betonrecycling schaffen Speichermasse im Holzbau und ermöglichen in Verbindung mit Naturfaserdämmstoffen und einer diffusionsoffenen Bauweise eine feuchte- und klimasteuernde Gebäudehülle. In Verbindung mit einer natürlichen Lüftung kann auf Lüftungs- und Klimatechnik verzichtet werden. Eine Textilfassade dient der Lichtbrechung und sorgt für eine gute Tageslichtversorgung bei gleichzeitigem Sonnenschutz. Der Heiz-Kühl-Estrich kann das Gebäude in Verbindung mit einer Wärmepumpe und Geothermie das Gebäude im Winter beheizen im Sommer temperieren.



Abbildung 15: Visualisierungen, Ansicht mit Textilfassade und Innenraum mit Gitterträgern

## 4. Literaturnachweis

- [1] Destatis: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/inhalt.html#sprg229086> Stand 03.10.2023
- [2] Umweltbundesamt UBA: Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität <https://www.umweltbundesamt.de/rescue> Stand 03.10.2023
- [3] Deutschlandatlas, Wohnungsleerstand in Deutschland <https://www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wie-wir-wohnen/046-Wohnungsleerstand.html> Stand 03.10.2023
- [4] BMWK: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Monatsbericht/Monatsbericht-Themen/2018-09-bauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6#:~:text=Die%20Bauwirtschaft%20ist%20ein%20besonders,Hälfte%20zum%20deutschen%20Abfallaufkommen%20bei.](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Monatsbericht/Monatsbericht-Themen/2018-09-bauen.pdf?__blob=publicationFile&v=6#:~:text=Die%20Bauwirtschaft%20ist%20ein%20besonders,Hälfte%20zum%20deutschen%20Abfallaufkommen%20bei.) Stand 05.10.2023
- [5] DIN CE Roadmap <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/circular-economy/normungroadmap-circular-economy> Stand 05.10.2023
- [6] S Flamme, S Hams, J Bischoff, C Fricke: Evaluierung der Altholzverordnung im Hinblick auf eine notwendige Novellierung, 2020, Umweltbundesamt
- [7] S Steger, M Ritthoff, W Bulach, D Schüler et al.: Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität, 2019, Umweltbundesamt
- [8] W Rug, EC 5 und Bauen im Bestand, In: 21. Brandenburgischer Bauingenieurtag BBIT 2014, Bauen im Bestand Schriftenreihe Statik und Dynamik 1/2014, BTU Cottbus 2014
- [9] Klinge, Roswag-Klinge: Holz – ein zirkulärer Baustoff, 25. Internationales Holzbau-Forum IHF 2019
- [10] M Fellner, S Abel: Recyclinggerechter Rückbau und Wiederverwendung von verbautem Altholz für den Neubau eines Mehrfamilienhauses in Holzbauweise in Hamburg, 2022, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

## **Sponsoren und Aussteller**







binderholz Bürogebäude Baruth | D



Hotel MalisGarten, Zell am Ziller | A



Wohnbau 'Haus auf Stelzen' Tillystraße, Regensburg | D



Jugendgästehaus Gerlosplatte, Krimml | 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 Massivholzbau Lösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettsperrholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressspanpaletten und -klötze | Biobrennstoffe | Pferdestreu



# 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

## WIR SCHÜTZEN VOR WASSER: VON OBEN...

Der Schutz vor Niederschlag ist ein essentielles Element im Gebäudebau. Hochwertige Produkte schützen bei Wetterkapriolen, nicht nur in der Bauphase.

**Bauzeitschutz, Transportschutz und Luftdichtheitsschicht** in einem Produkt vereint. Vollflächig klebend, rutschfest durch Anti-Slip-Ausrüstung, robust und wasserdicht durch den doppelten Funktionsfilm. Der **variable sd-Wert** garantiert optimale Rücktrocknung.



Hochwertige Dachbahnen für **regensichere** und **erhöht regensichere** Unterdächer.



## & VON UNTEN

Der Wunsch nach Barrierefreiheit stellt neue Anforderungen an den Bau. Hochwertige Butyl- oder Bitumenklebebander in Verbindung mit streichbarer Abdichtung sind auch bei komplexen Übergängen eine sichere Lösung.



OMEGA PLASTO Band



VERARBEITUNGSVIDEO

Das OMEGA PLASTO Band wurde in Kombination mit der OMEGA PoBit Dichtpaste gemäß der Richtlinie Bauwerksabdichtung-Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen, Teil 2 auf Stauwasserdichtheit geprüft. (HFA 2281/2019/G-BF)



**CO<sub>2</sub>**  
Speicher



Profitieren Sie von  
**kurzen Bauzeiten**  
dank **schlanker**  
**Konstruktionen** und  
**hoher Vorfertigungs-**  
**möglichkeit** und  
setzen Sie mit  
**fermacell®** Standards  
für **effizientes,**  
**nachhaltiges Bauen.**

## Produktlösungen für gesundes Bauen und serielle Sanierung



© 2023 James Hardie Europe GmbH. <sup>TM</sup> und <sup>\*</sup> bezeichnen registrierte und eingetragene Marken der James Hardie Technology Limited und James Hardie Europe GmbH. Das Speichern von CO<sub>2</sub> bezieht sich auf den gesamten Produktlebenszyklus der fermacell<sup>®</sup> Gipsfaserplatten und Fußbodenelemente.

**15 Jahre**  
Garantie





# Bester Schutz

# vor Bauschäden und Schimmel

**NEU SOLITEX® ADHERO VISTO**

Transparente Luftdichtungs- und Witterungsschutzbahn

Markierungen auf der Decke bleiben sichtbar

Vollflächig wasserfester Kleber

Frei bewitterbar und rutschfest

Komplettes Bauzeitenschutz-Konzept

pro clima  
**WISSEN kompakt**

**NEU**

Neues Planungshandbuch kostenfrei  
anfordern unter [proclima.de](http://proclima.de)





# Fokus

**HASSLACHER**  
**NORICA TIMBER**

From **wood** to **wonders**.

# Qualität & Innovation

**BESUCHT  
UNS**

Stand 32

## Kontakt

HASSLACHER Gruppe  
T +43 4769 22 49-0  
info@hasslacher.com

Ilse Wallentin  
Haus

Wien | AT



hasslacher.com

STILLE MIT  
ZERTIFIZIERUNG  
NACH **ETA-23/0061.**

ALS ERSTE,  
ABER IN ERSTER  
LINIE FÜR SIE.



**Entwerfen Sie Gebäude mit hoher Schalldämmleistung in völliger Sicherheit.**

Wählen Sie die widerstandsfähigen Schalldämmbänder XYLOFON mit Zertifizierung nach ETA. So haben Sie nicht nur einen Vorteil gegenüber Ihren Mitbewerbern, sondern auch von einem Dritten garantierte Qualität.

Laden Sie die technischen Anleitungen für XYLOFON in digitaler Form herunter und erfahren Sie alle weiteren Einzelheiten auf [rothoblaas.de/produkte/schalldammung](http://rothoblaas.de/produkte/schalldammung)



 **rothoblaas**

Solutions for Building Technology







Flexible Dämmstoffe



Stabile Dämm- und Unterdeckplatten



Einblasdämmung



Konstruktionsprodukte



# STEICO – das Naturbausystem

## Natürlich Dämmen und Bauen

Ob Holzfaser-Dämmstoffe aus dem Nass- oder aus dem Trockenverfahren. Ob Stegträger oder Furnierschichtholz. STEICO ist Europas größter Hersteller für ökologische Dämm- und Konstruktionsprodukte für das ganze Haus. Profitieren Sie von unserem umfangreichen Sortiment sowie dem hervorragendem Service, den wir als Marktführer bieten.

- CO<sub>2</sub> sparen und speichern dank Holzfaser-Dämmung
- Ausgezeichneter Schutz vor Kälte und Hitze
- Feuchtigkeitsregulierung, für ein gesundes Wohnklima



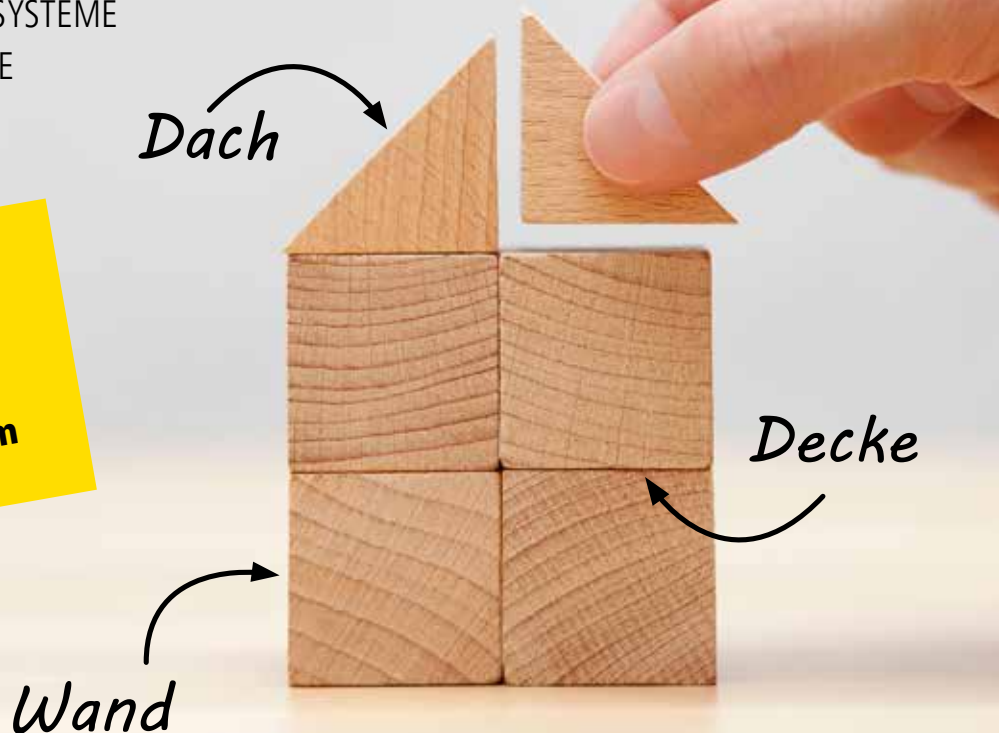


# HOLZ FÜR'S GANZE HAUS

## IHR KOMPLETT-LIEFERANT FÜR DIE GEBÄUDEHÜLLE

- KONSTRUKTIVE LEIMHÖLZER
- DECKEN-, DACH-, WANDSYSTEME
- HOLZFASER-DÄMMSTOFFE

**NEU:**  
**CLT – WAND**  
**CLT – DECKE**  
Höhe/Breite bis 3,50 m  
Länge bis 16 m





**HECO®-Befestiger:  
Entwickelt für  
den konstruktiven  
Holzbau.**





# HOLZBAU- SCHRAUBEN

Ein starkes System



FORUM  
**HOLZBAU**  
URBAN KOELN  
17./18. Oktober 2023

## Software, Holzbauschrauben, Bits & Schrauber aus einer Hand.

Mit einer leistungsstarken Systemkette aus Software, Schrauben, Bits und Nuron Schraubern können sich Holzbauplanerinnen und Zimmerer auf Hilti verlassen. Eine einfach und intuitiv zu bedienende Software unterstützt die schnelle Erstellung wirtschaftlicher Konstruktionen.

ETA zertifizierte Holzbauschrauben mit hoher Qualität, sehr guten Lastwerten und geringen Randabständen helfen dem Anwender schnelle und sichere Schraubverbindungen her. Bits und Nuron Schrauber ermöglichen ein produktives Arbeiten.



**KLH<sup>®</sup>**

WIR FREUEN  
UNS AUF  
IHREN BESUCH  
STAND 26

Unser Ansprechpartner für Deutschland:

**ABA HOLZ**  
**van Kempen GmbH**

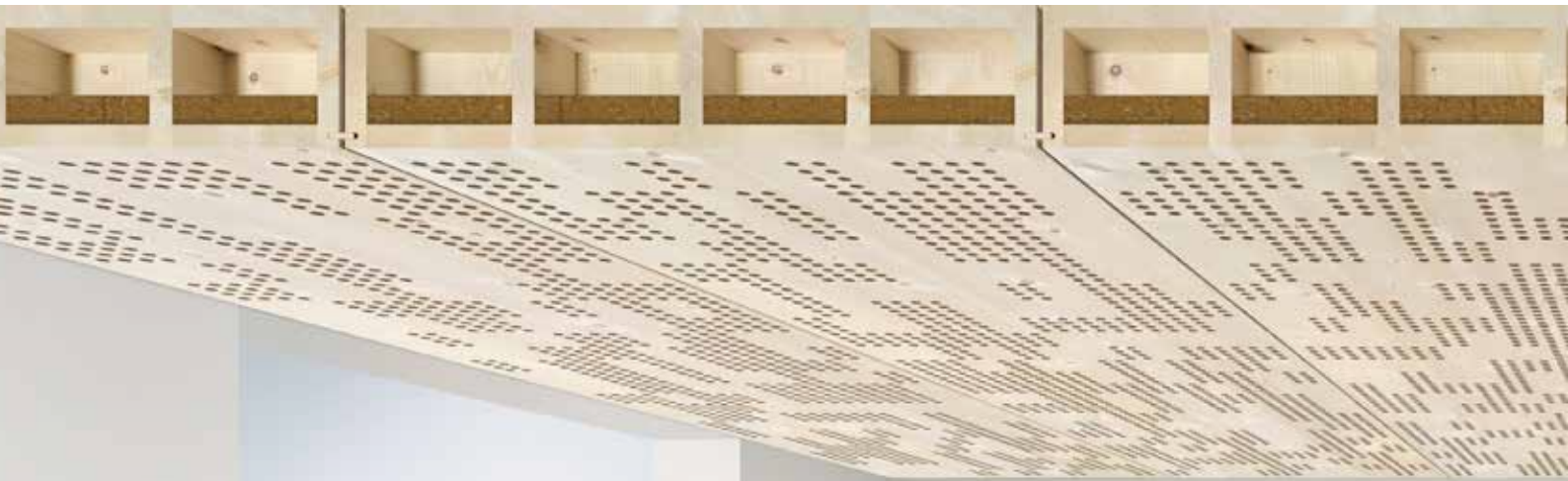
**ABA HOLZ VAN KEMPEN GMBH**

Streitheimer Straße 22 | 86477 Adelsried  
info@aba-holz.de | www.aba-holz.de | www.klh.at

- PIONIER IN DER HERSTELLUNG VON BRETTSPERRHOLZ
- MEHR ALS ZWEI JAHRZEHNTE ERFAHRUNG
- DAS ORIGINAL MIT MEHR ALS 38 000 PROJEKTEN WELTWEIT
- INTERNATIONALES PROJEKTMANAGEMENT
- LÖSUNGSORIENTIERTER PROJEKTPARTNER
- VON STATISCHER VORBEMESSUNG BIS ZUR WERKPLANUNG

**KLH MASSIVHOLZ GMBH** | 8842 Teufenbach-Katsch | Gewerbestraße 4  
Tel +43 (0)3588 8835 | office@klh.at | www.klh.at





## Alles in einem Element:



Statik - tragend



Schallschutz



Feuerwiderstand 90 min



Raumakustik



Ästhetik



Wärmeschutz



Ökologie



Top-Beratung

## Interessiert?

Kontaktieren Sie unser  
Beratungsteam:

+41 71 353 04 10  
[beratung@lignatur.ch](mailto:beratung@lignatur.ch)



Erfahren Sie mehr unter:

[www.lignatur.ch](http://www.lignatur.ch)



**Steigtalstrasse**  
Wohnbau

WHERE  
IDEAS  
CAN  
GROW.

# Zukunft ist jetzt!

Für Ihre Projektideen und deren Umsetzung haben wir die Lösungen.

Nachhaltig, flexibel, standardisiert, kombinierbar, montagefertig.

Immer MASSIV – und das mit Leidenschaft. Weil für uns Partnerschaften zu einem Bauprojekt einfach dazu gehören!

**MMK**  
Hybrid  
Solutions



WHERE  
IDEAS  
CAN  
GROW.

**M**  **M**  
**MAYR MELNHOF HOLZ**



**Unsere Lösungen für  
Ihre Herausforderungen!**

**MM crosslam**  
Brettspertholz (BSP)

**MM masterline**  
Brettschichtholz (BSH)

**MM HBE**  
Holzmassivbauelement

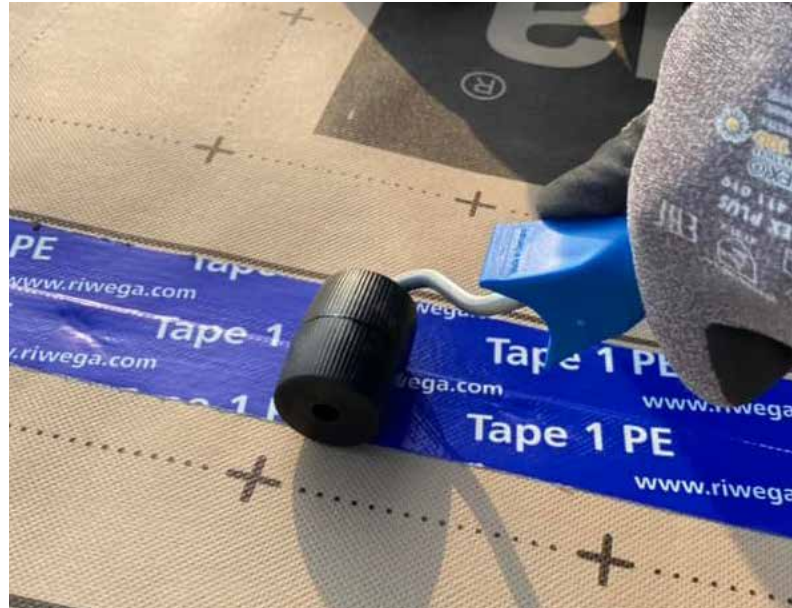
**Montagefertig!**







Das Beste für **Dach und Wand!**







2.770 vorgefertigte Holzbauelemente lassen das Projekt emporwachsen.

# Roots, Deutschlands höchstes Holzhochhaus



Holz ist der einzige Baustoff, mit dem sich Hochbauten in der erforderlichen Größe errichten und dabei die durch den Bau verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen senken lassen – im Neubau, bei energetischen Sanierungen, Aufstockungen und bei der urbanen Nachverdichtung. Das Holzhochhaus „Roots“ in der Hamburger HafenCity ist mit seiner Gesamthöhe von 72 Metern ein herausragendes Beispiel für den wegweisenden Ingenieurholzbau von Rubner.

„Roots“ in der Hamburger HafenCity – Deutschlands höchstes Holzhochhaus.  
72 m Gesamthöhe, 20 Nutzgeschosse, davon 16 in Holzbauweise.

**RUBNER**



## Besser im System: **ULTIMATE** und **Rigidur® Gipsfaserplatten** – zwei starke Partner.

Für optimal kombinierten Wärme-, Schall- und Brandschutz in schlanken Konstruktionen auch bei hohen mechanischen und optischen Anforderungen.





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.





### **Bauvorhaben sicher, stabil und effizient verwirklichen**

Simpson Strong-Tie, weltweit führender Anbieter von Holzverbindern, mechanischen und chemischen Dübeln sowie Schrauben – Produkte für Konstruktionen auf höchstem technischen Niveau. Ob Neubau, Sanierung oder Erweiterung, unsere Systeme tragen stets zur nachhaltigen Nutzung der Ressource Holz bei.

Entdecken Sie unsere Lösungen unter **[strongtie.de](https://strongtie.de)** oder rufen Sie uns an: +49 6032 8680-0.





Uffer AG, Savognin

**Sie wünschen,  
Wir bauen.**

**Die Lösungen**  
vom Maschinenbauer für's Holz  
**TechnoWood AG**

## Unsere Lösungen:

- **TW-Concept Line**

Die Fertigungslinie

- **TWOODS Line**

Das Vollholzsystem

- **TW-Agil**

Das Abbundcenter

**techno**  
**wood** swiss art of wood machining



Hier erfahren Sie  
mehr über die  
**TW-Lösungen.**



est Fraser



West Fraser



[www.blauer-engel.de/az75](http://www.blauer-engel.de/az75)

AN FSC® C000500300  
AN PECC 4/EF010-07-140

## Innenausbau mit SterlingOSB-Zero

- Ausgleichsebenen mit Schalungen
- Schwimmend verlegter Unterboden oder Gebrauchsfußboden
- Beplankung von nichttragenden Innenwänden
- SterlingOSB-Zero im Möbelbau

Besuchen  
Sie uns:  
**Stand Nr.  
41**



**SterlingOSB® Zero®**

Mit Sicherheit umweltfreundlich bauen



[www.Westfraser.com](http://www.Westfraser.com) | [www.SterlingOSB.de](http://www.SterlingOSB.de)



[westfraser\\_d.a.ch](https://www.instagram.com/westfraser_d.a.ch)

Tel: 00800 OSBANRUF\*(00800 67226783) kostenfrei D/A/CH



A large, detailed red dragon with yellow horns and wings is breathing a massive plume of fire towards a modern, multi-story apartment building. The building has white balconies and red accents. The scene is set in a grassy field with a forest in the background under a blue sky with clouds.

# GUTEX PYRORESIST

für den mehrgeschossigen Wohnungsbau  
und die urbane Nachverdichtung

## *Holzfaserdämmung – alles andere als brandgefährlich*

Ökologische Holzfaserdämmplatten sind leistungsstarke Dämmstoffe mit vielen positiven Eigenschaften, für die aber bisher galt: Sie glimmen und schwelen. Ganz anders die Innovation GUTEX Pyroresist: Unsere neu entwickelte Produktlinie ist nach DIN EN 13501-1 nicht nur schwerentflammbar (Baustoffklasse C), sondern auch nicht glimmend nach DIN EN 16733. Somit vergrößert GUTEX die Einsatzmöglichkeiten von Holzfaserdämmplatten in Bauteilkonstruktionen enorm!

Erfahren Sie mehr unter [www.pyroresist.de](http://www.pyroresist.de)



# GEBÜNDELTE HOLZBAU-KOMPETENZ

Innovative Holzbau-Systeme aus einer Hand

Die Unternehmen der Knauf Gruppe bündeln ihre individuellen Kompetenzen, um sowohl kleinen Zimmereien als auch großen Holzbaubetrieben und Fertighausanbietern aufeinander abgestimmte und geprüfte Lösungen aus einer Hand bieten zu können.

So sorgen wir für Planbarkeit, Zuverlässigkeit und Ausführungssicherheit – sowohl auf der Baustelle als auch im seriellen Fertigungsprozess – und bieten Ihnen mit unserem auf den Holzbau spezialisierten Vertriebsteam persönlichen Kontakt auf Augenhöhe.

[www.knauf-holzbau.de](http://www.knauf-holzbau.de)

**knauf**





**AGEPAN<sup>®</sup> SYSTEM**

# BAUEN MIT DEM WERKSTOFF HOLZ GEHÖRT DIE ZUKUNFT

Entdecken Sie unsere AGEPAN<sup>®</sup> SYSTEM Lösungen für klimabewusstes Bauen: nachhaltige Holzfaserdämm-, DWD- und OSB Ecoboard<sup>®</sup> Produkte für den Einsatz in Dach, Wand und Boden.

[info@agepan.de](mailto:info@agepan.de)  
[www.sonaearauco.com/agepan](http://www.sonaearauco.com/agepan)

**SONAE  
ARAUCO**  
Taking wood further



# AVOLA

## der Spezialist für leistungsstarke Kreissägen



### Baustellen-Tischkreissäge ZBV 500-S

mit Höhen- und Schrägverstellung

Die neue ZBV 500-S ist eine höhen- und schrägverstellbare Baustellen-Kreissäge mit 500 mm großem Sägeblatt, mit der auch Schrägschnitte mit hoher Schnitthöhe möglich sind.



## KREISSÄGEN

### Tischkreissäge VARIANT 450

Untertisch-Kappsäge mit Drehteller 0-150°, höhenverstellbar und schrägverstellbar 90°-30°

Eine spezielle Konstruktion garantiert vielseitige Einsatzmöglichkeiten bei härtester Belastung.

Die Bedienung der Maschine ist genial einfach und bietet u.a. folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- Kapp- und Gehrungsschnitte
- Doppelgehrungsschnitte (Schifterschnitte)
- Längsschnitte



### Untertischkappsäge GAMA 65 K

Die AVOLA 65 K ist eine Untertischkappsäge mit Drehteller und schrägstellbarem Sägeblatt. Kappschnitt mit Winkeln von 90° bis 30° sind ebenso möglich wie der für die doppelte Gehrung herzustellende Schnitt (Schifterschnitt).



### Untertischkappsäge GAMA 65 V3

Kappvollautomat für den Holzrahmenbau

Seitenverfahrbare Längsschnitt-, Kapp- und Gehrungssäge mit präziser Positionierung über Längenmessanschlag Exenso Comfort, Pusher-Version



Hohe Wirtschaftlichkeit der gesamten Fertigungskette

Die neue COMPASS BTL Software von AVOLA schließt perfekt die Kette zwischen CAD-System und Maschine.

#### AVOLA MASCHINENFABRIK

A. Volkenborn GmbH & Co. KG

Heiskampstraße 11

D-45527 Hattingen

Postfach 80 02 28

D-45502 Hattingen

Telefon +49 / 23 24 - 96 36-0

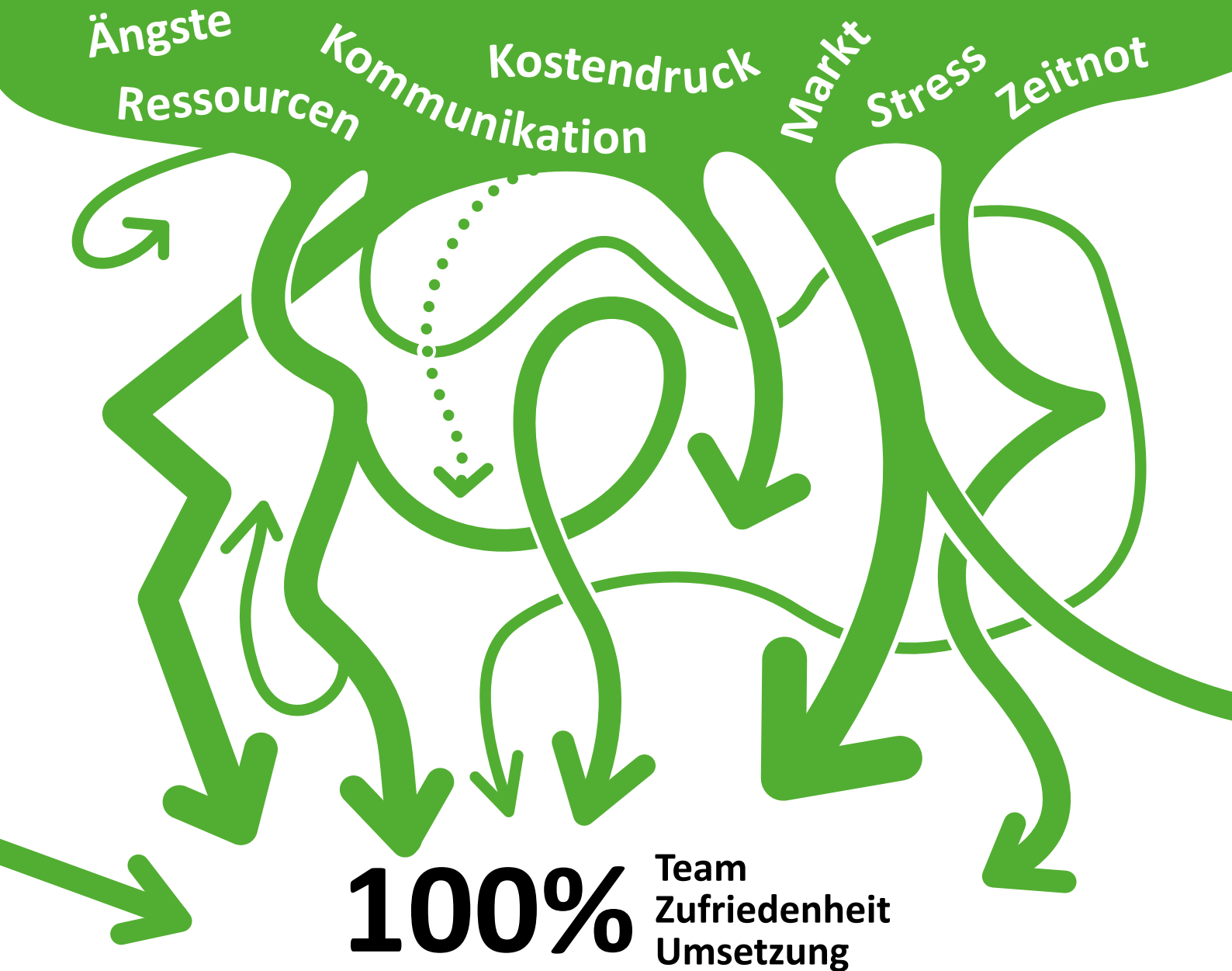
Telefax +49 / 23 24 - 96 36-50

E-mail info@avola.de

[www.avola.de](http://www.avola.de)

# Workshops für Veränderungsprozesse

für Architektur-/Planungsbüros,  
Holzbauunternehmen, Bauverbände



Marco Siems  
0162 – 46 21 651

Mediator  
Kommunikationsdozent



Tanja Hauptstock  
0151 – 11 66 51 32

Mediatorin  
Dipl.-Ing. Baubetrieb



# INNOVATION IM HOLZVERBUND

## Erhöhung der Tragfähigkeit mit Polymerverguss

Alte und geschädigte Holzbalkendecken unter fast vollständigem Erhalt der Originalsubstanz sanieren mit **modifiziertem Polymerverguss**

### ZIELE

- Statische Ertüchtigung mit dem Polymervergussystem „Compono®“
- Signifikante Verbesserung der Schwingungsanfälligkeit
- Schallschutz und Brandschutz mit den Gipsfaserdeckenplatten „GIFAfloor PRESTO“

### VORTEILE

- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Gleichzeitige Nivellierung der Fußbodenebene

### Möglicher Fußbodenaufbau

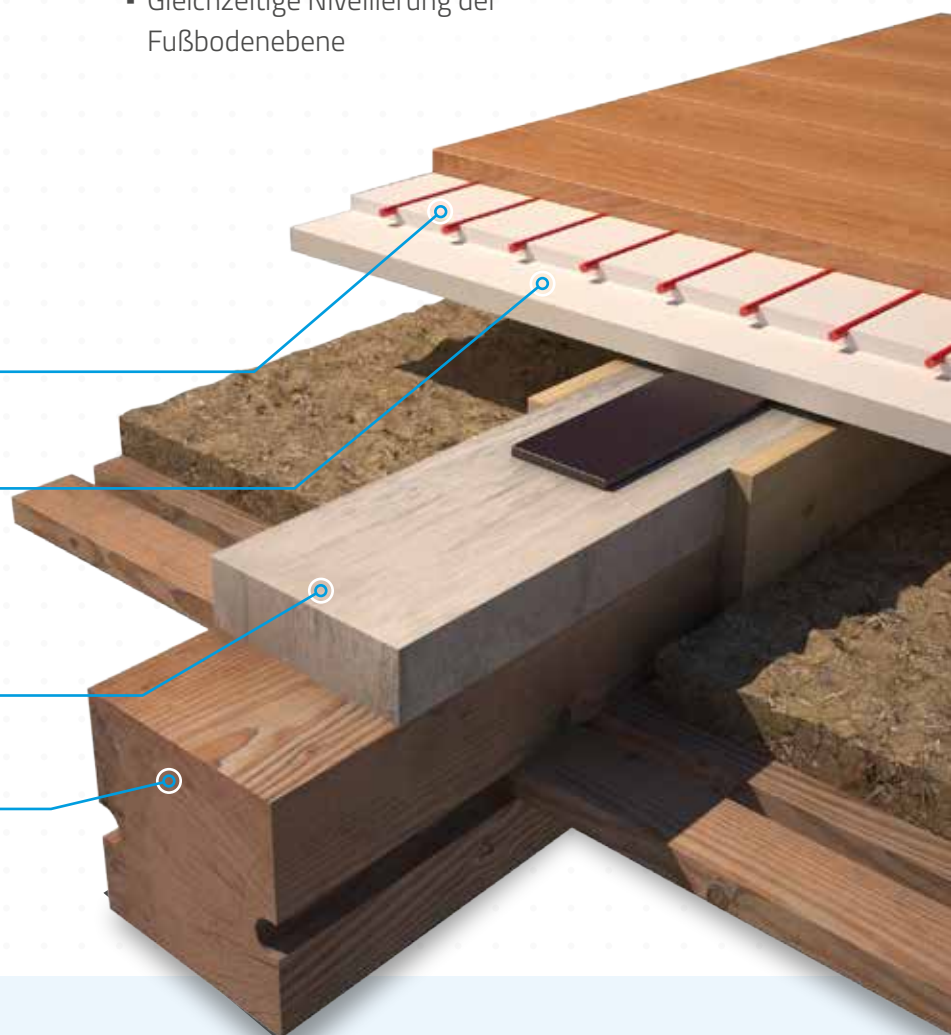
- **GIFAfloor PRESTO 18 mm**  
(für integrierte Fußbodenheizung)

- **GIFAfloor PRESTO 32 mm**

### Statische Ertüchtigung

- **COMPONO®**  
(abZ 10.7-282)

- **Holzbalken**





Die Zukunft? Genau unsere Baustelle.

# **SERIELLES SANIEREN.**



**Serielle Sanierung ist u.a. die energetische Aufwertung von Gebäuden mit modularen und vorgefertigten Elementen.**

Die Brüninghoff Group berät, plant und produziert bis zu 100% vorgefertigte Elemente für schnelle Montagezeiten und maximale Effizienz des Sanierungsprojektes.



# Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser e.V.



**Das RAL  
Gütezeichen.  
Eine sichere  
Sache!**



## Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser (BMF) e.V.

Die BMF wurde 1961 mit dem Ziel gegründet, die Qualität der Produkte und Prozesse ihrer Mitgliedsunternehmen sicherzustellen und neue Standards im Bereich des Fertigbaus zu setzen. Sie ist eine von RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. anerkannte Gütegemeinschaft und vereint rund 130 Mitglieder aus dem In- und Ausland.

Die RAL Gütezeichen der BMF-Mitglieder stehen für Produkte und Dienstleistungen, die klar definierte Qualitätskriterien erfüllen. In den RAL Güte- und Prüfbestimmungen sind diese Kriterien fest verankert und für alle Interessenten öffentlich zugänglich. Die Anforderungen der RAL Gütezeichen werden regelmäßig durch eine unabhängige Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, die BMFcet GmbH, geprüft und bieten ein hohes Maß an Sicherheit für den Endverbraucher. Bauherren können die RAL Gütesicherung des Herstellers als Grundlage für ihre Hausfinanzierung nutzen. Auch bei öffentlichen Ausschreibungen wird dieser Standard als Vergabekriterium herangezogen.

Nutzen Sie gerne das Kontaktformular auf [www.guetesicherung-bau.de](http://www.guetesicherung-bau.de) oder informieren Sie sich per E-Mail oder Telefon über die RAL Gütezeichen und eine Mitgliedschaft in der BMF.

**Bundes-Gütegemeinschaft  
Montagebau und Fertighäuser e.V.**

**Rhöndorfer Straße 85, 53604 Bad Honnef  
[info@guetesicherung-bau.de](mailto:info@guetesicherung-bau.de) / +49 (0) 2224 969152-0**

# cadwork®

## 3D CAD/CAM

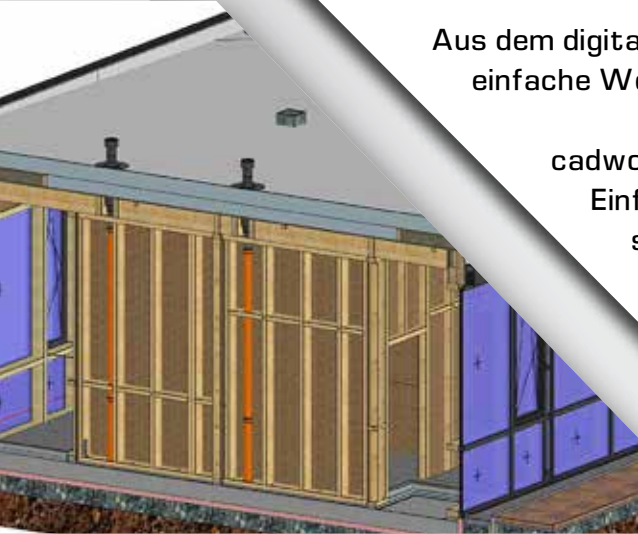
### Die 3D-CAD/CAM Referenz im Holzbau

Unter den Konstruktionsprogrammen ist cadwork die treibende Kraft, wenn es um die Entwicklung und Unterstützung neuester Maschinentechнологien geht.

Aus dem digitalen Gebäudemodell werden Produktionsdaten auf einzigartig einfache Weise abgeleitet. Aufwändige Stammdaten sind unnötig.

cadwork ist leicht zu erlernen - schon nach zwei Tagen Einführungsschulung können Sie mit ihren eigenen Projekten starten.

cadwork hat eine konkurrenzlos einfache Modulstruktur und ist kostengünstig - selbst mit dem Holzbaupaket können Sie jede Konstruktion und jedes Projekt schnell und ohne Einschränkungen erstellen, Listen und Pläne ausgeben.



### 3D CAD/CAM Technology Leader

cadwork is a driving force among design software when it comes to developing and supporting the latest machine technologies.

Part data is uniquely and easily derived from the digital building model. Complex master data is not needed.  
cadwork is easy to learn. After two days of initial training, you can start working on your own designs.

cadwork has an unrivalled simple modular structure and is cost efficient. With the ProBuild package you can quickly design any project, and output lists and shop drawings, without limits.



Folgen Sie uns in den sozialen Netzwerken!  
Follow us on social networks !



## **FERTIGUNGSORGANISATION UND MASCHINENANSTEUERUNG IM HOLZBAU AUF BASIS VON BTL-DATEN**



Mit mehr als 30 Jahren Erfahrung liefern wir maschinenneutrale CAM/CNC-Lösungen für den Holzbau. Wir sind Spezialisten auf dem Gebiet der CNC-Ansteuerung.

### **MES System**

Wir liefern die komplette Fertigungsorganisation in der Werkstatt und haben die volle Kontrolle über die Fertigungswege.

### **BTL-Import**

Wir verarbeiten BTL-Daten aus den unterschiedlichsten CAD-Programmen. Andere Schnittstellen sind möglich.

### **Brettsper Holzverarbeitung**

Unsere Plattenoptimierung für BSH garantiert bestmögliche Materialausnutzung bei minimalem Verschnitt.

### **Staboptimierung**

Wir berechnen die optimale Anordnung der Balken in dem Stab, sodass möglichst wenig Restmaterial entsteht.

Wir können Maschinen der unterschiedlichsten Hersteller und unterschiedlicher Generationen in einem System miteinander verknüpfen und in Fertigungslinien zusammenarbeiten lassen.

# Betonhohldecke trifft Holzwand

## Mehrgeschossiger Hybridbau – schnell, flexibel, wirtschaftlich

Mit der Hybridbauweise entstehen Gebäude mit optimaler ökologischer und bauphysikalischer Qualität, die die Stärken der Baustoffe Beton und Holz kombiniert – ideal geeignet für hohe Anforderungen und größere Holzgebäude.

Dennert hat dazu die bewährte DX-Decke entscheidend weiterentwickelt. Besonders bei Schallschutz und Schwingungsverhalten sind bei Holzbalkendecken bekanntlich nur mit sehr hohem Aufwand zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Gegenüber diesen herkömmlichen Decken verfügt die bahnbrechende DX-Betonfertigdecke nicht nur über einen ausgezeichneten Schallschutz, sondern auch über eine wesentlich bessere Aufnahme von Einzellasten, größere Spannweiten und einen höheren Brandschutz.

Die in die Decke integrierten Hohlräume sorgen für die besondere Leichtigkeit und Holzbau-Kompatibilität der Geschossdecken. Sie können außerdem bei Bedarf optimal als Versorgungs- und Kabelkanäle verwendet werden, ohne die Statik der Decke zu beeinträchtigen.

### Individuell vorproduziert, blitzschnell montiert

Jedes DX-Deckenelement wird individuell und präzise, exakt nach Plan, im Werk gefertigt und just-in-time an die Baustelle geliefert und in kurzer Zeit montiert. Dabei werden alle Besonderheiten – wie beispielsweise integrierte Stürze, Rundungen, Durchbrüche für Versorgungsleitungen,

passgenaue Auflagen für Treppen u. a. – bereits im Werk in die Deckenplatten integriert. Ein speziell entwickeltes Verschlusssystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

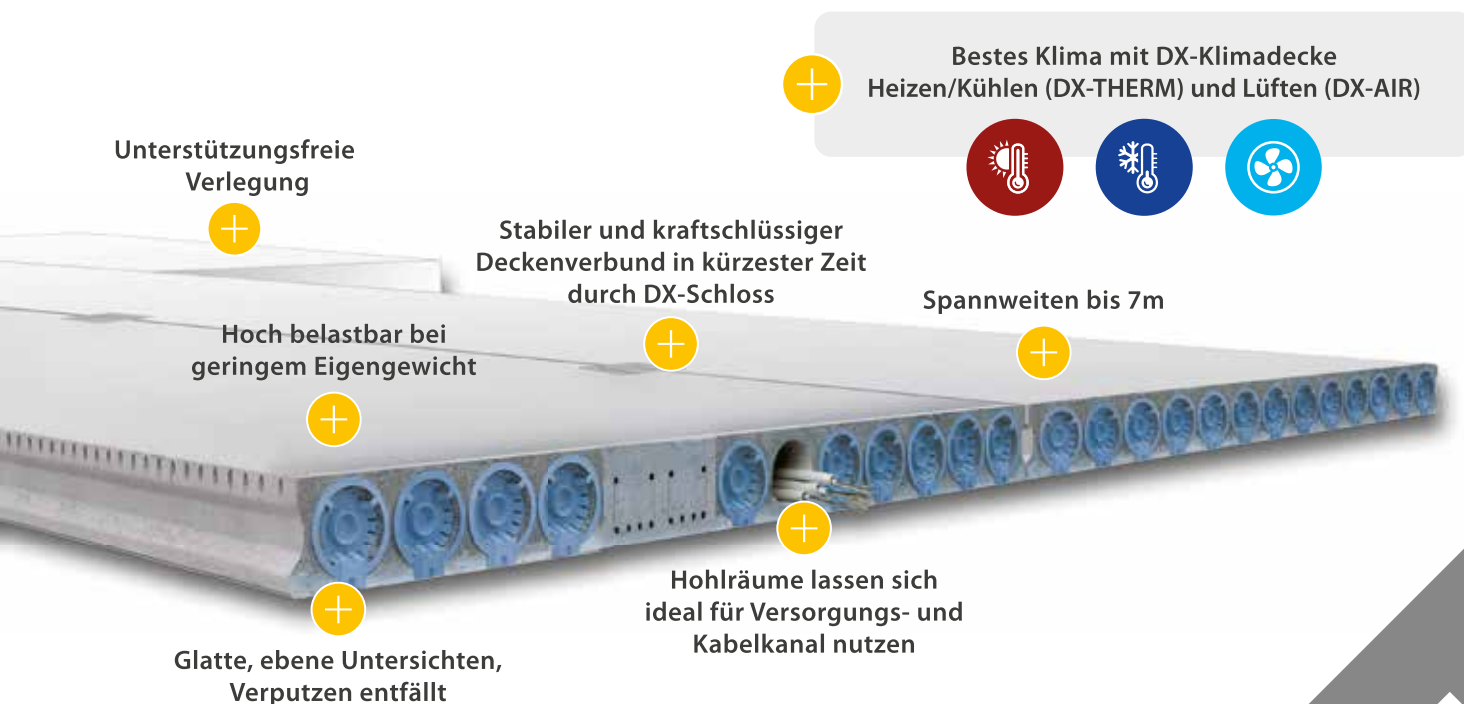
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begebar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

### Multifunktionales Deckenkonzept

Die DX-Decken gibt es auch als energieeffiziente, behagliche Raumklimadecken mit integrierter Flächenheizung bzw. -kühlung (DX-THERM). Die wohlige Wärme wird in Form von Wärmestrahlungswellen gleichmäßig in jeden Winkel des Raumes geführt. Die Heizschlangen werden bereits im Werk in den Deckenspiegel der Fertigdecke eingegossen und auf der Baustelle mit dem Heizkreislauf verbunden.

Mit einer reversiblen Wärmepumpe wird im Sommer aus der DX-Klimadecke eine flächendeckende Raumkühlung, ohne lästige Geräusche oder Zugerscheinungen.

Eine weitere Option ist die wahlweise Ausstattung für den schnellen und wirtschaftlichen Einbau einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage (DX-AIR).



# ROCKWOOL – der starke Partner im Holzbau

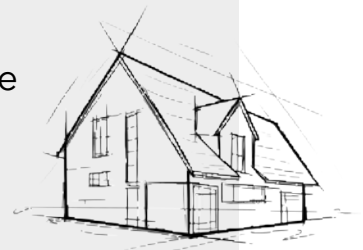
Steinwolle bietet zahlreiche Lösungen für die Dämmung im Holzbau, denn Steinwolle ist sicher, nachhaltig und ökologisch.

**BY  
NATURE.**



## ROCKWOOL Steinwolle ist ...

- in vielfältigen Anwendungen im Holzbau einsetzbar
- die ideale Brandschutzlösung im Bereich Dämmstoffe
- nichtbrennbar, A1, Schmelzpunkt > 1000 °C
- schallschutztechnisch optimal für den Holzbau
- nachhaltig und recycelbar mit Rockcycle®







ECO-TIMBER GmbH & Co. KG  
Franz-Kühne-Str. 6  
37308 Heilbad Heiligenstadt

Tel.: +49 (0) 3606 502310-0  
Mail: [info@eco-timber.de](mailto:info@eco-timber.de)

ECO-TIMBER ist eins der modernsten Holzbau- und Abbundzentren in Deutschland, mit umfangreichen Kapazitäten und vor allem einem professionellen Serviceangebot. Alles aus einer Hand, auch im Holzbau! Die Kombination des hergebrachten Wissens mit modernster Technik zeichnet den innovativen Holzbau aus. Holz steht für Umweltverträglichkeit, niedrige Energie-Bilanzen, Langlebigkeit, Flexibilität und kürzere Bauzeiten. Wir freuen uns auf ein Kennenlernen und die erfolgreiche Zusammenarbeit



## Abbund in drei Qualitäten



## Holzelementbau zertifiziert und individuell



## BauBuche Abbund und Beschichtung

# Die kleine esb-Platte

## speziell für Dachbodensanierungen

**NEU!**

**127,5 x 49,5 cm**

in 15 oder 22 mm  
Stärke

Die handliche Größe der #esbReno ist ideal für enge Dachluken und niedrige Speicher.

Durch ihre weitestgehende Diffusions-offenheit ist die esb-Platte perfekt für die obere Geschossdecke geeignet, die Gefahr von Schimmelbildung in der Dämmung wird minimiert!



Sie möchten mehr über die #esbReno erfahren?  
Einfach QR-Code scannen!



DGNB  
NAVIGATOR

Registrierungs-Code  
5GAXCD  
www.dgnb-navigator.de



- ✓ Handliches Format, Deckmaß 127,5 x 49,5 cm  
Stärke 15 mm (Paket 60 Stück, Plattengewicht 6 kg)  
Stärke 22 mm (Paket 40 Stück, Plattengewicht 9 kg)
- ✓ Heimisches Fichtenholz  
von Natur aus VOC-arm
- ✓ Mindestrohddichte 620 kg/m³
- ✓ Biegefestigkeit & E-Modul in beide Richtungen  
gleich für optimale Plattenausbeute
- ✓ Weitestgehend diffusionsoffen –  
für offene & geschlossene Bauweise
- ✓ Verarbeitungs- & recyclingfreundlich  
durch Verleimung ohne Isocyanate
- ✓ Splitterarme Verarbeitung und  
geschliffene Oberfläche
- ✓ Hoher Schrauben- und Nagelauszugswert

# esbReno



# Immer eine **STARKE VERBINDUNG**

## SYSTEMINNENECKE CLT

Eines unserer neuen Produkte ist die Systeminnenecke CLT. In Kombination angewendet ermöglicht sie eine starke Verbindung von Wandknotenpunkten. Zudem ist die Systeminnenecke eine unschlagbare Lösung für Holz – Holz Verbindungen.



Anwendungsbeispiel der **Systeminnenecke CLT** mit der **KonstruX**

## KONSTRUX VOLLGEWINDESCHRAUBEN

KonstruX Vollgewindeschrauben maximieren die Tragfähigkeit einer Verbindung durch den hohen Gewindeauszieh Widerstand in beiden Bauteilen. Beim Einsatz von Teilgewindeschrauben begrenzt der wesentlich geringere Kopfdurchzieh Widerstand im Anbauteil die Tragfähigkeit der Verbindung.



KonstruX, Senkkopf verzinkt

## HEBEANKER HEBE**FIX** & KUGELTRAGBOLZEN

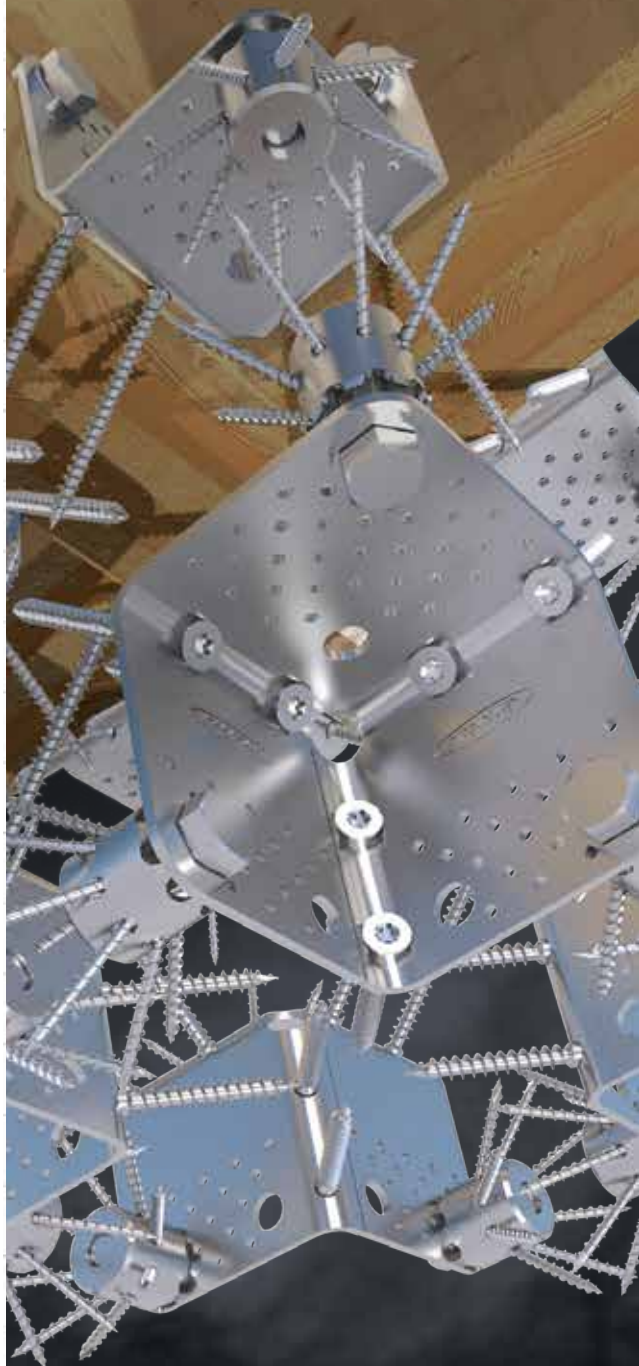
Für die Anwendung mit einem Kugeltragbolzen wurde der ausgeklügelte Hebe**Fix** konzipiert. Vorgefertigte Wandelemente können problemlos mit dem Hebeanker angehoben und transportiert werden. Die Verwendung mit Schrauben erlaubt es den Hebeanker mehrfach einzusetzen.



Anwendungsbeispiel für den Hebe**Fix** in Kombination mit dem **Kugeltragbolzen**



Der Spezialist für Befestigungstechnik



Erfahren Sie mehr über  
unseren Ingenieurholzbau!



# #HolzKannDas

Natürlich. Nachwachsend.

Foto: Zooey Braun/ Nutzer: Max Mannscheck



[baustoffe.fnr.de](https://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



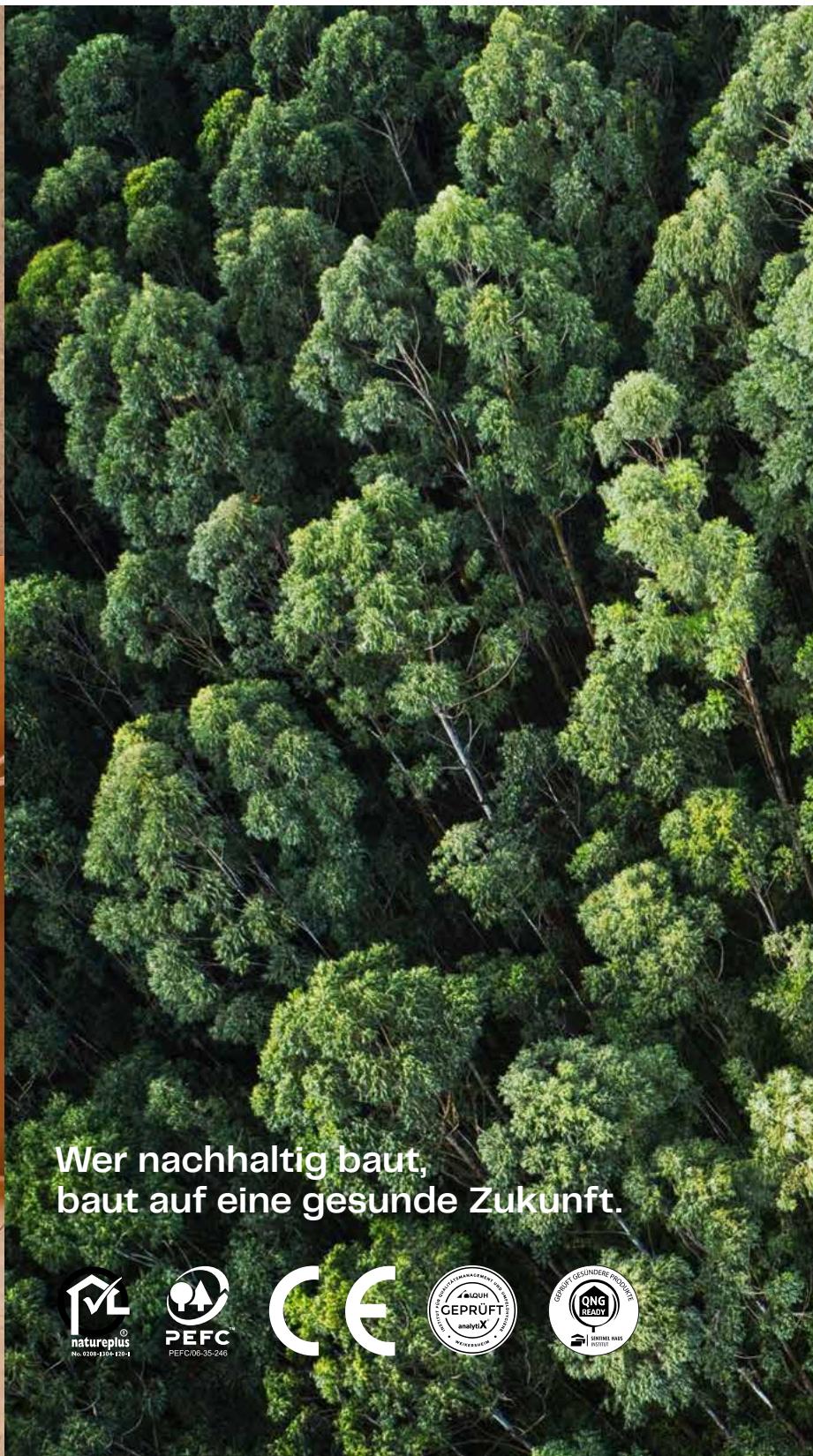
## Funderplan – 100% Naturprodukt zum Wohlfühlen

- raumseitige Beplankung, statisch wirksam, bauseitig auch im Kleinformat
- frisches Faserholz aus regionaler Forstwirtschaft
- Wohnraumgewinn durch schlanken Aufbau
- formschlüssige fugenlose Verbindung
- schnelles Endlosverlegen
- auf Wohngesundheit geprüft
- QNG-zertifiziert

Fundermax  
office@fundermax.at  
www.fundermax.com

For you to create

Fundermax



Wer nachhaltig baut,  
baut auf eine gesunde Zukunft.





# Gaulhofer

 Fenster zum Wohnfühlen

# FENSTER DIE SINN MACHEN

## Zukunfts-Aussichten ökologisch denken

Wir von Gaulhofer wollen Fenster und Haustüren nach höchsten ökologischen Anforderungen fertigen – dafür gehen wir jeden Tag einen Schritt weiter.

Unser jüngstes Werk in Sachen Nachhaltigkeit und „zurück zur Natur“ ist die „Wilde Sortierung“ bei der Holzart Astfichte. Hier wird der Wald eindrucksvoll spürbar – mit Hölzern aus der Region und ressourcenschonender Produktion.



QUALITÄTS  
FENSTER  
MADE IN AUSTRIA



[www.gaulhofer.com](http://www.gaulhofer.com)







# GHAD

Gütegemeinschaft  
Holzbau-Ausbau-Dachbau e.V.

Qualität durch  
Gütesicherung  
ein Plus für Ihr  
Bauvorhaben

Die RAL-Gütesicherung im Holzbau unterstützt Sie dabei, für Ihr geplantes Bauvorhaben ein Unternehmen zu finden, welches die betrieblichen Abläufe von der Warenannahme bis zur Bauabnahme ständig im Auge hat und fortlaufend optimiert.



## Gütesicherung im Holzbau

Nutzen Sie die Vorteile für Ihr Bauvorhaben



[www.ghad.de](http://www.ghad.de)



Ein Unternehmen der ante-Gruppe

## HOLZBAUSYSTEME



- **Dach-/Wand und Deckenkonstruktionen aus CLT**
- **Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse**
- **Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekte**



Als Hersteller von Brettsperrholz bietet HBS großformatige Massivholzelemente welche als Wand-, Decken- und Dachbauteile eingesetzt werden können.

Diese Bauteile sind standardmäßig in den Abmessungen von 3,50 m x 16,00 m herstellbar, Überlängen sind auf Anfrage möglich. Die Bauteilstärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten. Sonderstärken sind ebenfalls auf Anfrage möglich.



Der montagefertige Zuschnitt der Bauteile erfolgt entsprechend der Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen.

Neben der Herstellung von Brettsperrholz unterstützt HBS auch bei der Planung von Massivholzgebäuden.

Für die statische Bemessung steht eine Bemessungssoftware zur Verfügung und Fragen zur Konstruktion oder Bauphysik werden von einem kompetenten Team beantwortet.

**HBS Berga GmbH & Co. KG**  
**Ahornweg 1**  
**06536 Berga - Südharz**

**hbs-berga.de**  
**Tel: +49 34651 451-0**  
**E-Mail: [info@hbs-berga.de](mailto:info@hbs-berga.de)**

**Ist die künstliche Beleuchtung**

**unverträglich geworden?**

**Lignum Biancolegno®**

**bietet die Lösung!**

**LIGNUM BIANCOLEGNO®**

**WEISSE HOLZLASUR AUF WASSERBASIS**

*Erhellen Sie Ihre Räume mit dem Weiß,  
das nicht vergilbt.*



Erfahren Sie mehr auf  
**[www.hdg.it](http://www.hdg.it)**





# Holzbau

Geschoss-  
wohnungsbau  
Objektbau

XXL-Fenster  
Schiebetüren

**WIR**  
realisieren  
**IHRE** Projekte.  
Sprechen Sie  
uns an.

BECKER 360  
Holzbau Becker & Sohn GmbH  
Kolpingstraße 4  
59964 Medebach  
T +49 2982 9214 0  
info@becker360.de  
www.becker360.de

**BECKER  
360**

**Erfahrung, die Werte schafft.  
Seit 1926.**

natur  verbunden

**holzius**  
VOLLHOLZHAUS

Urbaner Holzbau  
ökologisch – naturverbunden – Cradle to Cradle™ Certified (Gold)

---

[www.holzius.com](http://www.holzius.com)

Architekten: VIDA HolzProjekt GmbH

Fotos: ©VIDA HolzProjekt GmbH





**XWORKS**  
Holzkonstruktion Schicht für Schicht

# MASSIV BAUEN MIT XWORKS HOLZBAUELEMENTEN

- Nachhaltig, schnell & effizient
- Hohe Formstabilität & Tragfähigkeit
- Individuell & maßgenau
- Elegante Sichtqualitäten bieten modernes & warmes Wohnambiente

**XWORKS**  
Holzkonstruktion Schicht für Schicht

 **van Roje**  
*Wir bringen Holz in Form*

Holzwerke van Roje SAS GmbH · Ignatz-van-Roje-Platz 1 · 56587 Oberhonnefeld-Gierend  
Tel.: 0 26 34 / 95 59 - 0 · [crossworks@vanroje.de](mailto:crossworks@vanroje.de) · [www.vanroje.de/brettsperholz](http://www.vanroje.de/brettsperholz)





## S540

KLAMMERNIEDERHALTER  
für Robotikanwendung.

SILENCER minimiert die  
Geräuschemission.

Werkzeuglos aufklappbare  
Vorderklappe zur  
SCHNELLENTSTÖRUNG



## WIR KOMMEN ZU IHNEN

Beratung | Installation & Einweisung | After Sales

### TEAM NORD

Maik Gütersloh  
Michael Serafin

### TEAM SÜD

Jens Hödel  
Jörg Paulusch



## ROLLADEN- & SONNENSCHUTZSYSTEME

**Schutz und Komfort rund ums Gebäude sind unser Thema seit 1898: Mit Produkten für Verdunklung und Schutz am Fenster, Sonnen- und Wetterschutz im Freien, mit Torsystemen und umfassendem Service sind wir idealer Partner und Ausrüster für den Holzbau.**

### **Vom Rollladen über die Markise bis zum Tor**

Wir bei Günthner verstehen uns aus Tradition auf Holzbau: In unsere Produkte fließen handwerkliche Erfahrungen ein, mit denen wir ständig unser Portfolio weiter perfektionieren. Deshalb bieten wir unsere wichtigste Produktkategorie, die Kastensysteme der FLEXI FIX-Reihe, bewusst in Varianten an, die ideal für die Integration im Holzbau geeignet sind. Zugleich eröffnen wir durch die individuelle Dimensionierbarkeit dieser Systeme bei einem hervorragenden Dämmwert exzellente Voraussetzungen für die Nutzung bei anspruchsvollen Projekten.

Individualisierbare Rollladen-Panzer, Raffstoren oder Textilscreens in frei wählbaren Abmessungen, in passende Schienensysteme integrierbare Absturzsicherung aus Sicherheitsglas bei bodentiefen Fenstern und noch vieles mehr haben Günthner-Sonnenschutzsysteme zu bieten. Hinzu kommen noch variable Schiebe- und Klappladen-Systeme. Zudem bieten wir Sonnen- und Insektenschutz-Systeme, die auch für die Innenanbringung geeignet sind – all dies natürlich ebenfalls automatisierbar und ins Smart Home integrierbar.

Die Wetter- und Sonnenschutz-Gestaltung für Terrassen und Balkone zählt zu den weiteren Feldern, die Günthner rund ums Haus zu bieten hat. Und die Günthner-Torsysteme als Kipp-, Roll- oder Sektionaltore sorgen für Sicherheit für bewegliche Güter in Garagen oder befahrbaren Hallen.

Die besondere Nähe unseres Portfolios zu Kundenwünschen erklärt sich aus unserem Service-denken: So sind wir nicht nur leistungsstarker Lieferant der vorgenannten Produkte und fertigen auch für bekannte andere Marktteilnehmer als OEM-Lieferant. Günthner ist auch als Dienstleister von der Beratung und Planung über die Montage vor Ort bis hin zum Wartungs- und Reparaturservice aktiv und bleibt so dicht dran an den Wünschen der Endabnehmer und Nutzer der unterschiedlichen Produkte.

## NEUHEITEN!!!

# woodframe FLEXI

[www.guenthner.de](http://www.guenthner.de)



\* Gilt für KEIM Lignosil-Inco und KEIM Lignosil-Verano.



# KEIM LIGNOSIL® EIN MEILENSTEIN FÜR HOLZOBERFLÄCHEN

## DIE WELTWEIT ERSTE SILIKATFARBE FÜR HOLZ.

- Hervorragender Feuchteschutz
- UV-stabil und absolut lichtecht
- Extrem witterungsbeständig
- Unerreicht langlebig
- Samtmatte Oberflächenoptik
- Einfach zu renovieren

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

[www.keim.com](http://www.keim.com)



**STRONG FOR GENERATIONS**

**KLIMAS**

FASTENER TECHNOLOGIES

## NEW CUTTING EDGE WITH ADDED MILLING

TIMBER  
CONSTRUCTION SCREWS

UP TO **40%** **FASTER**  
SCREWING TIME  
compared to old tip of Klimas Wkret-met screws

UP TO **20%** **LESS SCREWING**  
RESISTANCE  
compared to old tip of Klimas Wkret-met screws

### DOUBLE THREAD

GREATLY IMPROVES TIMBER  
PENETRATION SPEED

### HIGH PERFORMANCE

PARAMETERS



CERTIFIED PRODUCTS

more at: [www.klimas.com](http://www.klimas.com) | contact us: [export@wkret-met.com](mailto:export@wkret-met.com)

# LIGNOPRO®

## Vom Produkt zur Lösung.

Koch & Schulte hat mit LIGNOPRO® eine Produktreihe entwickelt, die individuelle Beschichtungslösungen für typische Anwendungsszenarien industrieller Anwender bietet.

Basierend auf unseren langfristig bewährten Holzbeschichtungen, steht LIGNOPRO® für individuell auf die anwendungsspezifischen Anforderungen angepasste Formulierungen. Neben den hervorragenden primären Holzschutzeigenschaften, sind die Produkte auch auf die optimale Maschinengängigkeit abgestimmt.

Mit unseren innovativen und maßgeschneiderten Produkten konnten wir bereits viele bekannte Hersteller überzeugen

*Adding value to your wood!*

**Kontakt:**

Adam Maciejewski  
Vertriebsleiter | Head of Sales

+49 171 23 72 832  
[a.maciejewski@kochundschulte.de](mailto:a.maciejewski@kochundschulte.de)



# Materialeffizient und konfigurierbar

Decken-, Dach- und Wandbauteile sowie Akustikpaneele  
aus LIGNO® Brettsperrholz-Rippenelementen

**30**  
Jahre  
Materialeffizienz



## Tragfähigkeit

Variable Steghöhen für Spannweiten bis 18m,  
Statik mit Schwingungsnachweis



## Sichtoberflächen

Echtholz-Oberflächen – geschlossen  
und in verschiedenen Profilierungen



## Schallschutz / Wärmeschutz

Erhöhter Schallschutz – auch tieffrequent,  
integrierte Wärmedämmung



## Brandschutz

Feuerwiderstand bis REI 90,  
Entflammbarkeit bis B-s1-d0



## Raumakustik

Integrierter Akustikabsorber  
aus natürlicher Holzfaser



## Installationen

Ober- und unterseitige Leitungsführung:  
längs und/oder quer



## Baubiologie

natureplus®-zertifizierte  
gesundheitliche Unbedenklichkeit

**LIGNO TREND®**

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Landstraße 25 | 79809 Weilheim | Deutschland  
Tel.: +49 (0) 7755-9200-0 | Fax: -55  
E-Mail: [info@lignotrend.com](mailto:info@lignotrend.com)

Konfigurieren Sie das individuelle  
Element für Ihr Projekt selbst:  
[www.lignotrend.com/konfigurator](http://www.lignotrend.com/konfigurator)







## OFFSITE-BAU

# Ihr Spezialist für das vorelementierte Bauen

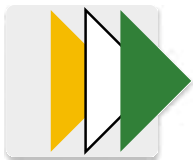
- Softwarelösungen für den Holzbau
- Herstellung und Vertrieb von Verbindungsmitteln aus Stahl für Dach-, Decken- und Wandsysteme
- Von der Projektierung und Statik über die Produktion bis hin zur Montage – ein durchgängiges System

MITEK.DE

MiTek®

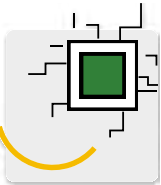
# IHR PARTNER FÜR HOLZBAUSTATIK

Effektive Tragwerksplanung,  
durch Erfahrung und effiziente  
Planungsprozesse.



## RATIONELL IN HOLZ

Erfahrung und optimierte Prozesse bringen uns zu der optimalen Lösung für Ihr Gebäude.



## EINSATZ VON KI SYSTEMEN

Unsere hausinterne Software ermöglicht das Vergleichen von verschiedenen Varianten.



## KOSTENSICHERHEIT

Durch den modellbasierten Ansatz können schon früh genaue Mengen und Kosten ermittelt werden.

## ✓ TRAGWERKSPLANUNG

- Betreuung in allen Leistungsphasen
- Berechnen Sie Ihre Projekte in vollem Umfang im Holz und Massivbau.
- Koordinierung mit anderen Fachplanern

## ✓ PREISWERTE BERECHNUNG

- Wir tragen auch die Brille der Bauherrschaft, deshalb haben wir den Anspruch unsere Dienstleistung schnell und preiswert umzusetzen.
- Ständige Verbesserung unserer Software und interner Prozesse schaffen ungeahnte Effizienzen.

## ✓ ZUFRIEDENE KUNDEN

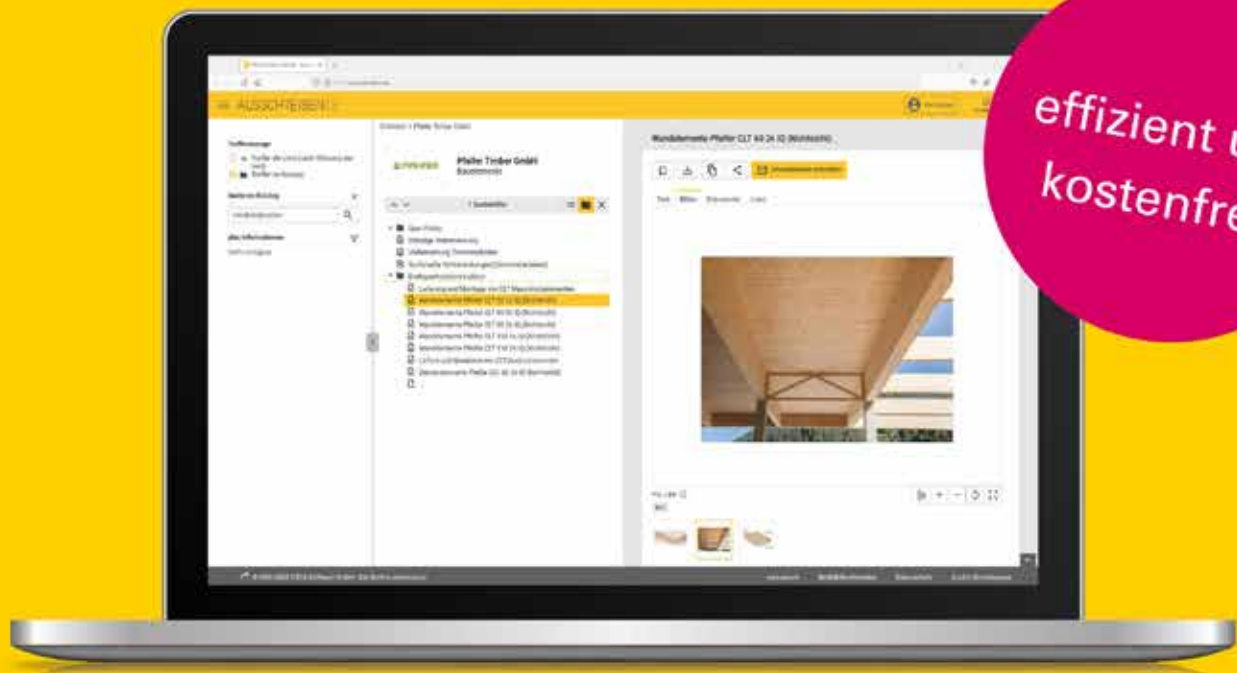
- Unsere Kunden sind Projektentwickler, Holzbauer und private Bauherren. Das sind Sie auch? Dann machen Sie gemeinsam mit uns Ihr Projekt zum Erfolg.



# AUSSCHREIBEN.DE

## Ausschreibungstexte**plus**

Ein **plus** an Digitalisierung!



Nutzen Sie **1,1 Mio. Ausschreibungstexte**  
und **über 3 Mio. plusInformationen**.

## Bauprodukt Daten finden, wählen, nutzen

Mit **Zusatzinformationen** schneller zum Ziel. Ganz gleich welche Planungsphase.  
**Neu!** Benutzerdefinierte Merklisse erstellen und im gewünschten Format exportieren.



# CO<sub>2</sub> reduzieren mit dem **GRÜNEN VERBUNDTRÄGER** und **PUUCO® HOLZVERBINDUNGEN**

-50 %

CO<sub>2</sub>

## **DELTABEAM® Green** im Holz-Beton-Verbund- und Holzbau



Aus über 90% recycelten  
Materialien



Materialeinsparung

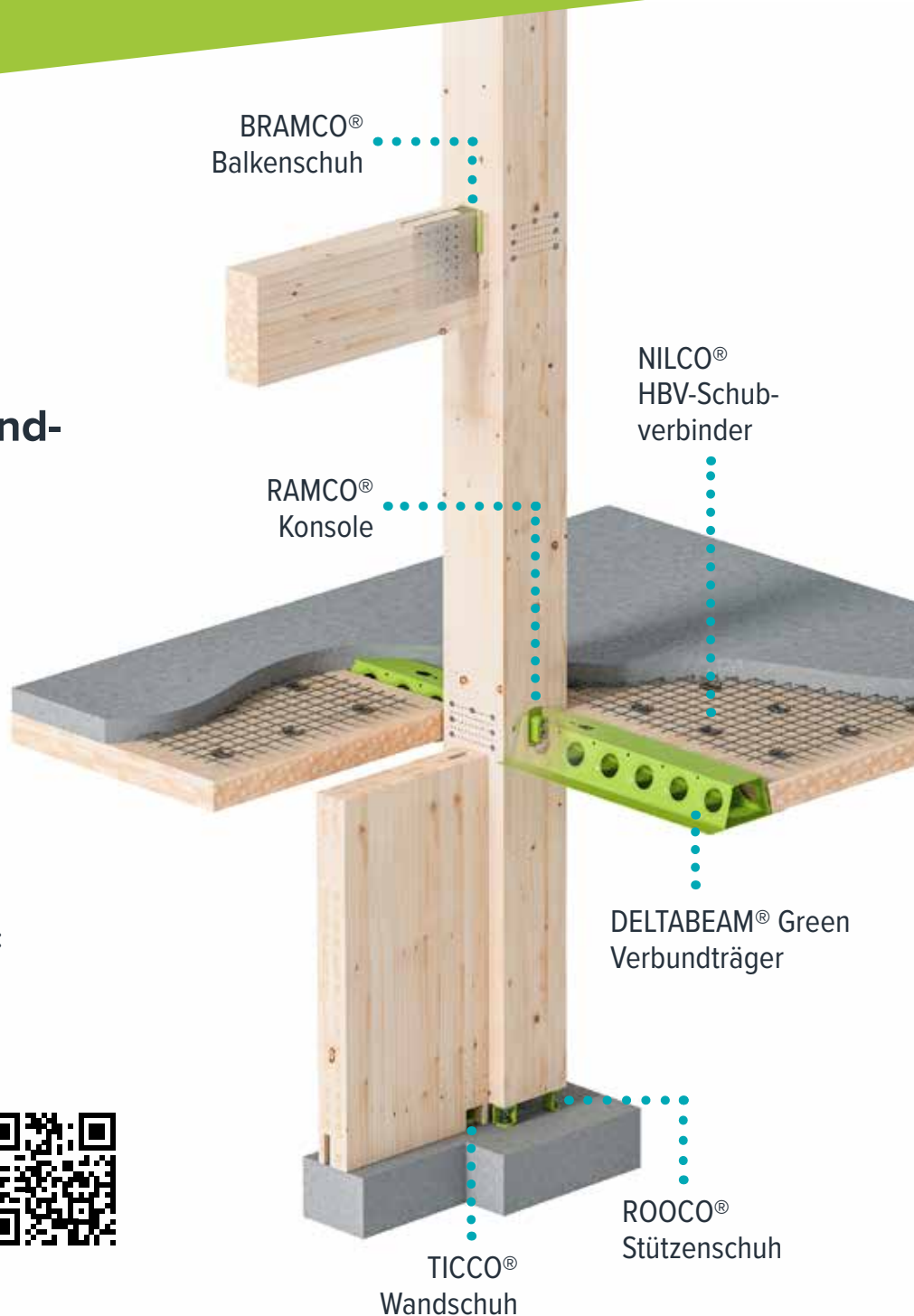
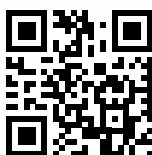


Erneuerbare Energien  
in der Produktion



Green Building Kompatibilität:  
EPD ► LEED / BREEAM

**MEHR ERFAHREN**



**peikko®**





*CLT Brettsperrholz*  
Cross laminated timber CLT



*Massivholzplatten*  
Solid wood panels



*Brettschichtholz*  
Glulam



*We connect people,  
nature and technology.  
For better wood solutions.*

[pfeifergroup.com](https://pfeifergroup.com)



# EINFACH ÖKOLOGISCHER BAUEN

PREMIUMBOARD  
MFP LIVING P5

**100 %**

FORMALDEHYDFREIE  
VERLEIMUNG



Konstruktiv trifft konsequent: PremiumBoard MFP Living P5 legt die perfekte Grundlage für wohngesundes, ressourcenschonendes Bauen. Besonders nachhaltiger Holzmix und formaldehydfreie Verleimung – in einer Platte, die mit hoher Stabilität und einfacher Verarbeitbarkeit den Herausforderungen im modernen Holzbau locker standhält!

Mehr Infos: [pfleiderer.com](https://www.pfleiderer.com)

**MAKE  
YOUR  
VISIONS  
WORK.**



**BauBuche** besitzt eine außergewöhnlich hohe Tragfähigkeit und ermöglicht schlankere Bauteile sowie größere Spannweiten im konstruktiven Holzbau.

Der Hochleistungsbaustoff **BauBuche** eignet sich hervorragend für die Anwendung als stabförmiges Bauteil sowie für Belastungen in Faserrichtung. Das macht **BauBuche** als Stütze und Zug-/Druckstrebe besonders geeignet.

↓  
max.  
569t

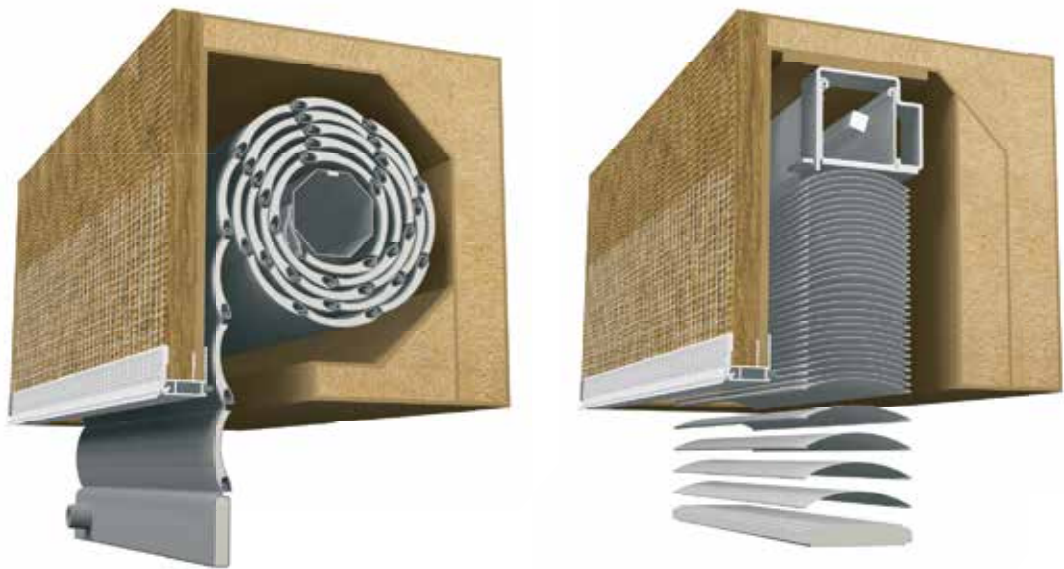
**BauBuche GL75 Stütze 32/56**

Druckfestigkeit in NK1: 59,4 – 70 N/mm<sup>2</sup>

# 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)



# DAS DACH ALS ERLEBNISRAUM

DARUNTER RUHE.



## REGUPOL sound and drain 22

Trittschalldämmung Außenfläche

Messergebnis:

$$L_{n,w}(C_{1,50-2500}) = 41 (+3) \text{ dB}$$





# TECNOLOGISCHE INNOVATIONEN FÜR DEN HOLZBAU TIEF VERWURZELT IN UNSERER DNA



## SYSTEME FÜR DEN HOLZBAU: KNOW-HOW UND INNOVATION

SCM ist seit 70 Jahren führend in der Industrie der Holzverarbeitungstechnologie. Zu verdanken ist dieser Erfolg der Bereitschaft, sich stets an neuen Technologien und Fortschritte anzupassen.

Aus dieser Kombination von Erfahrung und Fortschritt entstehen die **CNC-Abbundanlagen OIKOS und AREA Baureihen** und der **Breitbandkalibrier-Feinschliffautomat DMC SYSTEM XL**, die für die Herstellung von **Strukturbalken, BSP-Wandelementen, Decken, Holzrahmenwänden, Dachstühlen und Dämmplatten** bestimmt sind.

Der Ansatz von SCM in der Holzbauindustrie besteht darin, hochtechnologische Lösungen in Übereinstimmung mit den spezifischen Anforderungen der Kunden und den Trends der Branche zu entwerfen und herzustellen.

**100% Made in Italy-Technologie, die auf den Werten von Know-How und Innovation basiert.**

**FORUM  
HOLZBAU  
DEUTSCHLAND  
KÖLN**  
17./18. Oktober 2023

SCM Deutschland  
Seilerstrasse 2, 72622 Nürtingen  
Tel. 07022-92540  
info@scmgroup.de / www.scmgroup.de

ERFAHREN SIE MEHR



**scm**  
woodworking technology

*is more*



# Glasfassaden als Beitrag zum konstruktiven Holzschutz

Nachhaltige Konzepte für Neubau und Sanierung

Ob zum Schutz der Holzfassade vor Witterungseinflüssen, zusätzlicher Wärmeschutz für eine energieeffiziente Gebäudehülle oder zum Schallschutz in städtischen Neubauten – die Proline T ist der neue Allrounder für eine flexible Fassadenverglasung.





GEWACHSEN ...

...für den  
ausgezeichneten  
Holzbau



Prämiert mit dem Innovationspreis  
Architektur + Bauwesen:

Die ONE-BLOCK Wohnungstrennwand mit einem hervorragenden Luftschalldämmwert von  $R_w = 66$  dB. Es handelt sich dabei um eine massive, rückbaubare, 265 mm dünne Schallschutz-Sichtwand aus **MAGNUMBOARD® OSB** mit biegeweichem, freischwingendem Kern aus PhoneStar Schalldämmplatten.

**SWISS KRONO**  
**MAGNUMBOARD® OSB**

Das massive Holzbausystem



[www.blauer-engel.de/uz76](http://www.blauer-engel.de/uz76)

- emissionsarm
- Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft
- in der Wohnumwelt gesundheitlich unbedenklich



# THERMORY®

Thermory vereint Design und Wissenschaft,  
Schönheit und Innovation.

Als größter Hersteller von thermisch  
modifiziertem Holz und Saunamaterialien können  
wir weltweit auf unzählige Bauprojekte blicken,  
die mit unseren nachhaltigen sowie langlebigen  
Produkten verwirklicht wurden.

NEU:  
Feuerbeständiges Design-Holz von THERMORY

Fassade: Thermory Benchmark Thermokiefer Mix & Match

Foto: Veronika Stuksrud, Wohngebäude in Norwegen

LEAVE A LASTING IMPACT! → [thermory.de](https://thermory.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)

**ZÜBLIN Timber**

Industriestr. 2, 86551 Aichach

Tel. +49 8251 908-0, timber@zueblin.de

# Ihr Spezialist im Holzbau



Medizinhistorisches Museum Ingolstadt  
© Foto: Marcus Ebener

**ZÜBLIN Timber** steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen in allen Bereichen des Holzbaus. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbausysteme – von der Bauteillieferung über den komplexen Ingenieurholzbau und Fassadenbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kund:innen gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

[www.zueblin-timber.com](http://www.zueblin-timber.com)



Wohnbau Spinelli Mannheim  
© Dirk Altenkirch

**ZÜBLIN**  
WORK ON PROGRESS



Vertrieb FORUM **HOLZBAU**, Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz  
T +41 32 372 20 00, [info@forum-holzbau.com](mailto:info@forum-holzbau.com), [www.forum-holzbau.com](http://www.forum-holzbau.com)

ISBN 978-3-906226-57-6