FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

26. Internationale Holzbau-Forum (IHF)

Band I 30. November 2022

Aus der Praxis – Für die Praxis

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

Auftaktveranstaltung
Bauen für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft

IHF Prolog I Architektur-Forum
Seriell versus individuell

IHF Prolog II Fertigbau-Forum
Marktveränderungen in der Wertschöpfungskette Holzbau.
Wie wird sich der Holz(haus)bau verändern.

IHF Prolog III Holzhausbau-Forum
Bauen im Bestand: Alte und neue Potentiale für den Holzbau

Prolog IV Verbindungstechnik-Forum
Aktuelles aus der Verbindungstechnologie

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

26. Internationale Holzbau-Forum (IHF)

Band I 30. November 2022

Aus der Praxis – Für die Praxis

Auftaktveranstaltung

Bauen für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft

Prolog I | Architektur-Forum

Seriell versus individuell

Prolog II | Fertigbau-Forum

Marktveränderungen in der Wertschöpfungskette Holzbau.
Wie wird sich der Holz(haus)bau verändern.

Prolog III | Holzhausbau-Forum

Bauen im Bestand: Alte und neue Potentiale für den Holzbau

Prolog IV | Verbindungstechnik-Forum

Aktuelles aus der Verbindungstechnologie

Das 28. IHF findet vom 29. November–1. Dezember 2023 statt.

Inhalt

Mittwoch, 30. November 2022

AUFTAKTVERANSTALTUNG

Bauen für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft

Holzwohnbau-Studie: Großvolumiger Wohnungsbau in Holzbauweise – Kosten/Kostenvergleich D-A-CH 9
Ludger Dederich, Hochschule Rottenburg, Rottenburg/Neckar, Deutschland

Die Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau – förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen 19
Alexander Rychter, VdW Rheinland Westfalen, Düsseldorf, Deutschland

Potenziale für den Holzbau aus Sicht eines Immobilienentwicklers 27
Martin Löcker, UBM Development, Wien, Österreich

Wie BIM koordinieren? 39
Julian S. Schachner, ODE – office for digital engineering, Wien, Österreich

Open BIM am Beispiel vom Campus RO Die Sicht eines Architekten 51
Laura J. Heidelauf, ACMS Architekten, Wuppertal, Deutschland

Open BIM – Umsetzung in der Haustechnik 63
Andreas Lackenbauer, Ingenieurbüro Lackenbauer, Traunstein, Deutschland

BIM und Holzbau – Sicht des Holzbauers (am Beispiel Campus RO) 73
Bernhard Gineiger, Huber & Sohn, Eiselfing, Deutschland

IHF Prolog I – Architektur-Forum

Seriell versus individuell

Von der «casa di ringhiera» zum Verandahaus 82
Yves Schihin, Oxid Architektur, Zürich, Schweiz

Holzbau digital denken: Integratives computerbasiertes Planen und Bauen 87
Prof. Achim Menges, Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

Zwischen Tradition & Hightech 102
Søren Linhart, Seiler Linhart Architekten, Luzern, Schweiz

IHF Prolog II – Fertigbau-Forum

**Marktveränderungen in der Wertschöpfungskette Holzbau.
Wie wird sich der Holz(haus)bau verändern.**

Cooperate or die – Eine Warnung an die Bau- und Zulieferindustrie 114
Jochen M. Wilms, W Ventures, Berlin, Deutschland

Neue Kette Holzbau – von der Hobelromantik zur zukunftsfähigen Branche 119
Roland Sitzberger, Porsche Consulting, Stuttgart, Deutschland

Baukultur mit System – Nachhaltig Bauen mit Element und Modul 127
Kathrin Merz, Bauart Architekten und Planer, Leitung Modulart, Bern – Zürich – Neuchâtel, Schweiz

Optimierte und flexible Fertigungssysteme der Zukunft 134
Jörg Groß, Weinmann Holzbausystemtechnik, St. Johann-Lonsingen, Deutschland

Nachhaltiges Wohnen für alle – Warum die Bauindustrie einen Technologieschub braucht 146
Bernd Oswald, GROPYUS, Wien, Österreich

BoKlok – Skanska & Ikea's innovative and sustainable wood building concept for the many people in Sweden, Norway, Finland and the UK 151
Jerker Lessing, BoKlok Housing, Malmö, Sweden

Vielfalt mit System – Einsatzmöglichkeiten der Holzrahmenbauweise im mehrgeschossigen Objektbau 158
Stefan Anderl, ELK BAU, Wien, Österreich

Prolog lll – Holzhausbau-Forum

Bauen im Bestand: Alte und neue Potentiale für den Holzbau

Zwischen Denkmalschutz und Urbaner Nachverdichtung – Potenziale für den Holzbau 171
Christof Schremmer, Österreichisches Institut für Raumplanung, Wien, Österreich

Neue Nutzungskonzepte im Bestand: Neue Chancen für den Holzbau 183
Maximilian Luger, Architekten Luger & Maul, Wels, Österreich

Holz & Stein eine urbane Renaissance 189
Richard M. Stoll, Freier Architekt, Heitersheim, Deutschland

Zusammenrücken – vom Einfamilienhaus zum Generationenhaus 199
Oliver Hilt, architekturagentur, Stuttgart, Deutschland

Brandschutz im Bestand – Herausforderungen in der Planung und Ausführung 206
Markus Zimmermann, IHT Ingenieurbüro für Holz + Technik, Schaffhausen, Schweiz

Schallschutz im Bestand – Wege der Sanierung 214
Markus Zehnder, Zehnder Holz und Bau, Winterthur, Schweiz

Prolog Vl – Verbindungstechnik-Forum

Aktuelles aus der Verbindungstechnologie

Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5 223
Ulrich Hübner, Fachverband der Holzindustrie Österreichs, Wien, Österreich

Eurocode 5 – Eingeklebte Gewindestangen 232
Robert Jockwer, Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden

Eurocode 5 – Stiftförmige Verbindungsmittel 246
Frank Brühl, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach, Deutschland

Verschraubte BSH-BSP-Rippenplatten – Versuch und Praxis 257
David Glasner, Institut für Holzbau und Holztechnologie, Technische Universität Graz, Graz, Österreich

Terminus – Timber Office Building with an innovative Seismic Force Resisting System 270
Bernhard Gafner, ASPECT Structural Engineers, Vancouver, Kanada/Bern, Schweiz

Moderation und Begrüssung

Aicher Peter
Präsident Timber Contruction Europe
Kronenstrasse 55 - 58
10117 Berlin, Deutschland

+49 8055 905 115
peter.aicher@aicher-holzhaus.de

Baukmeier Markus
Europäischer Fertigbauverband e.V.
Flutgraben 2
53604 Bad Honnef, Deutschland

+49 222 493 770
markus.baukmeier@meisterstueck.de

Burlet Sandra
Lignum – Holzwirtschaft Schweiz
Mühlebachstrasse 8
8008 Zürich, Schweiz

+41 44 267 47 77
sandra.burlet@lignum.ch

Prof. Dr. Fink Gerhard
Aalto Universität
Otakaari 1B
00076 Aalto, Finnland

+35 850 307 30 90
gerhard.fink@aalto.fi

Fritz Siegfried
Vizepräsident Timber Contruction Europe
Kronenstrasse 55 - 58
10117 Berlin, Deutschland

+43 556 672 748
office@fritz-holzbau.at

Prof. Kaufmann Hermann
Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH
Sportplatzweg 5
6858 Schwarzach, Österreich

+43 5572 581 74
h.kaufmann@hkarchitekten.at

Lange Georg
Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.
Flutgraben 2
53604 Bad Honnef, Deutschland

+49 2224 937 766
g.lange@fertigbau.de

Murhammer Christian
Österreichischer Fertighausverband
Gonzagagasse 4/3/3
1010 Wien, Österreich

+43 1890 22 99
c.murhammer@fertighaus.org

Referenten

Anderl Stefan
ELK BAU GmbH
Siebenbrunnengasse 17
1050 Wien, Österreich

+43 2853 705 157
stefan.anderl@elk.at

Prof. Dr. Brühl Frank
Duale Hochschule Baden-Württemberg Mosbach
Neckarburkener Strasse 8
74821 Mosbach, Deutschland

+49 6261 939 478
frank.bruehl@mosbach.dhbw.de

Prof. Dederich Ludger
Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR)
Schadenweilerhof
72108 Rottenburg a.N., Deutschland

+49 7472 951 147
dederich@hs-rottenburg.de

Fast Tobias
Fast + Epp
00-397 W.7th Ave.
V5Y 1M2 Vancouver, Kanada

+1 604 731 7412
tfast@fastepp.com

Gafner Bernhard
ASPECT Structural Engineers
101-190 3rd Ave West
V5Y 1E9 Vancouver, Kanada

+1 604 616 3013
bernhard@aspectengineers.com

Gineiger Bernhard
Huber & Sohn GmbH & Co. KG
Wasserburger Strasse 4
83549 Eiselfing, Deutschland

+49 8071 919 153
bgineiger@huber-sohn.de

Glasner David
Institut für Holzbau und Holztechnologie
Inffeldgasse 24/I
8010 Graz, Österreich

+43 3168 734 613
david.glasner@tugraz.at

Groß Jörg
WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH
Forchenstrasse 51
72813 St. Johann, Deutschland

+49 7122 829 452 901
joerg.gross@weinmann-partner.de

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

+49 2024 457 134
l.heidelauf@acms-architekten.de

Dr. Hübner Ulrich
Fachverband der Holzindustrie Österreichs
Schwarzenbergplatz 4
1030 Wien, Österreich

+43 1712 260 123
huebner@holzindustrie.at

Prof. Dr. Jockwer Robert
Chalmers University of Technology
Sven Hultins gata 6
41296 Gothenburg, Schweden

+46 3177 265 83
robert.jockwer@chalmers.se

Linhart Søren
Seiler Linhart Architekten
Burgerstrasse 22
6003 Luzern, Schweiz

+41 41 661 20 70
sl@seilerlinhart.ch

Luger Maximilian
Architekten Luger & Maul ZT-GmbH
Bauernstrasse 8
4600 Wels, Österreich

+43 724 243 981
office@luger-maul.at

Merz Kathrin
Bauart Architekten und Planer AG
Laupenstrasse 20
3008 Bern, Schweiz

+41 31 385 15 35
merz@bauart.ch

Rychter Alexander
Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen e.V. (VdW RW)
Goltsteinstrasse 29
40211 Düsseldorf, Deutschland

+49 2111 699 821
a.rychter@vdw-rw.de

Schachner Julian
ode office for digital engineering
Grünbergstrasse 15
1120 Wien, Österreich

+43 664 6016 9752
j.schachner@ode.or.at

Hilt Oliver
architekturagentur
Breitscheidstrasse 131a
70176 Stuttgart, Deutschland

+49 7114 692 19 30
o.hilt@architekturagentur.de

Jerker Lessing
BoKlok Housing AB
Skrivaregatan 1
215 32 Malmö, Schweden

+46 1044 915 93
Jerker.lessing@boklok.se

Lackenbauer Andreas
Ingenieurbüro Andreas Lackenbauer
Nussbaumerstrasse 16
83278 Traunstein, Deutschland

+49 8619 094 960
gf@lackenbauer.de

Löcker Martin
UBM Development AG
Laaer-Berg-Strasse 43
1100 Wien, Österreich

+43 501 873 520
martin.loecker@ubm-development.com

Prof. Dr. Menges Achim
Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 858 19 20
achim.menges@icd.uni-stuttgart.de

Oswald Bernd
GROPYUS AG
Barichgasse 2/4/38
1030 Wien, Österreich

+43 676 6341 345
bernd@gropyus.com

Prof. Sauerbruch Matthias
Sauerbruch Hutton Gesellschaft von Architekten mbH
Lehrter Strasse 57
10557 Berlin, Deutschland

+49 3039 782 10
mail@sauerbruchhutton.com

Schihin Yves
Oxid Architektur GmbH
Münstergasse 18a
8001 Zürich, Schweiz

+41 44 258 90 32
schihin@oxid-arch.ch

Schremmer Christof
Austrian Institute for Regional Studies and Spatial Planning
Franz-Josefs-Kai 27
1010 Wien, Österreich

+43 1533 874 745
schremmer@oir.at

Sitzberger Roland
Porsche Consulting GmbH
Porschestrasse 1
74321 Bietigheim-Bissingen, Deutschland

+49 170 911 57 20
roland.sitzberger@porsche.de

Stoll Richard M.
stollarchitekten
Hauptstrasse 11
79423 Heitersheim, Deuschland

+49 7634 510 913
r.stoll@stollarchitekten.com

Wilms Jochen M.
W Ventures GmbH
Lissaboner Allee 1
44269 Dortmund, Deutschland

+49 160 970 543 41
wilms@wventures.de

Wissounig Dietger
Dietger Wissounig Architekten ZT GmbH
Schlögelgasse 9/1
8010 Graz, Österreich

+43 3168 197 900
dw@wissounig.at

Zehnder Markus
Zehnder Holz und Bau AG
Rümikerstrasse 42
8409 Winterthur-Hegi, Schweiz

+41 52 245 10 63
markus.zehnder@zehnder-holz.ch

Zimmermann Markus
IHT Ingenieurbüro für Holz + Technik AG
Tanne 1
8200 Schaffhausen, Schweiz

+41 43 433 58 28
markus.zimmermann@iht-ing.ch

Mittwoch, 30. November 2022

Auftaktveranstaltung

Bauen für die Immobilien- und Wohnungswirtschaft

Holzwohnbau-Studie: Großvolumiger Wohnungsbau in Holzbauweise – Kosten / Kostenvergleich D-A-CH

Ludger Dederich
Hochschule Rottenburg
Rottenburg/Neckar, Deutschland

zusammen mit
Holger Wolpensinger, HS Rottenburg
Stephan Klein, HS Rottenburg

Holzwohnbau-Studie: Großvolumiger Wohnungsbau in Holzbauweise – Kosten / Kostenvergleich D-A-CH

1. Einleitung

In den europäischen Ballungszentren mangelt es an Wohnraum, allein deutschlandweit fehlen etwa 1,5 Millionen Wohneinheiten (WE). Aus diesem Grund hat die Bundesregierung als Ziel formuliert, landesweit jährlich 400.000 WE zu errichten. Gleichzeitig sieht der Klimaschutzplan der Ampelregierung einen deutlichen Rückgang der Gebäudeemissionen von 209 auf 67 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten bis 2030 vor, was einer Emissionsminderung von 68 % seit 1990 entsprechen würde. Auch andere europäische Länder haben sich verpflichtet, weitreichende Klimaschutzziele umzusetzen. Vor diesem Hintergrund setzen viele der am Bau Beteiligten neben dem energieeffizienten Bauen und dem Einsatz erneuerbarer Energien zunehmend auf den nachwachsenden Baustoff Holz.
Weltweit existieren mittlerweile zahlreiche Hochhäuser in Holzbauweise, die mit zum Teil deutlich mehr als 10 Geschossen das technische Potenzial dieses Baustoffs aufzeigen. Als Beispiel sei auf den 18-geschossigen «Mjøstårnet» im norwegischen Brumunddal verwiesen, der in Holz-Skelettbauweise als Multifunktionsgebäude mit Hotelbetrieb und Büros realisiert wurde und mit Blick auf den Brandschutz den geltenden Sicherheitsanforderungen entspricht.
Doch wie ist es mit Blick auf die Ambition der Politik jenseits der Leuchtturmprojekte um die Erstellung und Verdichtung ganzer Wohnsiedlungen mit mindestens 100 WE bestellt? Neben rechtlichen und technischen Fragestellungen zur Tragwerksplanung, zum Brand- und Schallschutz stellt sich bei diesen großvolumigen Projekten zudem die Frage nach Erfahrungen hinsichtlich der Erstellungskosten.
Ist die Entwicklung eines Wohnquartiers in Holzbauweise oder die Nachverdichtung bestehender Strukturen tatsächlich teurer als eine konventionelle Ausführung in mineralischer Bauweise? Und welche weiteren, nicht unbedingt auf den ersten Blick identifizierbaren Argumente gibt es zudem für kommunale oder private Akteure der Wohnungswirtschaft, Wohnraum in Holzbauweise zu realisieren und bereitzustellen? Diesen Fragen geht seit Anfang 2021 die *Baukosten-Studie zu großen Holzbausiedlungen und -quartieren in Europa* (kurz *Holzwohnbau-Studie*) nach, die im Zuge des Förderprogramms *Zukunft Bau* aus Mitteln des Bundesbauministeriums finanziert wird. Im Rahmen der Studie wird vor allem untersucht, wie Holzbauweisen im Segment der Wohnsiedlungen und Stadtquartiere weiter etabliert werden können, um das Angebot von großvolumigen Wohnungsbauprojekten um eine umwelt- und klimafreundliche Variante im Sinne der notwendigen Bauwende zu erweitern. Deshalb werden zusätzlich zur Erfassung der Erstellungskosten bereits realisierter Siedlungs- und Quartiersprojekte in Holz- und Holzhybridbauweise systematisch die Beweggründe der Bauherren bzw. Investoren erfasst und ausgewertet.
Umfangreiche Recherchen zum Stand der Forschung haben gezeigt, dass bis dato keine wissenschaftlichen Studien über die zu Siedlungen und Stadtquartieren in Holzbauweise aufgeworfenen Fragestellungen existieren. Die Klärung dieser Fragen hat definitiv an Relevanz gewonnen, da die Recherchearbeit deutlich zeigt, dass insbesondere die Verantwortlichen kommunaler Wohnungsbauunternehmen verstärkt auf Holzbauweisen zur Bewältigung der Wohnraumnachfrage setzen und entsprechende Vorhaben umsetzen wollen – und zuweilen auf Grund politischer Entscheidungen in den Städten und Gemeinden auch umsetzen müssen.
Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse sind insofern vorläufig, als dass die Studie erst Ende 2022 fertiggestellt wird.

2. Projektrecherche und Dokumentation großvolumiger Projekte in Deutschland und Europa

Die Untersuchung war ursprünglich auf die Evaluierung von etwas mehr als 30 Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holz- und Holzhybridbauweise mit mindestens 100 Wohneinheiten ausgelegt, die zusammen 7.144 WE umfassen (davon 16 Vorhaben in Deutschland mit 3.862 WE). Aufgrund systematischer und weitergehender Recherchen im europäischen Raum, die im Vorfeld der Studie in dieser Intensität nicht möglich waren, konnten bislang etwas mehr als 80 weitere Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holz- und Holzhybridbauweise in Europa identifiziert werden, davon 31 weitere Projekte in Deutschland. Zu Beginn der Forschungsarbeit war dieses Volumen nicht absehbar, weil davon ausgegangen wurde, im Zuge der Vorrecherchen bereits den überwiegenden Teil der wesentlichen realisierten bzw. in Planung befindlichen Projekte erfasst zu haben.
Aktuell sind 118 Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holzbauweise mit mehr als 100 Wohneinheiten in Europa erfasst, von denen 83 Projekte bis 2022 fertiggestellt sind. 76 Projekte befinden sich in der D-A-CH-Region (D = Deutschland; A = Österreich; CH = Schweiz), 19 Projekte im skandinavischen Raum sowie 23 Projekte in anderen europäischen Ländern (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Regionale Verteilung der recherchierten Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holz- und Holzhybridbauweise mit mehr als 100 Wohneinheiten

	Projektanzahl	**Wohn- bzw. Nutzungseinheiten**
D A CH	76	25.141
Skandinavien (DK, FI, S, N)	19	7.242
Sonstige (I, F, GB, NL, LV,)	23	6.822
Summe	**118**	**39.205**

Abbildung 1 zeigt die identifizierten Projekte und Quartiere, differenziert nach ihrer Größe (Anzahl WE) und dem Jahr der Fertigstellung. Im Rahmen von Projektrecherche und Dokumentation wurde für die bislang realisierten Projekte in Deutschland jeweils ein Steckbrief angelegt, der im Rahmen eines Abschlussberichts Ende 2022 veröffentlicht wird.

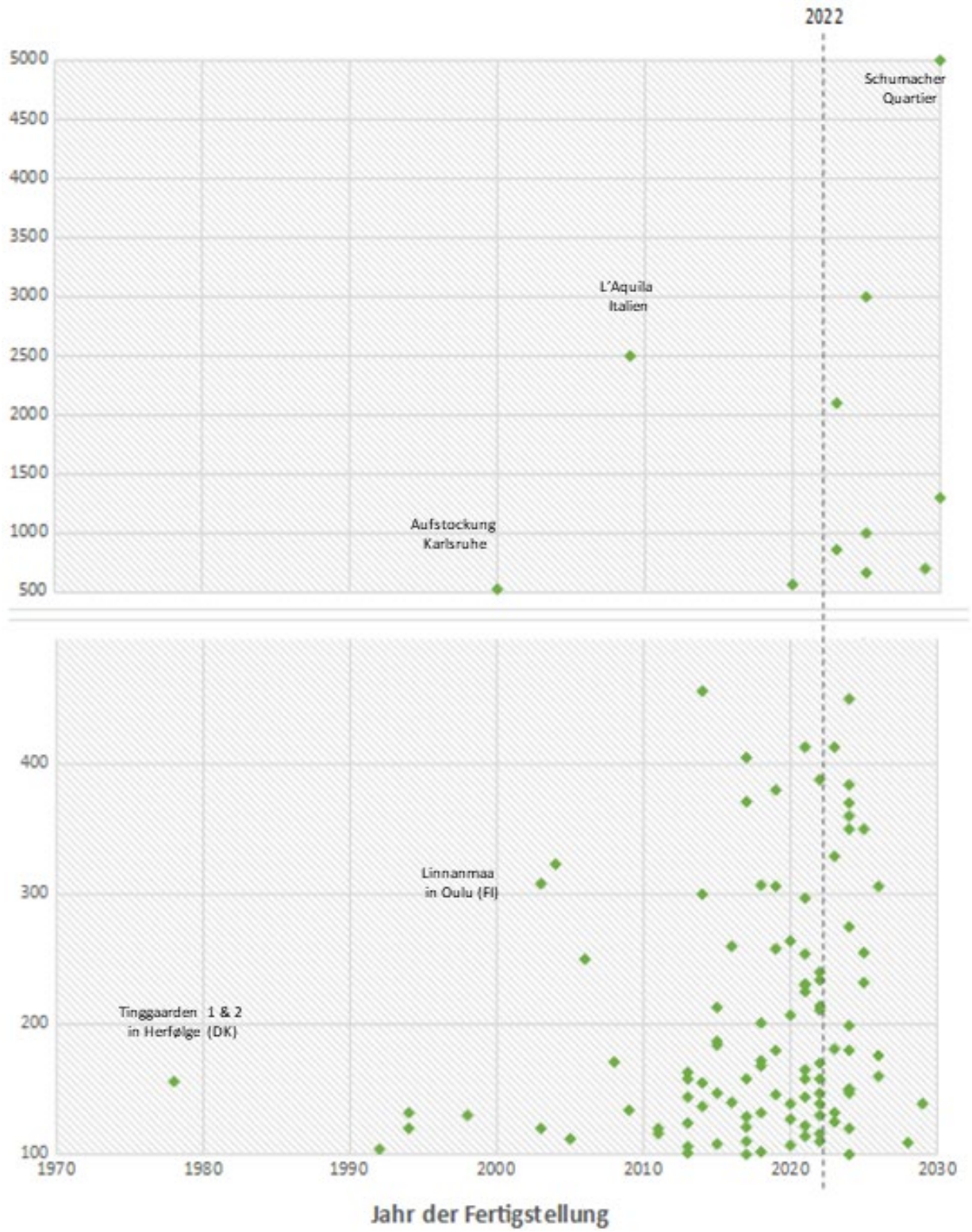


Abbildung 1: Datenwolke der untersuchten Projekte und Quartiere, differenziert nach Größe (Anzahl WE) und Jahr der Fertigstellung

Veröffentlicht sind die recherchierten und systematisch untersuchten Holzbauprojekte zudem auf einer eigenen Webseite des Forschungsvorhabens unter www.holzwohnbau.eu. Darüber hinaus ist für Ende 2022 eine Publikation in der Schriftenreihe des Informationsdienstes Holz geplant, in der die Studienergebnisse für die Fachöffentlichkeit aufbereitet werden.

Abbildung 2: Beispiel für großvolumigen Holzwohnbau: Holzbausiedlung im Prinz-Eugen-Park, München (Foto: Johann Hartl)

2.1. Methodischer Ansatz

Im Fokus der Untersuchung standen Projekte mit überwiegender Wohnnutzung, also solche, bei denen die Nutzfläche zu mindestens 60% für Wohnzwecke genutzt wird. Als Sonderformen des Wohnungsbaus wurden Beispiele für studentisches Wohnen und Hotels berücksichtigt. Dabei handelt es sich um Nutzungen, die der Wohnnutzung ähnlich sind, unabhängig davon, dass für diese abweichende ordnungsrechtliche Voraussetzungen gelten (hier für Beherbergungsstätten). Reine Büro-, Gewerbe- oder Industriebauten wurden in der Arbeit grundsätzlich nicht betrachtet.

Unterscheidung Quartiere, Siedlungen, Gebäude
Die ursprüngliche typologische Klassifizierung der Quartiere und Siedlungen wurde zusätzlich um (Einzel-)Gebäude erweitert. Entsprechend dieser Klassifizierung entfallen 61 der bislang 118 zu untersuchenden Projekte auf Wohnsiedlungen (47 realisierte), zu denen 22 urbane, i.d.R. nutzungsgemischte Quartiere (10 realisierte) kommen sowie 35 große Einzelgebäude (24 realisierte), die jeweils mehr als 100 WE umfassen.

Große Wohnungsbauprojekte / Vorhaben mit mehreren Bauabschnitten
Eine besondere Herausforderung stellte die Handhabung großer Quartiere oder Siedlungen dar, da diese häufig mehrere Teilvorhaben umfassen. Dies ist bspw. bei den Vorhaben *Mühlweg* in Wien oder *Prinz Eugen-Park* in München der Fall.
Großprojekte dieser Art zeichnen sich dadurch aus, dass für diese städtebaulich jeweils nur ein Plangebiet ausgewiesen wurde, welches in baulich und gestalterisch unterschiedliche Teilflächen aufteilt ist. Um diese Großprojekte adäquat zu erfassen, wurden sie entsprechend ihrer einzelnen Bauabschnitte in einem gemeinsamen Steckbrief zusammengefasst dargestellt und teilweise mit Fotogalerien dokumentiert.
Die Erfassung der Baukosten der großen Quartiere bzw. Siedlungen mit mehreren Bauabschnitten erfolgte in zwei Schritten: Zuerst wurden die Baukosten der einzelnen Bauabschnitte ermittelt, um dann einen Durchschnittswert für das Gesamtvorhaben ermitteln zu können.

2.2. Zeitliche Zuordnung der Projekte

Insgesamt wurden die Siedlungen und Stadtquartiere für die Bearbeitung drei Kategorien in Bezug auf die Umsetzungszeiträume zugeordnet:

- die Kernprojekte, die zwischen 2010 und 2022 fertiggestellt wurden oder werden,
- die Pionierprojekte, die vor bzw. bis 2009 realisiert wurden, und
- die Projekte in Planung und Umsetzung, die erst nach 2022 fertiggestellt werden.

Für alle Projekte wurden Umfang, Geschosszahl, Holzbauweise sowie weitere Daten erfasst. Auf diese Weise wurde über den gesamten betrachteten Zeitraum hinweg die holzbauspezifische technische Entwicklung dokumentiert und die Projekte entsprechend klassifiziert. Eine umfassende Recherche der Baukosten mit Verifizierung und Jahres- und Regionalfaktoren erfolgte jedoch ausschließlich für die Kernprojekte. Für die Projekte in Planung und Umsetzung liegen naturgemäß die notwendigen Daten noch nicht verlässlich vor, für die Pionierprojekte vor 2010 konnten die Angaben für die aktuelle Fragestellung nicht mehr hinzugezogen werden, da sich seitdem einerseits der Wohnungsmarkt deutlich verändert hat, andererseits die Holzbautechnologie intensiv weiterentwickelt wurde.
Aufgrund der Kategorisierung lassen sich weitere forschungsleitende Fragen ableiten. So geht der EU-Ländervergleich der Frage nach, wo sich die Projekte befinden. Gibt es nennenswerte Unterschiede? Gibt es eine Häufung der Projekte in einzelnen Ländern oder Länderregionen (D-A-CH? Skandinavien)? Welche unterschiedlichen Voraussetzungen sind in diesem Zusammenhang relevant (Baukultur? Bauordnungsrecht?)?
Eine Größenanalyse geht der Frage nach, wie sich die Projekte hinsichtlich ihrer Volumina im Dekadenvergleich entwickelt haben, und welche Projekte welcher Größe und in welchen Phasen entstanden sind.
Eine Akteursanalyse widmet sich der Frage, ob es unter den etwa 100 Kontakten zu Projektbeteiligten (Investition, Projektentwicklung, Architektur, Holzbauplanung usw.) solche gibt, die mehrfach an Projekten beteiligt sind. Eine weitere Frage widmet sich der Gestaltung von Finanzierung und / oder Förderung der einzelnen Bauvorhaben.

3. Kosten der Herstellung

In den Vorrecherchen zu dieser Studie zeigte sich, dass die Baukosten in (Fach-) Veröffentlichungen häufig wenig präzise benannt werden. Selten sind Angaben dahingehend, welche Baukosten genau gemeint sind. Ob es sich also um die Netto- oder Bruttoangaben handelt, welche Kostengruppen berücksichtigt wurden, oder ob es die Bruttowohn-, Nettowohn- oder Nutzflächen sind, auf die sich die Kostenangaben beziehen, wurde und wird oft nur unzureichend dargestellt.
Bei Recherchen zum Stand der Forschung konnten aktuelle Studien hinzugezogen werden, die die Baukosten vergleichbarer Gebäudetypen unterschiedlicher Materialität (Holzbauweise im Vergleich zu mineralischen Bauweisen) miteinander vergleichen. So stellt eine Studie der Firma Rhomberg Bau einen Unterschied der Erstellungskosten von 0,6 % zwischen Holz- und mineralischer Bauweise fest. Ein weiteres Vorhaben, das diesem Vergleich dienen könnte, ist die das Vorhaben *Johannisgärten* in Berlin, deren Ergebnisse bisher nicht öffentlich zugänglich sind. Dort wurden baugleiche Gebäude in verschiedenen Bauweisen errichtet. Von insgesamt 314 WE wurden 114 WE in Holzhybridbauweise realisiert, die übrigen in mineralischer Bauweise.

Abbildung 3: Beispiel für großvolumigen Holzhybridbau: Studierendenwohnanlage «Siepenfeld», Bochum (Foto: Sigurd Steinprinz)

Im Vordergrund der Kostenanalyse standen die Erstellungskosten der Vorhaben in D, die zwischen 2010 und 2022 realisiert wurden. Dabei wurden – sofern diese Angaben ermittelt werden konnten – jene zu den Kostengruppen (KG) 300 und 400 erfasst, bezogen auf die Brutto- und Nettogeschossfläche (in Euro/m^2).
Untersucht wurde weiterhin, ob Fördergelder eine Rolle gespielt haben, ob Unterschiede aufgrund der verschiedenen angewandten Holzbauweisen festzustellen waren, oder ob es bestimmte Bauweisen gibt, die sich als besonders kostengünstig bzw. preiswert eignen. In Anknüpfung an bestehende Studien (z.B. der Firma Rhomberg Bau) wurden zudem die Baukosten von Siedlungen und Quartieren in Holzbauweise mit mineralischen Projekten eines vergleichbaren Baustandards verglichen.
Die bislang durchgeführte Datenerhebung erbrachte keinen Hinweis darauf, dass für Bauvorhaben in Holzbauweise generell Mehrkosten von 10 bis 15 % gegenüber mineralisch errichteten Gebäuden anzusetzen sind. Da die Analyse der Projektkosten (KG 300 und 400) zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Beitrags noch nicht abgeschlossen war, sei an dieser Stelle auf den Abschlussbericht verwiesen, der Ende 2022 auf der Homepage des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) unter der Rubrik «Veröffentlichungen» erscheinen wird (siehe www.zukunftbau.de).

4. Motive für die Nutzung von Holz als wesentlichen Baustoff

Neben der Ermittlung der Baukosten wurden im Rahmen der Studie jene Optimierungspotentiale im Bereich von Planung, Genehmigung und Realisierung untersucht, die künftig zu einem vermehrten Einsatz von Holz in der Wohnungswirtschaft führen können. Die entsprechenden Motive der Projektbeteiligten bzw. -verantwortlichen in Hinblick auf die Frage, warum der Baustoff Holz als wesentlicher Baustoff gewählt wurde, wurden in einem zweistufigen Verfahren Befragungen durchgeführt.
Zum einen wurde Mitte 2021 eine Umfrage in Form einer Multiple Choice-Abfrage mit 11 Fragestellungen durchgeführt, die sich in erster Linie an die Hauptbeteiligten der untersuchten Holzwohnbau-Projekte im deutschsprachigen Raum richtete. Bei den Fragen standen die Argumente und Vorbehalte im Vordergrund, die üblicherweise für oder gegen das Bauen mit Holz sprechen. Die Fragen zielten zudem auf erste Anhaltspunkte zu den Erstellungskosten der Holzwohnbauten sowie auf mögliche Vorteile der Holzbauweise gegenüber mineralischen Bauweisen aus Sicht der an den Projekten Beteiligten ab. Von 102 angefragten Projektbeteiligten lagen letztendlich 26 Rückmeldungen vor.
Ergänzend zu der Multiple Choice-Umfrage wurden von den recherchierten Vorhaben Beteiligten drei ausgewiesene Akteure aus Wohnungswirtschaft und Tragwerksplanung im Zuge qualitativer Interviews zu ihren Motiven bzw. Erfahrungen befragt. Durchgeführt wurden die Interviews in der ersten Jahreshälfte 2022 statt und vertieften bzw. ergänzten die Ergebnisse der Multiple Choice-Umfrage.

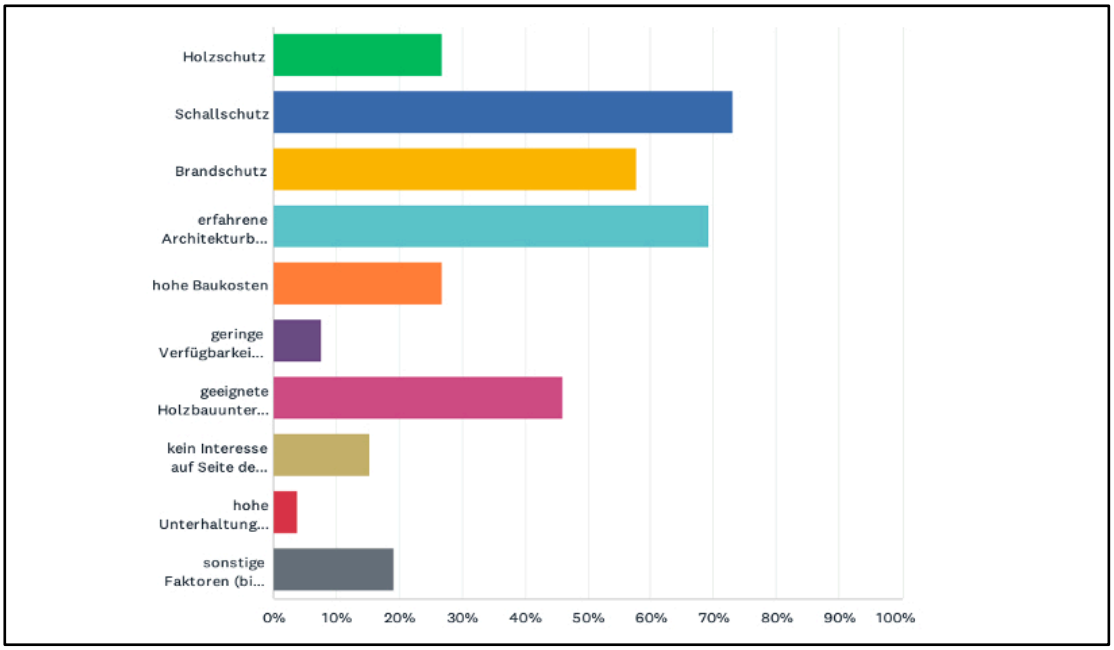


Abbildung 4: Beispiel aus der Auswertung der Multiple Choice-Umfrage; hier zu der Fragestellung: Welche der folgenden Faktoren sind Ihrer Meinung nach bei der Planung und Ausführung von Bauvorhaben in Holzbauweise besonders kritisch?

4.1. Schlussfolgerungen aus der Multiple Choice-Umfrage

Die Multiple Choice-Umfrage zu den Motivationen und Hindernisse für den Holzbau sowie zu den Erstellungskosten großvolumiger Wohnungsbauvorhaben in Holzbauweise lassen drei Schlussfolgerungen zu:

- Expertenwissen:
  Die 102 befragten Akteure wurden ausschließlich aus jenen Unternehmen generiert, die an der Realisation der Wohnbauten und -quartieren beteiligt waren, die Gegenstand dieser Studie waren. Insofern ist davon auszugehen, dass ein überwiegender Teil der Befragten zumindest über grundsätzliche Kompetenzen bezüglich des Bauens mit Holz verfügt, welches vor allem bei den Fachplanern technisch ausgerichtet ist.
- Zustimmung für den Holzbau:
  Obwohl die befragten Akteure mehrheitlich die Holzbauweise als teurer im Vergleich zu einem entsprechenden Vorhaben in mineralischer Bauweise einschätzten, würde die überwiegende Anzahl der befragten Akteure in Zukunft wieder Vorhaben in Holzbauweise realisieren.
- Optimierungspotential:
  Die an der Multiple Choice-Umfrage Beteiligten attestierten den verschiedenen zur Anwendung gekommenen Holzbauweisen erhebliches Optimierungspotential. Dieses Potential wird sowohl bezogen auf die Erstellungskosten als auch auf die Möglichkeiten der Rationalisierung von Planung und Umsetzung gesehen. Dazu kommt ein erhebliches ökologisches Potenzial, welches den Holzbauweisen seitens der befragten Akteure bescheinigt wurde.

4.2. Schlussfolgerungen aus den qualitativen Interviews

Die Umsetzungsempfehlungen deuten an, wie dieses Rationalisierungspotenzial gehoben werden könnte. Die Analyse der quantitativen Interviews zeigt vor allem vier Faktoren, die seitens der interviewten Experten hervorgehoben wurden: *Standardisierung und Serialität*, *Baupartnering*, *BIM und Vorfertigung* sowie *Holzbaukompetenz*. Diese Hinweise können als grundsätzliche Schlüsselfaktoren einer weiter optimierten Planung und Herstellung großvolumiger Wohnungsbauvorhaben in Holzbauweise interpretiert werden:

- Standardisierung und Serialität:
  Hinsichtlich Raumprogramm bzw. Bautechnik standardisierte Bauvorhaben könnten den Planungsprozess vereinfachen und verkürzen sowie die Erstellungskosten deutlich senken. Die in diesem Zusammenhang genannten Aspekte sind die Serialität und der Rückgriff auf bereits realisierte bautechnische Lösungen sowie Wohnungsgrundrisse. Rationalisierung lasse sich zudem durch so genannte Typengenehmigung von Holz- und Holzhybridgebäuden seitens der Bauaufsicht erreichen, was eine zügigere und planungssichere Bauabwicklung zur Folge hätte.
- Baupartnering / Bauteam:
  Beim Baupartnering finden projektbezogene Teams der am Bau Beteiligten einschließlich der Ausführenden bereits in einer frühen Planungsphase zusammen. Auf diese Weise könnten die Kompetenzen der Planenden und die Besonderheiten der Fertigungs- und Montageprozesse der ausführenden Holzbauunternehmen frühzeitig berücksichtigt und zusammengeführt werden. Dieses Vorgehen könne zu einer Kostensenkung von 10 % bis 25 % führen. Seitens der Befragten wurde betont, dass das Prinzip des Baupartnerings bzw. des Bauteams für die Realisierung von großvolumigen Holzbauten zwingend erforderlich sei, um bezüglich der Qualität und der Kosten zielgerichtet zu erfolgreichen, d.h. wettbewerbsfähigen Ergebnissen zu gelangen.
- BIM und Vorfertigung:
  Ein weiterer Aspekt mit einem Rationalisierungspotenzial sei die konsequente Nutzung des Building Information Modeling (BIM). Die in diesem Zusammenhang erzeugten Planungsdaten stehen in direkter Verbindung mit der Produktion der Holzbauelemente und werden für einen optimierten Abbund bzw. eine optimale CNC-Bearbeitung im Zuge der Vorfertigung als geradezu zwingend notwendig angesehen. BIM ermögliche und vereinfache zudem die CO_2-Betrachtung bzw. Bilanzierung innerhalb der Herstellphase des Gebäudes. Bezüglich der Vorteile der Vorfertigung nannten die Experten die Schnelligkeit und Sauberkeit, mit der die Holzbauelemente auf der Baustelle montiert würden (mit entsprechenden Zeit- und Qualitätsvorteilen gegenüber mineralischen Bauweisen).
- Holzbaukompetenz:
  Beton wurde mehrfach, hinsichtlich Architektur und Tragwerks- bzw. sonstiger Fachplanung auf Akteure mit ausreichender Holzbaukompetenz zurückgreifen zu können. Entsprechenden Kenntnissen und Erfahrungen seien in Österreich, der Schweiz und im süddeutschen Raum gegeben. In den übrigen Regionen Deutschlands sei es im Unterschied dazu nicht einfach, entsprechende Kompetenzen und Qualifikationen zu identifizieren.

Weitere Hinweise und Empfehlungen:
- Verbesserung der Koordination zwischen den Gewerken von Holz- und Betonbau;
- Beachtung der neuen Anforderungen des GebäudeEnergieGesetzes (GEG 2020) sowie der Energieeffizienz über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes;
- Berücksichtigung robuster und langlebiger Holzbauteile;
- Verwendung holzsparender Bauweisen (z.B. Holztafelbauelemente) in Hinblick auf eine mögliche künftige Holzverknappung in Europa und weltweit.

Abschließend sei angemerkt, dass das Wissen um die Relevanz der oben genannten Schlüsselfaktoren für ein optimiertes und rationelles Bauens mit Holz noch nicht flächendeckend bei den Akteuren und Verantwortlichen bekannt ist. Die vorliegende Forschungsarbeit möchte u.a. einen Beitrag dahingehend leisten, die bereits vorhandenen Holzbaukenntnisse und -erfahrungen unter den Architekten, Fachplanern und (Holz-) Bauunternehmen innerhalb der gesamten Bau- und Wohnungswirtschaft zu vermitteln.

5. Literatur (Auszug)

[1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Das neue Klimaschutzgesetz – Jahresemissionsmengen nach Bereichen bis 2030; https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Bilder_Sharepics/mehrklimaschutz/sektorziele_emissionen.pdf; abgerufen am 13.09.2022

[2] Bundesregierung (2021): Koalitionsvertrag. Berlin

[3] Cheret, Peter et al. (2013): Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe. Berlin

[4] Dangel, Ulrich (2010): Nachhaltige Architektur in Vorarlberg. BaselDETAIL Atlas (2017): Mehrgeschossiger Holzbau. München

[5] DETAIL (2014): Holz. Traditioneller Baustoff für die Architektur der Zukunft. München

[6] Hafner, Annette, u. Seidel; Arnim (2020): Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park. Düsseldorf

[7] Gauzin-Müller, Dominique (2011): Ökologische Architektur in Vorarlberg. Basel

[8] Jacob-Freitag, Susanne, u. Lennartz, M. Wilhelm (2016): Neues Bauen mit Holz. Basel

[9] Karjalainen, Markku, u. Patakoski, Riku (2007): Kotina puinen kaupunkikylä – esimerkkejä Moderneista puukaupungeista (Wooden urban villages – examples of Modern Wooden Towns). Helsinki

[10] Kaufmann, Hermann (2011): Bauen mit Holz: Wege in die Zukunft. München

[11] Nachuntersuchung der Modellvorhaben des Experimentellen Wohnungsbaus «Wohnungen in Holzbauweise». München

[12] Oyarzun Fuentes, Paulina (1992): Holzbausiedlungen: Entwurfsgrundlagen für den Wohnungsbau. Stuttgart

[13] Rhomberg Bau (2020): Im Holzbau auf dem richtigen Weg – erste Ergebnisse des Innovationsprojekts in der Wolfurter Lerchenstraße. Bregenz, Wolfurt

[14] Winter, Wolfgang et al. (2005): Holzbauweisen im verdichteten Wohnungsbau. Stuttgart

Die Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau – förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen

Alexander Rychter
VdW Rheinland Westfalen
Düsseldorf, Deutschland

Die Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau – förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen

1. Herausforderungen der Wohnungswirtschaft

Die Wohnungswirtschaft, das sind 3.000 Unternehmen mit verschiedenen Rechtsformen, einer langen Tradition und einer großen wirtschaftlichen Bedeutung (ca. 30 Prozent aller Mietwohnungen in Deutschland). Wohnungsunternehmen und -genossenschaften sind mit ihren Investitionen wichtige Partner der lokalen Wirtschaft und sichern Arbeitsplätze vor Ort. Aufgabenfelder für diese Bauleistungen sind der Neubau, fortlaufender Bestandserhalt und umfassende Sanierungen. Bundesweit wurden allein 2019 durch Mitglieder der Wohnungswirtschaft 17,9 Milliarden Euro pro Jahr in bestehende Wohngebäude und in den Neubau von Wohngebäuden investiert – mit steigender Tendenz. Davon profitieren auch Bauwirtschaft und Handwerk.

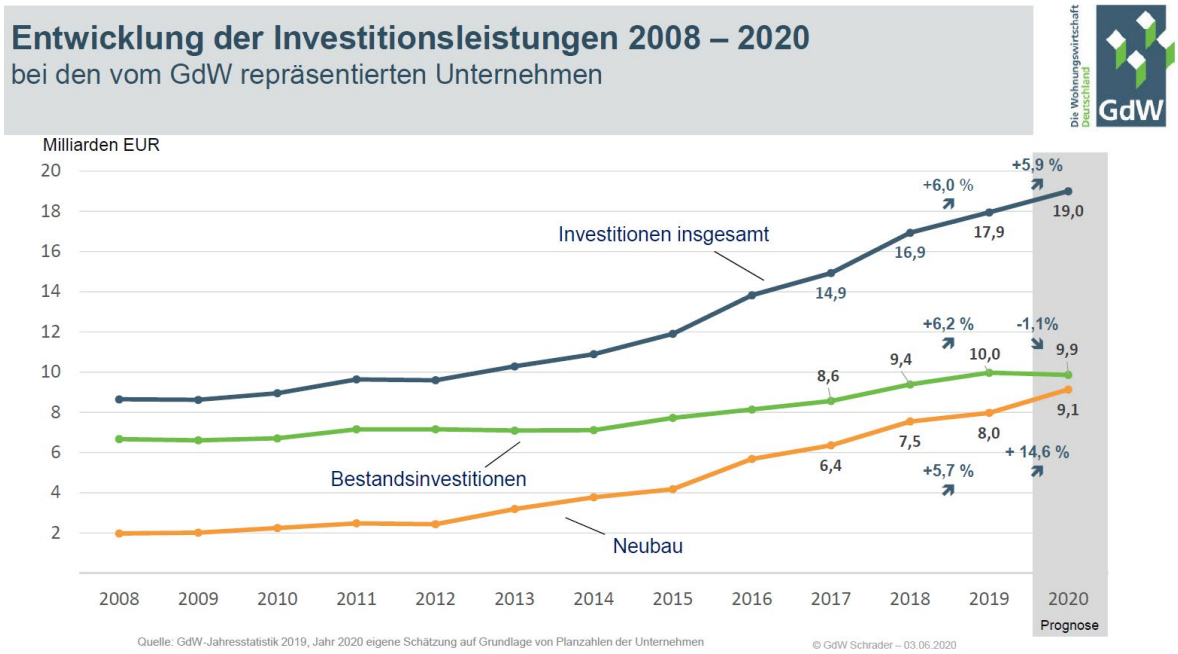


Abbildung 1: Entwicklung der Investitionsleistungen 2008-2020 bei den vom GdW repräsentierten Unternehmen

Bezahlbares Wohnen für die Menschen ermöglichen und einen klimaneutralen Gebäudebestand schaffen sind die wichtigsten Aufgaben für die Wohnungswirtschaft. Der Holzbau kann zur Lösung dieser zwei großen Probleme der Gegenwart beitragen – dem Klimawandel und fehlendem Wohnraum in den Städten. Denn die Nachfrage nach bezahlbarem Wohnraum, vor allem im urbanen Raum, steigt seit Jahren.

Diese drängenden Themen unserer Zeit stellen neben der Wohnungswirtschaft auch die Bauwirtschaft im Allgemeinen vor erhebliche Herausforderungen. Wenn es um schädliche Klimafolgen geht, rückt der Bau- und Gebäudesektor immer stärker in den Fokus.

Die CO_2-Emissionen aus Bau und Nutzung von Gebäuden sind für etwa 30 Prozent der Emissionen in Deutschland verantwortlich. Trotz größtenteils modernisierten Beständen bei einer Vielzahl von Wohnungsunternehmen, sind im Gebäudesektor jährlich über fünf Millionen Tonnen CO_2 einzusparen.

1.1. Hoher Wohnraumbedarf im urbanen Raum

Die steigende wirtschaftliche Attraktivität in Verbindung mit der allgemeinen Lebensqualität macht Deutschlands Ballungsgebiete zu beliebten Wohnorten. Das Resultat dieser Entwicklung und des gesteigerten Wohnraumbedarfs pro Kopf ist ein erhöhter Bedarf an bezahlbarem Wohnraum innerhalb der Städte, der aufgrund des nicht ausreichenden Wohnungsbaus auch in den kommenden Jahren vorerst nicht gedeckt werden kann. Die enorme Nachfrage nach neuen Gebäuden führt außerdem nach einer gesteigerten Nachfrage bei Rohstoffen für den Bau ebendieser.

Das entsprechende Defizit ist unter anderem auf einen massiven Flächenmangel in urbanen Räumen zurückzuführen, welcher die Baulandpreise in die Höhe treibt. Städte und Kommunen stehen vor der Herausforderung, trotz Ressourcenmangels bzw. Begrenzung weiterer Flächenversiegelung, im Stadtgebiet kosten- und zeiteffizient Wohnraum zu schaffen. Die freien nicht versiegelten Flächen dienen als Erholungszonen und wichtige Grünflächen in der Stadt sowie gegen die Aufheizung der Innenstädte insbesondere im Sommer.

In diesem Spannungsfeld hat sich die urbane Nachverdichtung in Städten als probates Mittel erwiesen. Vor allem der Gebäudebestand aus den 1950er bis 1990er Jahren bietet somit großes Potenzial weiteren Wohnraum zu erschließen, der in urbanen Lagen dringend benötigt wird.

Zur Reduzierung der Flächenversiegelung hilft neben dem Bauen in die Höhe auch der Blick auf die Lage und benötigte Infrastruktur. Im Fokus sollte auch hier das Quartier mit funktionaler Mischung stehen anstelle der weiteren Betrachtung von Einzelhäusern – ein Passivhaus am Waldrand ist nicht die zielführende Lösung. Der moderne Holzbau bietet zudem hohe Flexibilität in der Planung und Grundrissgestaltung sowie variable Nutzungskonzepte für eine langjährige Nutzung der Objekte.

Gemeinsam mit der Politik müssen alternative Konzepte entwickelt und umgesetzt werden, sodass das Schließen von Baulücken, Aufstockungen und Anbauten bei bestehenden Gebäuden sowie Überbauung von ineffizient genutzten Flächen keine Einzellösungen bleiben. Der Baustoff Holz überzeugt hier nicht allein aufgrund ökologischer Aspekte.

1.2. Nachhaltigkeit und Klimaschutz rücken stärker in den Fokus

Klimaschutz ist für die Wohnungswirtschaft eines der vordringlichsten Themen. Schon seit Jahren leisten Wohnungsunternehmen kontinuierlich und auf vielen Ebenen hierzu ihren Beitrag und viel wurde erreicht.

Um das im Pariser Abkommen fixierte Kleiner-Zwei-Grad-Ziel und einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erreichen, muss der Einsatz noch einmal erhöht und ein Großteil des Gebäudebestands saniert werden. Die aktuelle Sanierungsrate stagniert jedoch bei etwa einem Prozent, notwendig ist mindestens das Doppelte. Sowohl Anzahl als auch Geschwindigkeit der Sanierungen reichen folglich bei Weitem nicht aus.

Die Wohnungswirtschaft wird zum Spagat gezwungen: Zum einen sollen Wohnungsunternehmen und -genossenschaften dem sozialgesellschaftlichen Auftrag folgen, dem Wohnraummangel entgegenzutreten und möglichst schnell für langfristig bezahlbare Wohnungen samt benötigter Infrastrukturen zu sorgen. Parallel sind sie aufgefordert, in immer kürzeren Schritten unter ständig verschärften Vorgaben auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene den Klimaschutz voranzutreiben.

Infolge des gewachsenen Bewusstseins für die Notwendigkeit des Klimaschutzes in den letzten Jahren, wächst auch zunehmend das Interesse am Holzbau für Wohnimmobilien. Das Bauen mit Holz bietet erhebliche Potenziale für mehr Klimaschutz im Bauwesen, denn eine ganzheitliche Betrachtung des Lebenszyklus von Gebäuden und Baustoffen bzw. der damit verbundenen Umweltauswirkungen rückt weiter in den Fokus. Wie sich ein Gebäude auf die Umwelt auswirkt, lässt sich durch Energie- und Stoffströme beschreiben, die über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes und der darin verbauten Bauprodukte entstehen. Betrachtet werden hierbei verschiedene Wirkungsindikatoren, wie das globale Treibhausgaspotenzial (GWP – Global Warming Potential), die Energie- und Stoffströme sowie der

Ressourcenverbrauch. Ökobilanzergebnisse sind somit wichtige Daten für die ökologische Bewertung von Gebäuden. Insbesondere die Verwendung von BIM bietet großes Potenzial, die Erstellung von Gebäudeökobilanzen deutlich effizienter zu gestalten. Indem die für die Berechnung notwendigen Informationen früher, strukturierter und einfacher zugänglich sind, könnte eine nahezu voll automatisierte Gebäudeökobilanz möglich werden.

Dabei nehmen Holzprodukte und Holzbauteile eine Sonderstellung ein, da für die Herstellung wenig fossile Energie benötigt wird und sie aus einem Rohstoff hergestellt werden, der selbst CO_2 in Form von Kohlenstoff bindet. Zudem werden durch das Bauen mit Holz energie- und emissionsintensiven Baustoffen wie Zement, Eisen oder Stahl ersetzt bzw. reduziert.

Darüber hinaus überzeugt Holz als Baumaterial mit sehr guten Dämmeigenschaften. Auch wenn die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien grundsätzlich eine energieeffiziente Gebäudehülle erfordert, ist hier jedoch Erfahrungswert der Branche, dass ein zu großer Fokus auf die Optimierung der Gebäudehülle nicht zielführend ist.

2. Die Ausgangslage in Nordrhein-Westfalen

Nordrhein-Westfalen, das bevölkerungsreichste Bundesland Deutschlands, zieht weiterhin Einwohner an - besonders stark wachsen die Arbeitsplatzzentren und Universitätsstädte. Einer der Hauptgründe sind neben der demografischen Entwicklung und Binnenwanderung auch die hohe Zahl von Zuwanderern aus dem Ausland. Die Folge ist, wie bereits beschrieben: Der Mangel an bezahlbarem Wohnraum verschärft sich.

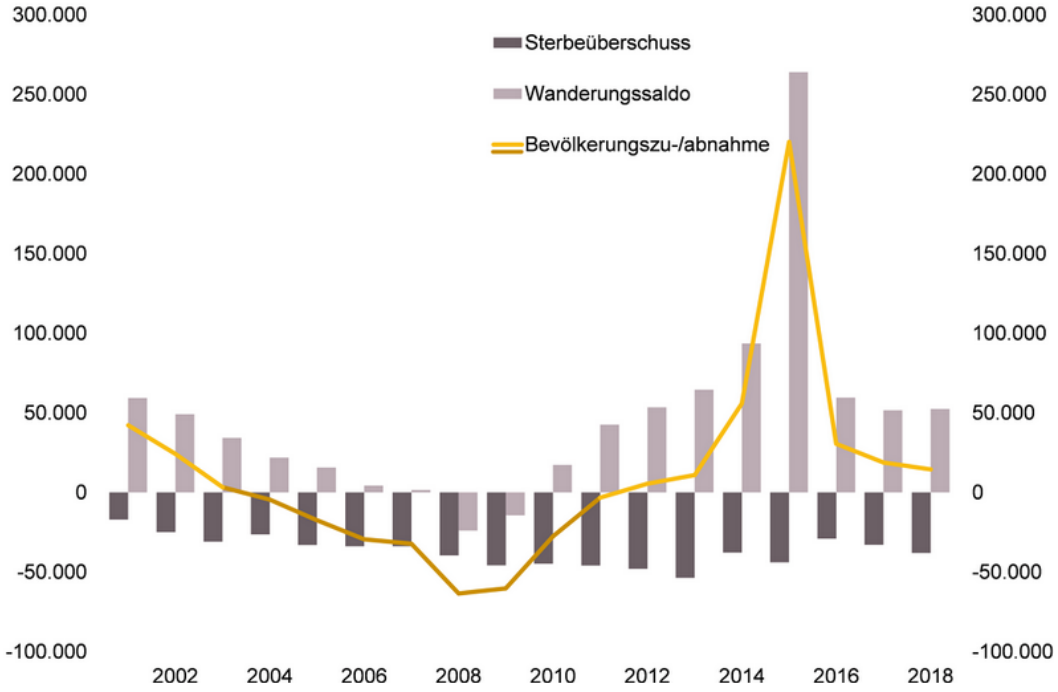


Abbildung 2: Trend Bevölkerungsentwicklung in Nordrhein-Westfalen nach Landesbetrieb IT.NRW (2001-2018)

Mit der Wohnungsmarktprognose des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen bis 2040 liegen verlässliche Angaben über die möglichen Entwicklungsszenarien im Wohnungsmarkt vor. In den Jahren 2018 bis 2025 werden im Durchschnitt rund 51.200 Wohnungen jährlich in Nordrhein-Westfalen benötigt. Im Zeitraum bis 2040 wird der Bedarf zwar abflachen, in Summe werden bis 2040 jährlich jedoch weiterhin rund 46.000 neue Wohneinheiten benötigt. Allerdings bleibt festzuhalten, dass man im Fall von Nordrhein-Westfalen nicht von dem einen Wohnungsmarkt sprechen kann, was langfristige Planungen erschwert.

2.1. Der Wohnungsbestand

Für Wohnungsunternehmen und -genossenschaften in Nordrhein-Westfalen besitzt der Bestand der 50er und 60er Jahre allein auf Grund seines Umfangs eine herausragende Bedeutung. Es handelt sich häufig um typische Siedlungen, drei- bis viergeschossig, mit offener Zeilenbebauung und stark durchgrünten Außenanlagen, oftmals in innerstädtischer Lage. Mietwohnbestände dieser Zeit wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut. Die energetische Modernisierung - zum Beispiel eine umfassende Wärmedämmung der Fassaden, Fenster, Dachböden und Kellerdecken sowie die Erneuerung der haustechnischen Installationen - ist entscheidend.

Die Altbestände wurden oft zu Zeiten der Gemeinnützigkeit mit einem hohen Anteil von Fördermitteln im Zuge des sozialen Wohnungsbaus errichtet. Baujahrestypisch ist hier ein gewisser Modernisierungsstau gegeben, der in den letzten 10 Jahren im Rahmen von Teil- oder Vollsanierungen jedoch bereits abgearbeitet wurde.

Vor der Umsetzung entsprechender Modernisierungsmaßnahmen sind diese Bestände durch einfache Bauweisen, Sparsamkeit und Materialknappheit geprägt. Trotz großer Modernisierungsanstrengungen der Wohnungsunternehmen und -genossenschaften sind weitere Maßnahmen nötig, um die Bestände bis 2045 klimaneutral zu bekommen.

Durchgeführt wurde in der Regel die Umstellung von Kohleöfen auf zentrale Heizungsanlagen, vielfach sind die bauphysikalischen Verhältnisse hingegen nicht mehr zeitgemäß. Neben der Wärmedämmung betrifft das insbesondere Raumklima und Schallschutz.

Abbildung 3: Sanierung und Aufstockung der «Ford-Siedlung» der LEG Wohnen NRW GmbH in Köln

Wie mit dem Gebäudebestand der Nachkriegszeit umgegangen wird, hat neben einer energetischen auch eine soziale und baukulturelle Ebene. Die Gebäude mögen teilweise in ihrer Architektursprache für die vergangene Auffassung einer gebauten Moderne stehen, die heute nicht mehr funktional und nicht optisch ansprechend erscheint. Diese Bauten sind jedoch bewohnt und angesichts des angespannten Mietwohnungsmarkts unverzichtbar. Viele der Objekte sind daher in den nächsten Jahren zu sanieren.

In Studien und Forschungsprojekten wurden bereits potentielle Lösungen für Bestandssanierungen mit Holzbau und Holzbauelementen entwickelt (z.B. TES EnergyFacade), einzig die marktdurchschlagende Patentlösung lässt noch auf sich warten. Die Wohnungswirtschaft fordert daher die Holzbau-Branche auf, Verfahren für Großsanierungen im bewohnten Bestand anzubieten, nicht nur in Form experimentellen Bauens oder als Kleinserien zum Beleg, dass die Studien funktionieren.

Es gilt die Potentiale von Bestandsbauwerken unter anderem durch den Rückbau von Steildächern und Aufstocken mit Holz-Vollgeschossen zu nutzen. Dabei sind Eingriffe in das Wohnumfeld und die Grünanlagen bei Sanierungsarbeiten zu minimieren.

Auch die weitere Entwicklung von Geschosswohnungsbauten in Holzbauweise, die ohne Abstriche beim Brand- und Schallschutz die nächste Generation von bezahlbaren Wohnungen bereitstellt und somit die Unternehmen der Wohnungswirtschaft zukunftsfähig machen, müssen stärker in den Fokus rücken. Denn die Wohnungswirtschaft hat viele Aufgaben und der Holzbau bietet Lösungsansätze, die es zu verknüpfen gilt.

2.2. Förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen

Die Politik hat in den vergangenen Jahren versucht durch Erleichterungen bei Bauvorschriften, Unterstützung für Städte und Gemeinden bei der Beschaffung von Grundstücken, attraktive Förderkonditionen in der öffentlichen Wohnraumförderung und die Ausrichtung auf nachhaltige Gebäude für mehr Wohnraum zu sorgen. Insgesamt haben sich die Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Nordrhein-Westfalen und bundesweit in den zurückliegenden Jahren somit spürbar verbessert. Damit diese klimafreundliche Bauweise jedoch noch mehr Schub bekommt, sollten die ordnungs- und förderrechtlichen Rahmenbedingungen weiter modifiziert werden.

Mit dem Gesetz zur Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen (BauModG NRW) und dem Inkrafttreten der Landesbauordnung können in NRW seit Anfang 2019 auch mehrgeschossige Holzgebäude der GKL 4 und GKL 5 gebaut werden. Zudem bring die im Juli 2021in Kraft getretene novellierte BauO NRW Erleichterungen beim Dachausbau und bei Aufstockungen für neue Wohnungen.

Auch die 2019 beschlossene Anpassung der Musterbauordnung scheint deutlich den politischen Willen auszudrücken, ungerechtfertigte Benachteiligungen für den Holzbau auszuräumen.

So wurden die baurechtlichen Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in den urbanen Räumen von Nordrhein-Westfalen geschaffen. Hierzu zählen unter anderem der Einsatz moderner Holzbautechnologien im Geschosswohnungsbau sowie die Aufstockung und Erweiterung von Bestandsgebäuden.

Darüber hinaus wird das Bauen mit Holz in Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Wohnraumförderungsbestimmungen 2021 in nicht unbeträchtlichem Maß gefördert. Der Einsatz von Holz kann auf Antrag mit einem Zusatzdarlehen in Höhe von 0,80 Euro je Kilogramm Holz gefördert werden (maximal 15.000 Euro je Wohneinheit). Voraussetzung für den Erhalt der Förderung ist, dass das eingesetzte Holz fest im Gebäude verbaut ist und aus nachhaltigen Quellen stammt.

Insgesamt wird das Zusatzdarlehen für das Bauen mit Holz aus Sicht der Wohnungswirtschaft als ein wichtiges Signal zur Verwendung nachhaltiger und regenerativer Baustoffe verstanden. Das Interesse der Mitgliedsunternehmen des VdW Rheinland Westfalen ist groß, in der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass bereits jetzt die gegebenen Förderbedingungen nicht auskömmlich sind bzw. diese verbessert werden sollten, um das Bauen mit Holz als Lösungsbeitrag für die angespannte Wohnraumsituation attraktiv zu machen.

Insbesondere bei der massiven Ausführung von Holzdecken kommt es zu erheblichen Mehrkosten. Die Fördersystematik für den Bau mit Holz in Massivbauweise sollte nach diesen ersten Erfahrungen sachgemäß angepasst werden, damit eine echte Anreizwirkung entsteht.

Außerdem erscheint der Nachweis über die Nutzung von zertifiziertem Holz vor der Förderzusage nicht praxisgerecht, da in der Regel noch keine Verträge mit dem Holzbauer vorliegen. Hier wird nicht grundsätzlich die Zertifizierung in Frage gestellt, diese sollte aber als Auflage erst nach der Förderzusage nachgewiesen werden müssen.

3. Entwicklung des Holzbaus in Nordrhein-Westfalen

Holz ist ein gleichermaßen regionaltypischer wie auch nachhaltiger und klimafreundlicher Baustoff in Nordrhein-Westfalen, einer Region, die zu den waldreichsten Deutschlands gehört. Wald ist hier ein zentraler Wirtschaftsfaktor. Etwa 27 Prozent der Landesfläche sind bewaldet und nach den Ergebnissen der Landeswaldinventur nimmt die Waldfläche kontinuierlich zu.

Dennoch lag der Anteil der Holzbauten in Nordrhein-Westfalen lange weit unter dem Bundesdurchschnitt. Grund waren unter anderem baurechtliche Vorgaben hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeit von Holz im Bauwesen. Die Wohnungswirtschaft war hier einer der treibenden Faktoren für nötige Änderungen.

Vor dem Hintergrund des Zustroms von Schutzsuchenden nach Nordrhein-Westfalen hat das Umweltministerium NRW im Herbst 2015 die Einrichtung der Informationsplattform «Holzbauten für Flüchtlinge» beauftragt. Infolge der Dringlichkeit und des engen Zeitfensters bei der Unterbringung von Flüchtlingen bündelte die Plattform ganzheitliche Lösungen des modernen Holzbaus zur schnellen und effizienten Bereitstellung von Flüchtlingsunterkünften und Realisierung von Bauvorhaben im Bereich des sozialen Wohnungsbaus.

Ziel war es, den Bezirksregierungen, Kreisen und Kommunen in Nordrhein-Westfalen schnelle und fachlich fundierte Hilfestellungen bei der Umsetzung entsprechender Holzbauprojekte zu geben.

Mittlerweile konnte Nordrhein-Westfalen beim Holzbau etwas aufschließen. Dass hierfür, anders als in anderen Bundesländern, insbesondere der Wohnungsbau verantwortlich ist, zeigen Zahlen des statistischen Bundesamtes, die dem «Lagebericht Zimmerer / Holzbau 2022» entnommen wurden (siehe Abbildungen 4 und 5).

In Nordrhein-Westfalen lag 2021 der Durchschnitt der Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz im Wohnungsbau bei 13,8 Prozent, im Nichtwohnbau bei 10,8 Prozent. Im Vergleich zum Nachbarland Österreich hinkt Deutschland dennoch hinterher.

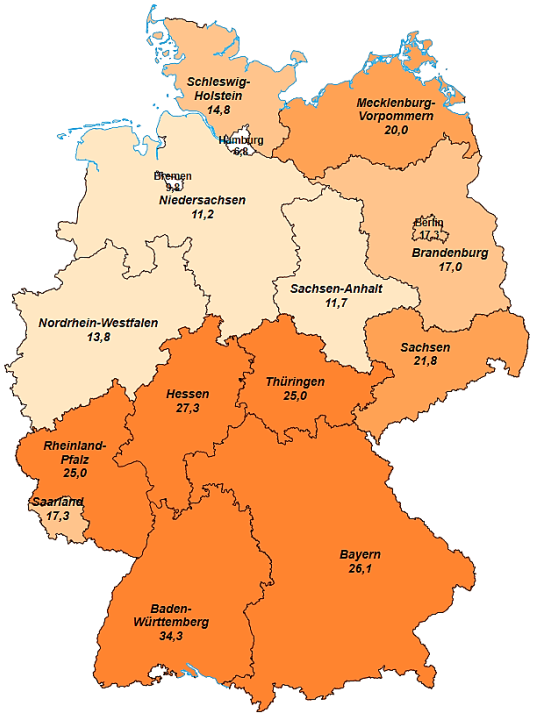


Abbildung 4: Wohnbau (Neubau) 2021, Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz, Deutschland Durchschnitt = 21,3 %

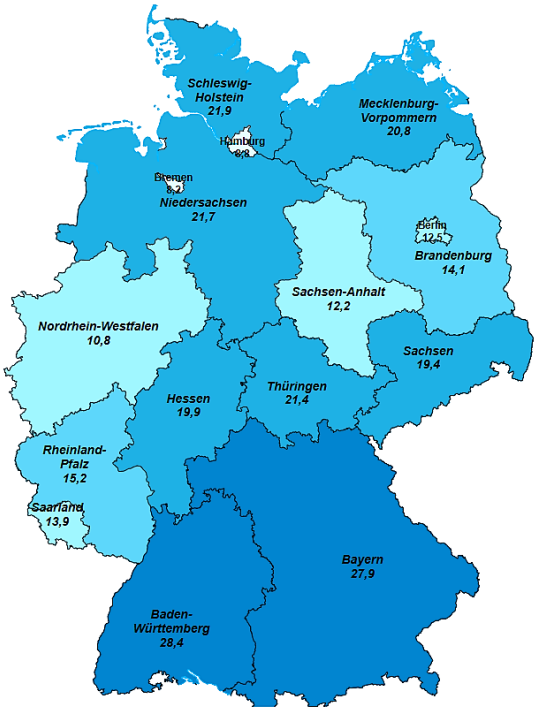


Abbildung 5: Nichtwohnbau (Neubau) 2021, Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz, Deutschland Durchschnitt = 21,7 %

Mit gewonnen Erfahrungen könnten zukünftig neue und verbesserte Fertigungsmethoden und somit eine automatisierte Produktion für den Serienholzbau entwickeln werden.

Bezogen auf das Thema Serielle Sanierungen bzw. Energiesprong ist Nordrhein-Westfalen mit Pilotprojekten in Bochum, Köln, Mönchengladbach und in Herford bereits heute das «Pilotzentrum» in Deutschland. Das Energiesprong-Prinzip wurde 2013 in den Niederlanden entwickelt und bietet die Möglichkeit mit einem digitalisierten Bauprozess, vorgefertigten Elementen und einem innovativen Finanzierungsmodell Gebäude innerhalb weniger Wochen auf einen NetZero-Standard zu bringen, sodass diese im Jahresmittel so viel erneuerbare Energie erzeugen, wie für Heizung, Warmwasser und Strom benötigt wird.

Ob aus der Perspektive der Wohnungswirtschaft, der Politik oder der Architekten: Die ökologischen Aspekte, Vorfertigungsprozesse und technischen Möglichkeiten des Holzbaus machen den Rohstoff Holz zu einem hochwertigen Baustoff, der das Potenzial hat, eine tragende Rolle bei der Schaffung von klimafreundlichem, nachhaltigem und bezahlbarem Wohnraum zu spielen. Auch die Entwicklung in Nordrhein-Westfalen deuten darauf hin, dass Bauen mit Holz die Zukunft ist.

Potenziale für den Holzbau aus Sicht eines Immobilienentwicklers

UBM am Weg zum Holzbau-Developer

Dipl.-Ing. Martin Löcker
COO, UBM Development AG
Wien, Österreich

Potenziale für den Holzbau aus Sicht eines Immobilienentwicklers

1. Über UBM Development

UBM Development entwickelt Immobilien für Europas Metropolen. Der strategische Fokus liegt auf Green Building und Smart Office in Großstädten wie Wien, Berlin, München oder Prag. Mit fast 150 Jahren Erfahrung bietet UBM von der Planung bis zur Vermarktung alle Development-Leistungen aus einer Hand an.
Die Aktien sind im Prime Market der Wiener Börse gelistet, dem Segment mit den höchsten Transparenzanforderungen.
Der Hauptsitz der UBM Development AG befindet sich in Wien. Darüber hinaus verfügt das Unternehmen mit seinen Tochtergesellschaften über ein effizientes lokales Immo-Netzwerk in Zentraleuropa. Eine starke lokale Vernetzung und eine hohe Marktexpertise ermöglichen das zeitnahe Erkennen und Realisieren von Marktopportunitäten, um die zukünftige Pipeline zu sichern.
UBM hat sich 2020 das Ziel gesetzt, zum führenden Projektentwickler im Holzbau zu werden. 2021 sind wir angetreten, einen wesentlichen Teil unserer zukünftigen Projekte in Holz- und Holzhybridbauweise zu errichten.
Heute – per Q3 2022 – stehen wir bei einer Holz-Projektpipeline von fast 180.000 m² Geschossfläche in über 10 Projekten. Damit entstehen bis 2026 zukunftsweisende Wohnungen und Büros aus Holz in Wien, München, Frankfurt, Mainz, Düsseldorf und Prag. Mit dem «Timber Pioneer» errichtet die UBM das erste Bürogebäude in Holz-Hybrid-Bauweise mitten in Frankfurts neuem Europaviertel.
Im zweiten Wiener Gemeindebezirk wird das Stadtentwicklungsgebiet «LeopoldQuartier» auf einem Areal von 23.000 m² zur Gänze in Holz-Hybridbauweise errichtet. Geplant sind Wohnungen, City Apartments, gewerblich genutzte Flächen und ein Kindergarten im Ausmaß von rund 60.000 m² Fläche.
Neue Wohnbauprojekte in Wien, München und Prag sind in Vorbereitung und werden ebenso in Holzbauweise errichtet.

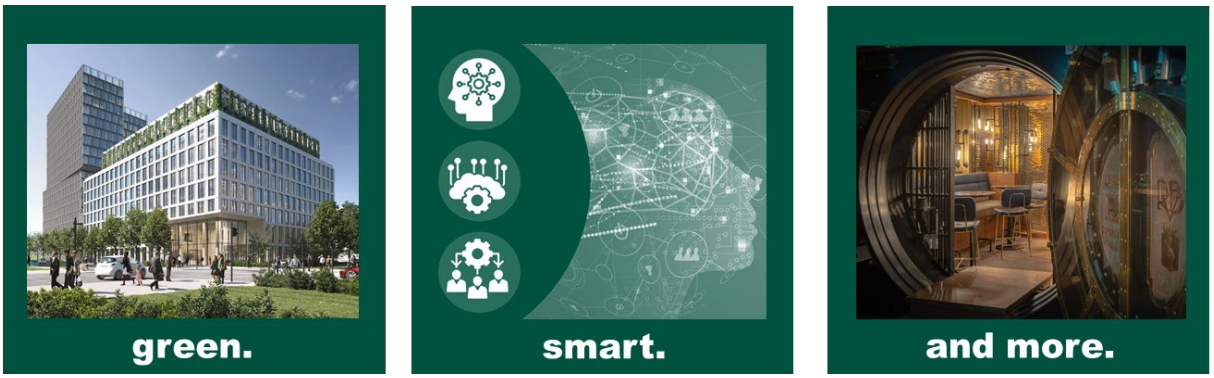


Abbildung 1: UBM Strategie *green.smart.and more.* [1]

2. Die 2020er Jahre – das grüne Jahrzehnt?

Aktuelle Krisen – Zukunftsfragen

Wir sind aktuell geprägt von sich nahezu überschlagenden Krisenmeldungen. Noch vor einem Jahr war es für viele von uns nicht vorstellbar, dass Krieg in Europa herrschen kann und damit maßgebliche Verwerfungen in unserem Wirtschaftssystem einhergehen. Die akuten Probleme, Inflation, Energiepreise, Zinserhöhungen und nicht zuletzt die Auswirkungen der Pandemie betreffen uns alle unmittelbar und werden uns auch die kommenden Monate intensiv beschäftigen. Dennoch, die wichtigsten Zukunftsfragen bleiben:

Wie meistern wir die Klimakrise und schaffen gesellschaftlichen Wohlstand bei geringerem Ressourcenverbrauch?

Wie kann unsere Gesellschaft ein Wirtschaftssystem schaffen, das langfristig für uns Menschen und unseren Planeten funktioniert?

Haben wir Antworten auf die Fragen von …

- unseren Kindern:
  Was machst Du persönlich dafür?
- unseren Aktionären:
  Wie sind Gewinne, steigende Unternehmenswerte und nachhaltiges Wachstum erreichbar?
- unseren Stakeholdern:

  Welche Rolle spielt euer Unternehmen dabei, die Pariser Klimaziele zu erreichen und wann ist es «Net Carbon Zero»?

Abbildung 2: Kinder für Klimaschutz

Die Immobilienwirtschaft trägt eine große Verantwortung

Die Bau- und Immobilienbrache ist für einen maßgeblichen Teil der weltweiten CO_2-Emissionen verantwortlich. Rund 38% des weltweiten CO_2-Ausstoßes ist der Branche zuzuordnen. Davon entfallen rund 74% auf den Betrieb und rund 26% auf die Errichtung bzw. den Rückbau. Die Größenordnung, welche auf die klassischen Baumaterialen zuzuordnen ist, beläuft sich auf rund 2 Milliarden Tonnen CO_2 jährlich.
Es steht außer Frage, dass sowohl in der Errichtung als auch im Betrieb von Gebäuden ein wesentlicher Schlüssel zur Emissionsreduktion und damit Eindämmung der Klimakrise liegt. Eine massive Veränderung ist im Immobiliensektor im Gange. Holzbau kann dabei ein wesentlicher Faktor sein.

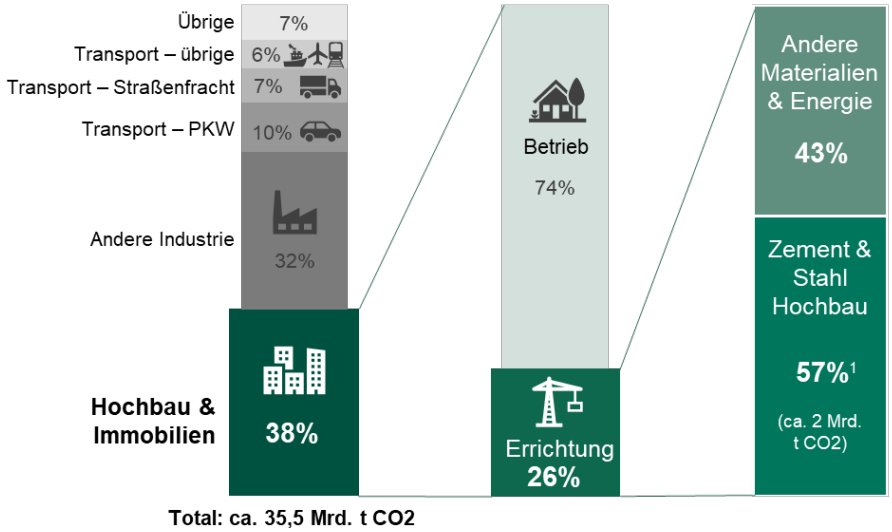


Abbildung 3: Globale CO_2-Emissionen [2]

Die Spielregeln verändern sich

Doch nicht nur das Wissen um die Problematik ist heute klarer als je zuvor, die Rahmen und Vorgaben für die Veränderungen nehmen konkrete Form an. Dies in einer Geschwindigkeit, die für viele in der Wirtschaft noch überraschend ist.

Rahmen- und Regelwerke sind bereits installiert und bekannt. Die Wichtigsten sind:

- UN SDGs – Sustainable Development Goals
- Paris Goals – geeinigte Ziele für den Klimawandel
- Green Deal der EU – das strategische Schlüsselprojekt für Europa

Der Green Deal der EU übersetzt sich dabei in unser Geschäftsumfeld und seine Bedeutung wächst enorm. Mit der Taxonomie-Verordnung nimmt dieser bereits 2022 Gestalt an.
Wir stehen ebenso vor Einführung der neuen europäischen *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) Richtlinie. Diese wird ab dem Jahr 2024 stufenweise in der EU verpflichtend eingeführt und betrifft dann ab dem Jahr 2026 schätzungsweise 50.000 Unternehmen, welche rund 75% der Unternehmensumsätze in der EU abbilden. [3]
Ebenso ist die neue *Sustainable Finance Disclosure Regulation* (SFDR) in Vorbereitung und wird auf Unternehmensebene ab 2022/2023 schrittweise eingeführt.
All diese Verordnungen und Richtlinien stellen die Wirtschaft vor die Notwendigkeit, ihre Umweltziele und Emissionsreduktionen konkret zu machen und umzusetzen.
Die Veränderungen in unserem Wirtschaftsleben in den kommenden Jahren werden massiv sein. Sie bringen eine Reihe von Chancen für all die Unternehmen, die sich rechtzeitig darauf vorbereiten.
Die «Zwanziger» unseres Jahrhunderts können das historische Zeitfenster sein, welches die Art und Weise, wie wir Immobilienwirtschaft betreiben, zu einem nachhaltigen Modell verändert.
Profit und Nachhaltigkeit ergeben dauerhaft keinen Widerspruch mehr, im Gegenteil, sie sind unseres Erachtens der Imperativ dieses Jahrzehntes.

3. Holz - der Baustoff für das 21. Jahrhundert

Welche Potenziale bietet der Baustoff Holz für diese Veränderung und ist Holz tatsächlich der «neue» Baustoff für das 21. Jahrhundert?
Von den eingangs erwähnten CO_2-Emissionen einer Immobilie werden rund 26% auf die Errichtungsphase bzw. den Bau und rund 74% dem Betrieb eines Gebäudes zugerechnet. Dies entspricht auch den Ergebnissen der Berechnungen der Ökobilanzen von Neubauprojekten im Portfolio der UBM.
Somit stellt sich die Frage, wo liegt der größte CO_2-Hebel im Bau und wo im Betrieb?
Analysen zeigen, dass der größte Hebel bei der Wahl des Baumaterials liegt – und hier wiederum der Baustoff Holz eindeutig punktet:

- Holz ist ein nachwachsender Baustoff
- Holz speichert CO_2
- Holz erfordert geringere Transportwege

Durch den Einsatz von Holz als Baustoff im Hochbau kann der CO_2-Ausstoß in der Errichtungsphase in einer Größenordnung von 30-50% reduziert werden. Dies ist nach aktuellem Stand der Technik mit keinem anderen Baustoff möglich.
Die Vorteile des Baustoffes aus CO_2-Sicht liegen auf der Hand. Die technischen Eigenschaften von Holz sind hinlänglich wettbewerbsfähig gegenüber konventionellen Materialen. Sowohl die mechanischen Eigenschaften und die Brandbeständigkeit als auch die Langlebigkeit von Holz sind hinreichend nachgewiesen, sodass der Einsatz von Holz sowohl im Geschosswohnungsbau als auch im Gewerbebau als technisch gleichwertig konkurrenzfähig angesehen werden kann.
Holzbau trägt durch die CO_2 -Speicherung im Holz nicht nur unmittelbar zur CO_2 -Reduktion im Bau bei, sondern bewirkt auch eine Reihe von positiven Veränderungen in der gesamten Prozesskette:

- Hohe Vorfertigung im Werk
- Geringere Transport-Erfordernisse auf der Baustelle
- Kürzere Bauzeit
- Hohe Systematisierung und damit sorgfältige Planung

Holzbau punktet hier zusätzlich ökologisch, sozial und monetär.

Holz bringt darüber hinaus «Soft Skills» mit, welche sich auf die Qualität von Immobilien positiv auswirken, beispielsweise:

- Neue Möglichkeiten der architektonischen Gestaltung
- Positive Auswirkungen auf das Raumklima

Abbildung 4: Timber Pioneer Holzbürohaus – Lobby und Bürogeschoß [4]

Natürlich gibt es beim Einsatz von Holz auch eine Reihe von Herausforderungen, die wir nicht außer Acht lassen können. Aus unserer Sicht sind am wesentlichsten folgende anzuführen:

- Unterschiedliche Genehmigungslage in verschiedenen Ländern/Bundesländern
- Kapazitäten in der Bau- und Errichtungsbranche
- Know-How von Holz in der Planung
- Standardisierung von Systemlösungen

Um dem Baustoff Holz den breiten Durchbruch zu ermöglichen, sehen wir Lösungen der vorgenannten Punkte als dringend erforderlich an.

Aktuell ist die Entscheidung, in Holz zu bauen, noch mit relativ hohem Mehraufwand in der Planung und Projektvorbereitung verbunden. Wir als UBM haben uns bewusst dafür entschieden, diesen Aufwand zu treiben, da wir vom Holz als Baustoff überzeugt sind.

Abbildung 5: Holzquerschnitt

Wir sehen im Baustoff Holz den wesentlichsten Hebel zur Reduktion des CO_2-Ausstoßes in der Errichtungsphase einer Immobilie und somit ganz klar Holz als Baustoff für das 21. Jahrhundert.

Holz das neue Betongold?

Über viele Jahre haben sich Investitionen in Immobilien als ertragreich und krisensicher erwiesen. Der geflügelte Satz vom «Betongold» ist für die letzten Jahrzehnte sicherlich zutreffend.
Ich würde dieses für die kommenden Jahre ändern und «Holzgold» als das neue Betongold postulieren. Gebäude aus Holz haben das Potenzial, zum gefragten Investment zu werden und damit werthaltiger zu sein als so manche Immobilie aus den letzten Jahrzehnten.
Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Die Investment-Kriterien aller institutionellen Marktteilnehmer werden zunehmend nachhaltiger. Der Markt für «Sustainable Finance» hat eine Dynamik entwickelt, die vor wenigen Jahren noch schwer vorstellbar war.

Noch 2015 wurden weltweit kaum 100 Milliarden USD in «Sustainable Finance» investiert. Die Instrumente wie Green Bonds und Green Loans stellten eine zu vernachlässigende Größe in den Anlageklassen dar. 2021 wurden bereits über 1.600 Milliarden USD in nachhaltige Finanzinstrumente investiert, und der Trend wird sich in den kommenden Jahren fortsetzen. [5]
Neben den grünen Finanzinstrumenten erweitert sich dieser Markt um ESG-linked Investments als Investitionen in Unternehmen und Immobilien, die sowohl Umweltkriterien als auch soziale Aspekte und Governance Aspekte berücksichtigen.

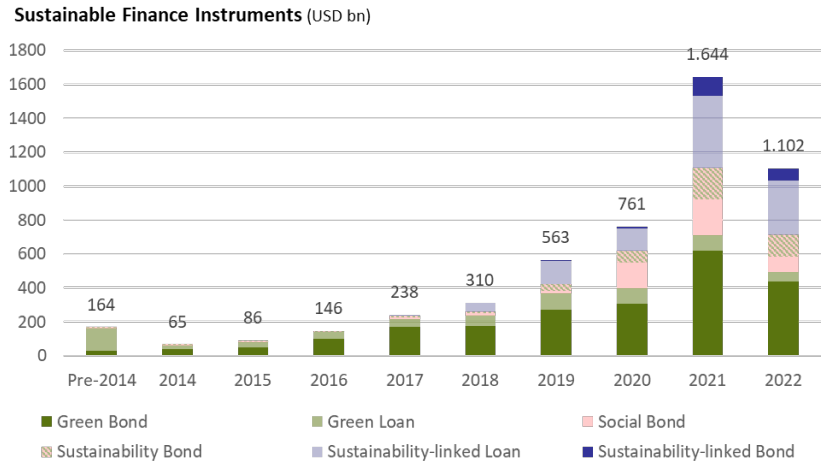


Abbildung 6: Sustainable Finance Instruments [5]

Klar ist, der Kapitalmarkt – ein wesentlicher Treiber der Immobilienwirtschaft – fordert zunehmend «grüne» und nachhaltige Investitionsmöglichkeiten. Wohl jeder Immobilien Fondmanager ist aufgerufen, sein Portfolio messbar nachhaltiger zu gestalten, um für die Anleger langfristig attraktiv zu sein.
Immobilien in Holzbauweise können klare Antworten auf die nachhaltigen Investitionskriterien geben. Sowohl hinsichtlich ihrer Klimarelevanz – der CO2 Einsparungen –, als auch der Erfordernisse hinsichtlich Kreislaufwirtschaft und Biodiversität.
Wir sehen schon heute eindeutig die hohe Nachfrage der Investoren nach Projekten in Holz.

4. Nachhaltigkeit und Transparenz

Der Einsatz von Holz als nachhaltiger Baustoff erscheint selbsterklärend. Seine Eigenschaften als nachwachsender Rohstoff, als CO_2-Speicher und als regional vorhandene Ressource liegen auf der Hand.
Der Nachweis der positiven Eigenschaften von Holzbau für jedes einzelne Bauvorhaben ist dennoch von maßgeblicher Bedeutung.

Transparenz ist die Voraussetzung, um die bereits vorher erwähnten Richtlinien und Verordnung in Zukunft erfüllen zu können.

Die Taxonomie-Verordnung nennt 6 Ziele in Bezug auf Nachhaltigkeit:

Abbildung 7: die sechs Umweltziele der Taxonomie [6]

Der Einsatz des Baustoffes Holz kann eine positive Antwort auf die meisten, wenn nicht sogar alle dieser Ziele geben und den Nachweis dazu antreten.
Neben den direkten Klimazielen (erstes und zweites Ziel der Taxonomie) sehen wir den positiven Effekt von Holz auch im Bereich «Kreislaufwirtschaft»: Holz ist nicht nur langlebig, sondern auch wiederverwertbar. Eine direkte Weiterverwendung als Baustoff ist ebenso möglich, wie ein Up-Cycling zu einem Holzwerkstoff und letztlich eine CO_2 neutrale thermische Verwertung.
Zudem kann der Einsatz von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Biodiversität und der Ökosysteme leisten. Aus Sicht des Projektentwicklers spielen hier Transparenz und Nachweisführung eine wesentliche Rolle. Ähnlich wie beim Bauen das Green-Building-Zertifikat die Fakten eines Gebäudes objektiviert, sehen wir auch die Zertifizierung des Baustoffes als zwingend an. Die derzeit am Markt bekanntesten Zertifikate dazu sind FSC und PEFC.
Wir werden bei unseren Projekten zukünftig nur Holz zum Einsatz bringen, das ein entsprechendes Nachhaltigkeits-Zertifikat vorweisen kann.

Die Transparenz und Objektivierung der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft und Holzindustrie ist aus unserer Sicht eine wesentliche Forderung an die Branche, um den Erfolg des Baustoffes Holz auch langfristig zu ermöglichen.

Abbildung 8: FSC-Kennzeichen & PEFC-Siegel [7]

5. Unser Weg zum Holzbau-Developer

Die UBM geht bei Holzbau einen konsequenten Weg. Wir beziehen von der Standortsuche und vom ersten Entwurf an wesentliche Umwelt- und Klimaaspekte in die Projektentwicklung ein. Wo immer es bautechnisch möglich ist, entscheiden wir uns für Holz als Baustoff.

Nur 2 Jahre nach unserer Entscheidung zum Holzbau-Entwickler zu werden, haben wir eine Projektpipeline von mehr als 180.000 m² in Holz errichtet.
Mit unseren «Timber Projekten» sind wir aktuell in Frankfurt, München, Wien, Prag, Mainz und Düsseldorf in 6 Städten aktiv und leisten an manchen Orten Pionierarbeit.

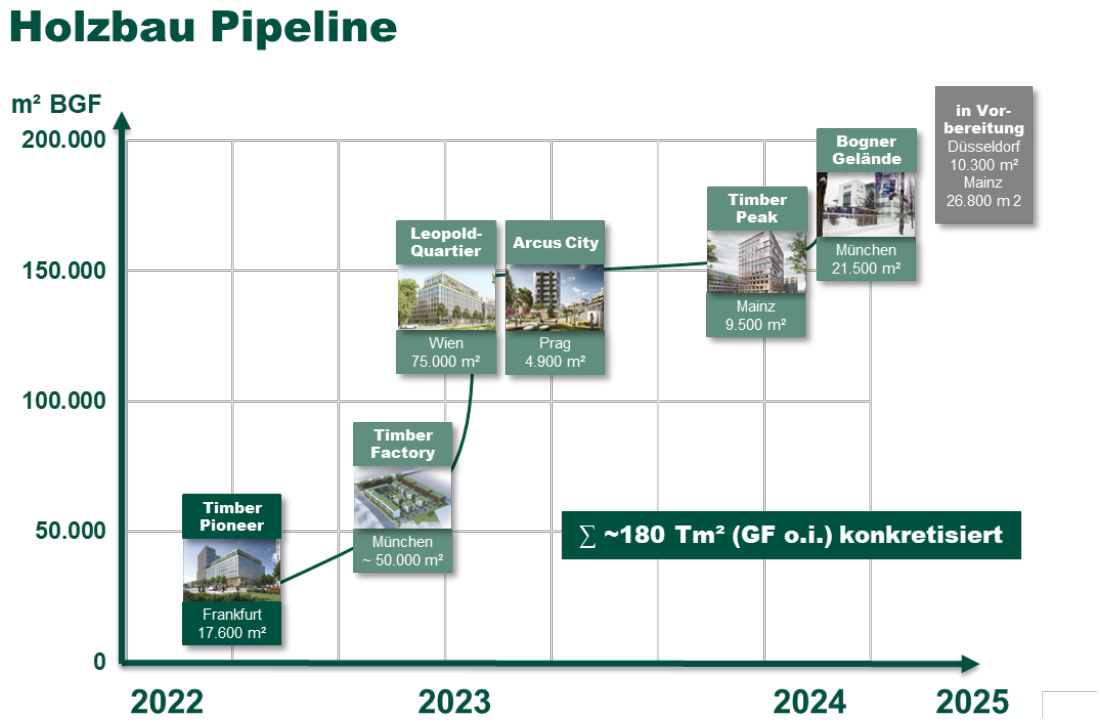


Abbildung 9: Holzbau-Pipeline

Timber Pioneer (DE, Frankfurt)

Pionierarbeit lohnt sich, das zeigt das 8-geschossige Leuchtturmprojekt in Frankfurt am Main. In einem boomenden Viertel der Metropole entsteht der «Timber Pioneer» mit rund 15.000 m² vermietbarer Fläche. Er ist Frankfurts erstes Bürohaus in Holz-Hybrid-Bauweise und direkt neben dem ebenfalls von der UBM entwickelten F.A.Z. Tower gelegen.

Abbildung 10: Timber Pioneer Holzbürohaus – Erdgeschoß [8]

Rd. 1.500 m³ FSC-zertifiziertes Fichtenholz werden hier verbaut. Das speichert langfristig etwa 1.500 Tonnen CO_2 im Gebäude.
Allein bei der Herstellung desselben Volumens an Zement würden 900 Tonnen CO_2 anfallen. Der hochmoderne Holz-Hybrid-Bau punktet mit enormen Einsparungen im Vergleich zur konventionellen Bauweise. Konkret sind das fast 1/3 beim Transport wegen des bis zu 70% leichteren Materials, 40% beim Gewicht der Gesamtkonstruktion, ca. 50% bei der Bauzeit durch vorgefertigte Module sowie beeindruckende 80% bei der CO_2-Bilanz des Rohbaus. Zusätzlich wird dank geringerer Wandstärke 3% mehr Nutzfläche erzielt.

Arcus City (CZ, Prag)

Auch in Tschechien leisten wir Pionierarbeit. Mit dem ersten Geschosswohnungsbau in Holzbau in Prag gibt es eine Reihe an genehmigungs- und brandschutztechnische Hürden zu nehmen.
Bei diesem Pionierprojekt entstehen auf rund 5.000 m² Geschossfläche insgesamt 62 Eigentumswohnungen. Baubeginn ist für 2023 geplant.

Abbildung 11: Arcus City in Prag – Geschosswohnungsbauten in Holzbauweise

Timber Peak (DE, Mainz)

In Mainz wird das erste Holz-Hybrid-Hochhaus, der 40 m hohe Timber Peak, von der UBM entwickelt. Auf zwölf Stockwerken bietet das Gebäude rund 9.500 m² Bruttogeschossfläche mit flexiblen Grundrissen für die neue Art der Büronutzung – und spektakuläre Ausblicke auf den Hafen.

Abbildung 12: Timber Peak in Mainz [9]

Auf dem Gebiet des ehemaligen Zollhafens Mainz werden etwa 900 m³ Brettsperrholz und 150 m³ Brettschichtholz verbaut. Die Decken des zwölfgeschossigen Gebäudes werden als Holzbetonverbundsystem mit sichtbarer Holzunterseite ausgeführt. Diese lagern einerseits auf dem Gebäudekern aus Stahlbeton auf, während die fassadenseitigen Lasten über sichtbare Holzstützen abgeleitet werden. Somit wird eine freie Spannweite von ca. 6,5 m realisiert.
Die besondere behördliche und technische Herausforderung bei diesem Projekt besteht neben der Lage in einem durch Hochwasser gefährdeten Gebiet aus dem Umstand, dass für die gegenständliche Bauweise keine einheitliche europäische Normung vorliegt und die Baugenehmigung so über eine vorhabensbezogene Bauartgenehmigung erfolgen muss. Im Zuge dieser sind im Vorfeld umfangreiche statische, brandschutztechnische und bauphysikalische Gutachten zu erbringen.

Quartiersentwicklungen in Holzbauweise

Wie wegweisend die UBM den Holzbau vorantreibt, zeigen auch die beiden Quartiersentwicklungen in Wien und München. In Wien entsteht das **LeopoldQuartier** auf einem rund 22.900 m² großen Areal nordwestlich der Wiener Innenstadt als erstes Stadtquartier Europas in Holzbauweise. Auf den 5 Baufeldern sind mit rd. 75.000 m² Geschossfläche Wohnungen, City-Apartments, Büros und ein Kindergarten geplant.
In München entsteht auf 28.000 Quadratmetern die **Timber Factory**, ein gemischt genutztes Quartier mit Produktion, Gewerbehof, Büros und Einzelhandel. Das Areal ist Teil eines prosperierenden Stadtteils. Im Quartier werden durch Holzhybridbauweise und klimafreundliche Energieversorgung hohe Nachhaltigkeitsstandards gesetzt.

5.1. Know How als Schlüssel

Unter Federführung unseres UBM-internen Holzbau-Expertenteams analysieren wir im Detail jedes Projekt im Hinblick auf den optimalen Einsatz der zur Verfügung stehenden Materialien und Bauweisen. In dieser Varianten-Analyse fließen unterschiedliche Parameter ein, wie

- Bauzeit und Bauablauf
- Baustellenlogistik
- Vorfertigungsgrad
- Brandschutz & Bauphysikalische Anforderungen
- Vorgaben aus dem Bebauungsplan oder den Bauvorschriften
- Statische Rahmenbedingungen
- Optische Qualitätsanforderungen & architektonisches Gesamtkonzept
- Einbindung der haustechnischen Anlagen
- ESG-Nachhaltigkeitskriterien
- Flächeneffizienz, Flexibilität der Grundrisse & Rückbaubarkeit
- Vergabemodelle (early contracting involvement)
- Wirtschaftliche Parameter
- EU-Taxonomie

Output dieser Untersuchungen ist ein mit allen Fachabteilungen klar festgelegter Projektfahrplan für die optimale Umsetzung des Holzbauprojektes.

5.2. Herausforderungen gibt es!

Als einer der Pioniere im Bereich mehrgeschoßiger Holzbau haben wir bei der Projektumsetzung einige Herausforderungen zu lösen. Da nicht immer auf langjährig erprobte Lösungen zurückgegriffen werden kann, sondern immer wieder Neuland betreten wird, ist unsere Kreativität gefordert.
Die verschiedenen Bauordnungen und die unterschiedlichen behördlichen Nachweisführungen erhöhen die Komplexität des Planungsprozesses. Speziell das Prüfingenieurwesen und die Zulassungsverfahren im Einzelfall für nicht normativ geregelten Bauweisen verzögern

das Bewilligungsverfahren und bilden einen starren Rahmen mit wenig Flexibilität bezüglich optimierter Umsetzungsoptionen.
Im Bereich Brandschutz konnte in den vergangenen Jahren in Österreich insofern eine Verbesserung erzielt werden, dass nicht reine Materialqualitäten festgeschrieben, sondern Schutzziele definiert wurden. Die Summe der Maßnahmen zur Erreichung der vorgegebenen Schutzziele sind im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes frei wählbar und mit der Behörde abzustimmen.

In Deutschland sind derzeit noch Genehmigungen im Einzelfall möglich und es kann nur in einem sehr geringen Umfeld auf bereits von einer anderen Baubehörde genehmigte Bauweisen zurückgegriffen werden.
In dem boomenden Holzbaumarkt ist ein Wettbewerb der besten Köpfe ausgebrochen, da beginnend von der Architekturplanung über die Bauphysik, den Brandschutz, der Tragwerksplanung bis hin zur Ausführung zu wenig Ressourcen vorhanden sind.
Auch in diesem Zusammenhang hat sich der Aufbau eines hausinternen Expertenteams als Vorteil erwiesen, um als Bauherr auch für Holzbauthemen ein kompetenter Ansprechpartner zu sein und eine optimale Projektabwicklung zu garantieren.
Neue Abwicklungsmodelle in Richtung Partnerschaftsmodelle mit Allianzverträgen ermöglichen effizientere Planungsabläufe und eine Verzahnung der Leistungsphasen, was wiederum eine Verkürzung der Bauzeiten und somit eine wirtschaftlichere Abwicklung ermöglicht.
Der Holzbau erfordert mit der industriellen Vorfertigung ein Umdenken der Bauprozesse, was wiederum eine Chance für die schon lange notwenige Steigerung der Produktivität bedeutet.

6. «Act» – Potenziale von Holzbau nützen

Wir als UBM haben uns dazu entschlossen, die Herausforderungen anzunehmen, und die Chancen der Veränderung unseres wirtschaftlichen Wandels zu nutzen und unsere Strategie klar mit green. smart. and more. zu definieren.
Wir sind überzeugt, dass für einen Immobilienprojektentwickler die Investitionen in ernst gemeinte Nachhaltigkeit und Projekte, die tatsächlich einen «grünen» Mehrwert bieten, Erfolgs-Voraussetzung für dieses Jahrzehnt sind.
Holzbau ist einer der wesentlichen Eckpfeiler unserer strategischen Ausrichtung und wir sind überzeugt, die Potenziale dieses Baustoffes und der damit verbundenen Vorteile wirtschaftlich erfolgreich nutzen zu können.
Wir lesen und hören vielfach in der Berichterstattung zur Klimakrise, dass die Staaten, die Wirtschaft und die Gesellschaft vom Reden ins Handeln kommen muss.
Wir als UBM haben damit begonnen.

Abbildung 13: Baum mit Lichtblick

7. Quellenverzeichnis

[1] UBM Development; Michael Nagl; Roland Berger; bloomimages

[2] United Nations Environment Programme: Global Status Report for Buildings and Construction; IEA: Transport sector CO_2 emissions, 2020

[3] Rat der Europäische Union: Neue Vorschriften für die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen: vorläufige politische Einigung zwischen Rat und Europäischem Parlament, 21. Juni 2022

[4] UBM Development; Eike Becker Architekten

[5] Bloomberg, BloombergNEF: volume data as of September 30, 2022

[6] BMWI: Sustainable Finance-Taxonomie, 2020

[7] FSC Deutschland 2020 & PEFC Austria 2021

[8] UBM Development; bloomimages; Eike Becker Architekten

[9] UBM Development; Sacker Architekten

Wie BIM koordinieren?

Dipl.-Ing. Julian S. Schachner
ODE – office for digital engineering
Wien, Österreich

Wie BIM koordinieren?

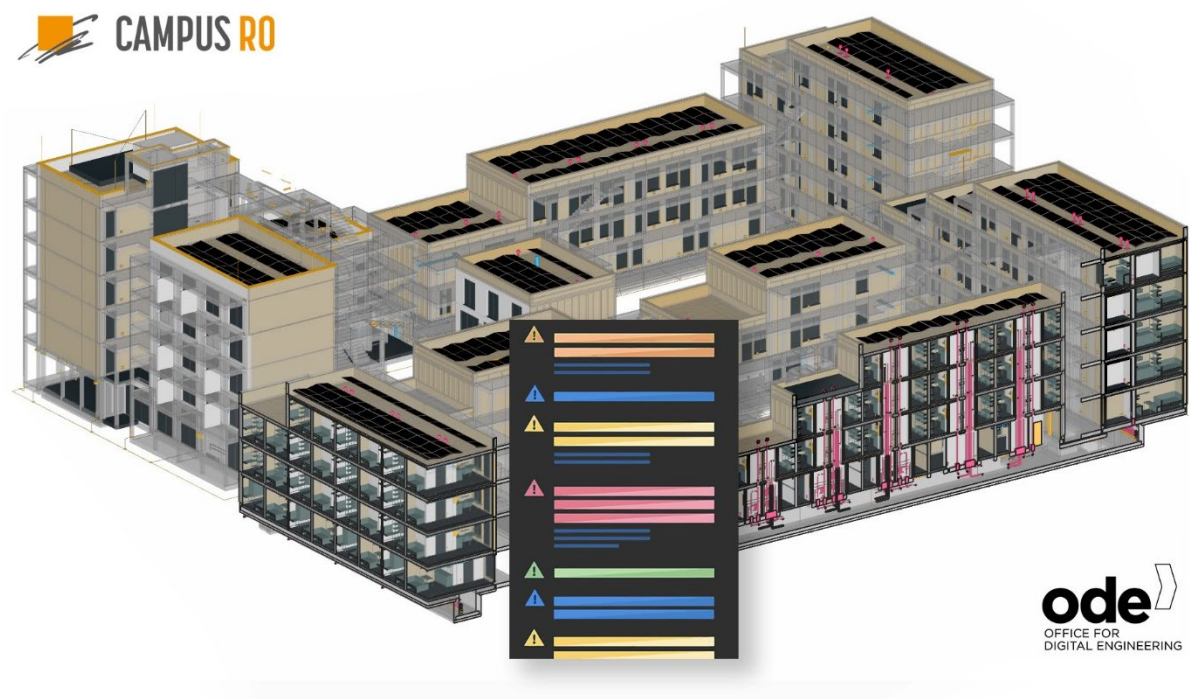


Abbildung 1: Koordinationsmodell Campus RO / Entwurf ACMS Architekten GmbH

1. Vorwort | Was ist das Ziel?

1.1. Technologie ist die Antwort, aber was ist die Frage?

Am Anfange eines jeden Projektes sollte stets klar sein, wo die Reise hin geht. Dies ist generell eine gute Empfehlung bei Unterfangen jeglicher Natur, doch gerade im Kontext der Digitalisierung, zu der BIM und damit auch das Thema der BIM-Koordination definitiv zählt, ist es besonders ratsam sich diese Frage stets vor Augen zu halten.
Neue Technologien eröffnen uns in vielen Bereichen noch nie dagewesene Möglichkeiten, liefern uns Potential und Chancen zugleich. Für technische Limitierungen gibt es Work-arounds und für Herausforderungen Lösungen. Bei BIM Projekten wird oftmals eine breiter Anforderungskatalog definiert und die Gefahr ist hoch sich im Detail zu verlieren bzw. ist es alles andere als einfach den Überblick zu wahren.

Um die Orientierung zu behalten ist es stets wichtig vor allem eines zu beachten:
Was ist das Ziel?

Abbildung 2: Wesentliche Fragen sollten zu Projektbeginn geklärt sein

1.2. BIM erfolgreich koordinieren

Um sich der Fragestellung widmen zu können, wie BIM Projekte effizient und zielgerichtet koordiniert werden können, ist es zunächst notwendig Hintergrund und Kontext zu behandeln, um das Ziel zu verstehen. Aus diesem Grund werden im nächsten Abschnitt nochmals überblicksmäßig und sehr rasch die elementarsten Grundlagen der BIM Methode behandelt, ehe Methoden und Möglichkeiten aufgezeigt werden, die im Rahmen des BIM Qualitätsmanagements zur Verfügung stehen, um Orientierungshilfe und Unterstützung zum Erreichen der Projektziele sind und somit die Richtung vorgeben.
Im Zuge der Koordination ist besonders für Auftraggeber, aber auch Planungsbeteiligte vor allem eines von großem Interesse: einen raschen und aussagekräftigen Überblick über den Projektstatus, mittels **Key-Performance-Indicator (KPI),** zu bekommen, um die Bereiche mit größter Fehlerquote bzw. Priorität rasch zu identifizieren und zeitnah zu korrigieren. Konkret heißt das vor allem, wie kann aus den digitalen Bauwerksmodellen bzw. dessen Prüfergebnissen ein aussagekräftiger Bericht generiert werden?

Abbildung 3: Vom Modell zum Bericht – ein Instrument zur raschen objektiven Statusbeurteilung

Die erörterte Theorie wird abschließend um Erfahrungen und Vorgehensweisen aus der Praxis ergänzt - dem openBIM Projekt Campus RO. Das Studentenquartier in Holzhybridbauweise ist aus gleich mehreren Gründen ein besonderes Projekt und die gewonnen Erkenntnisse zeigen auch sehr gut, worauf es bei der BIM Koordination ankommt.

2. Einleitung | Grundlagen und Kontext

Warum ist eine BIM Koordination notwendig und was sind dessen Anforderungen und Aufgaben? Immerhin lässt sich unter diesem dehnbaren Begriff sehr viel zusammenfassen. Wie so oft lässt sich auch diese Frage nicht allgemeingültig beantworten und muss mit einem **«Es kommt drauf an …»** beantwortet werden. Worauf? Hierzu hole ich kurz etwas aus, um kurz Hintergrund und Motivation zu erörtern.

2.1. Die Digitalisierung im Bauwesen

Die Bauwirtschaft unternimmt derzeit große Anstrengungen, um im Prozess der Digitalisierung nachzuziehen. Lange Zeit wurde kaum ein Optimierungsbedarf in der Baubranche gesehen, in Sachen Digitalisierung aufzurüsten.
Mit **Building Information Modeling**, kurz BIM, kam Schwung in die Sache: die neuen Möglichkeiten der **Modellerstellung** statt zweidimensionaler Plandarstellungen, die **verbesserte Kommunikation und Kollaboration,** sowie die **vertiefte Qualitätssicherung** und die Sicherheit **Projektinformationen konsistent** zu erhalten, sind die wesentlichen Vorteile, die Bauvorhaben derzeit schneller und auch besser steuerbar machen. Ein wesentlicher Bestandteil der Digitalisierung im Bauwesen wird so von der BIM-Methode getragen.

2.2. BIM ist eine Methode und erfordert Umdenken

Dem M in dem Akronym für BIM wurden bereits viele Bedeutungen zugeschrieben. Offiziell steht es für Modeling, aber auch Management wäre sehr passend. BIM ist eine Arbeitsmethode für die eine entsprechende Verwaltung, Regelwerksentwicklung und Prozessdefinitionen unerlässlich ist.

Die Digitalisierung erfordert ein Umdenken von einem projektorientierten in ein prozessorientiertes Denken.

Es ist notwendig die späteren Prozesse bereits früh, idealerweise bereits bei der Projektinitiierung mitzudenken, und laufend zu kontrollieren bzw. zu koordinieren.

Eine erfolgreiche Implementierung geht Hand in Hand mit der konsequenten Umsetzung und dem richtigen Handling der Werkzeuge und Methoden.

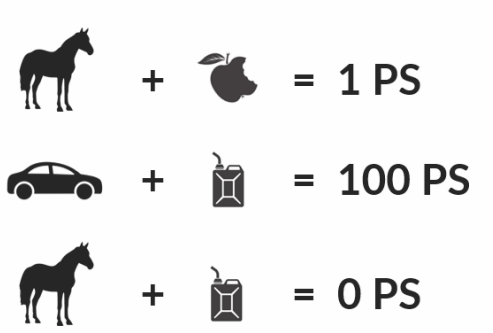


Abbildung 4: Eine Transformation bedeutet mehr als nur den Untersatz zu tauschen – Prozesse müssen teilweise adaptiert werden

2.3. Das digitale Bauwerksmodell

Der Kern eines jeden BIM Projekts ist das digitale Bauwerksmodell, das die Informationen in Form von Geometrie und Alphanumerik beinhaltet und vielerlei Anwendungsfälle bedient. Das Koordinationsmodell dient somit als Grundlage für die weitere Verwertung.
Das Arbeiten in der BIM Methode benötigt eine gemeinsame Sprache. Diese Sprache heißt IFC und steht für «Industry Foundation Classes». Es handelt sich dabei um ein offenes Schnittstellenformat für das Bau- und Betriebswesen. Seit 1995 entwickelt buildingSMART International IFC als Teil des openBIM-Standards (= die Fachplaner müssen nicht die gleiche Autorensoftware verwenden). Seit 2013 ist IFC mit der ISO 16739 ein offizieller ISO-Standard und wird regelmäßig mit dieser Norm aktualisiert. Der Vorteil einer offenen Datenschnittstelle liegt auf der Hand – etwa die lange gewährleistete Datenlesbarkeit.
IFC dient in erster Linie dem **Austausch und der Koordinierung von Planungsinformationen**. Dabei werden Planungsinhalte je Gewerk als IFC-Fachmodell exportiert. Fachmodelle beinhalten die gewerkspezifischen Fachinformationen. Während den Planungs- und Ausführungsphasen werden diese Fachmodelle für die **BIM-Qualitätssicherung** (Modellkoordination) verwendet. Auch Simulationen (**4D**), Mengen- und Massenermittlungen (**5D**), **digitale Bestandserfassung** und Übergabe von betriebsrelevanten Daten (**6D**, **7D**) werden mit dem IFC-Format unterstützt.

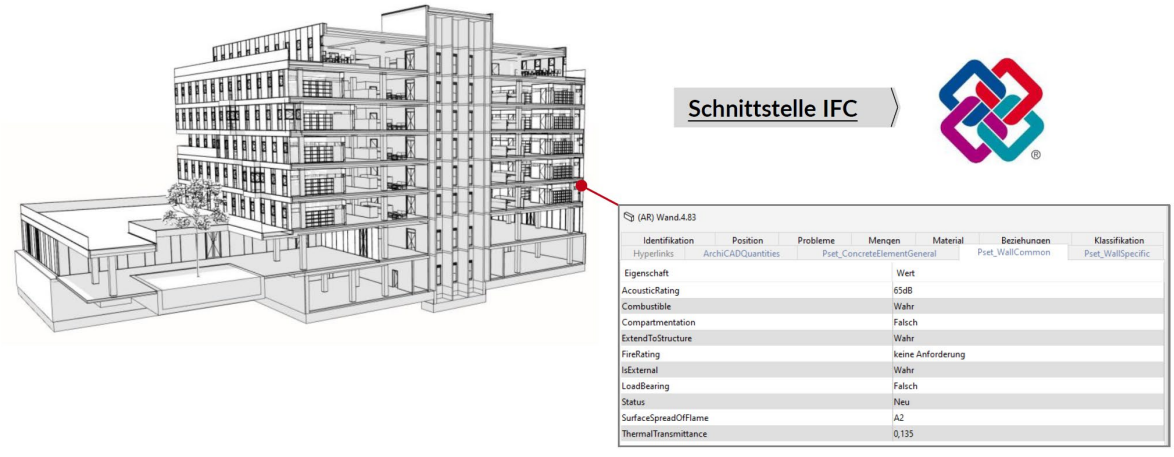


Abbildung 5: BIM Modell / Schnittstelle IFC

2.4. Warum BIM Qualitätsmanagement?

Kurz zusammengefasst: BIM ist mehr als nur dreidimensional zu planen – es bedeutet in erster Linie Richtlinien sowie Konventionen zu befolgen, Schnittstellen zu kennen, Daten korrekt zu strukturieren, Prozesse und Workflows zu verstehen, diese klar festzulegen und Werkzeuge adäquat einzusetzen.

Was ist das Ziel? Je nach Projekt und Auftraggeber können die Ziele eines BIM Projekts anders gelagert sein. Neben der integralen Planung im Rahmen der Errichtung des Bauvorhabens sind diverse Anwendungsfälle (von asBuilt-Abgleichen bis hin zur Lebenszyklusdokumentation) inklusive ihrer individuellen Anforderungen an das digitale Bauwerksmodel im Rahmen der Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) bzw. im BIM-Abwicklungsplan (BAP) frühzeitig (!) zu definieren. Das Ziel kann also je nach Projekt variieren, sollte allerdings stets klar beschrieben sein.

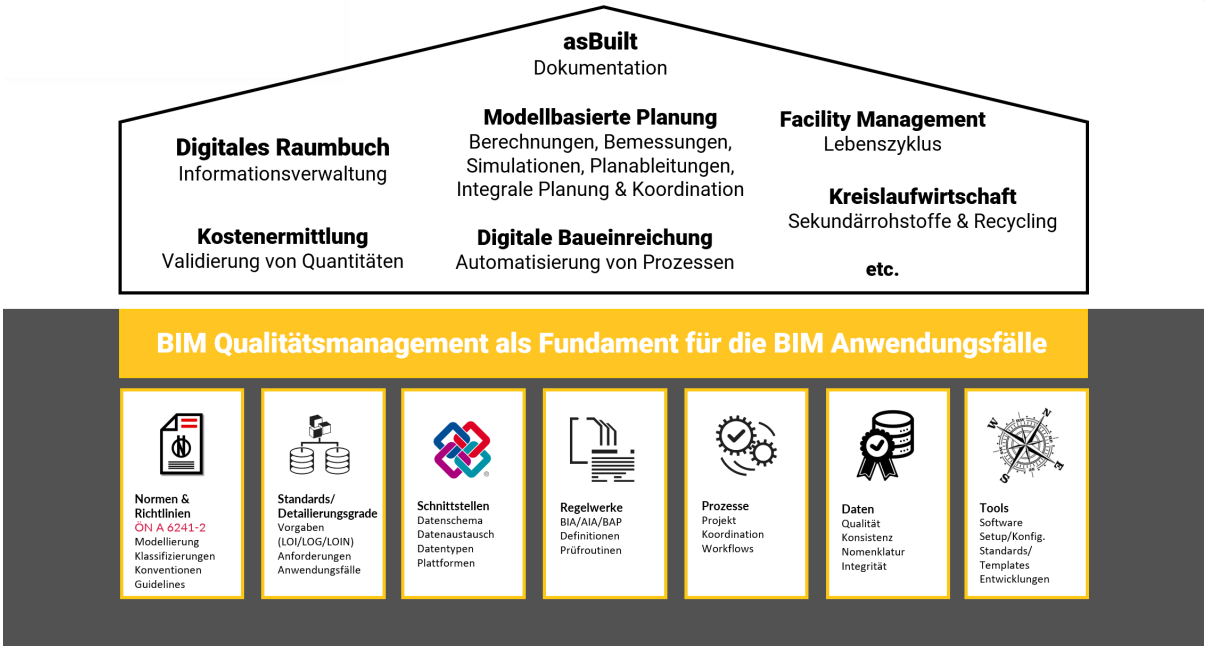


Abbildung 6: BIM Qualitätsmanagement als Grundlage zur Sicherstellung von Anwendungsfällen aller Art

Wie ist dies zu erreichen? Um die geforderten Anwendungsfälle auch umsetzen zu können erfordert es laufende strukturierte planungsbegleitende Kontrollen – immer mit dem Blick auf das große Ganze und gleichzeitig mit dem Fokus auf das Wesentliche. BIM Qualitätsmanagement ist eine wesentliche Komponente, um die Orientierung zu behalten und das geforderte Ziel zu erreichen.

Worauf es ankommt? Die große Herausforderung bei der digitalen Modellprüfung ist also einerseits die relevanten Punkte systematisch und effizient aufzuspüren und andererseits diese auch gut verständlich für alle Beteiligten zu dokumentieren sowie zu kommunizieren.

«Die große Herausforderung bei der digitalen Modellprüfung ist …

- ***relevanten Punkte systematisch und effizient aufzuspüren,***
- ***diese auch gut verständlich für alle Beteiligten zu dokumentieren sowie zu koordinieren.»***

Womit wir nun bei der eigentlichen Frage angekommen sind: **«Wie BIM koordinieren?»**

3. Methodik und Praxis | Vom Modell zum Bericht

3.1. Faktoren, Voraussetzungen, Ziele

Die Qualitätssicherung bildet das Fundament für das digitale Bauen. Explizit bedeutet das, dass die Umsetzung der Prüfung entsprechend qualifiziert, durchgeführt werden muss, um belastbare und aussagekräftige Resultate zu liefern.

Folgende Faktoren und Voraussetzungen sind essenziell:

- Das Ziel muss klar sein, d.h. die Anforderungen, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten müssen eindeutig definiert und allen Beteiligten verständlich sein.
- Die eingesetzten Tools müssen korrekt bedient werden, solide konfiguriert und natürlich auch funktionstüchtig sein bzw. die erforderlichen technischen Anforderungen erfüllen.
- Koordinationsthemen und Prüfungsresultate müssen korrekt interpretiert, strukturiert und kommuniziert werden.

Zum BIM Qualitätsmanagement gehört mehr als das Beschaffen und Bedienen einer neuen Software – es erfordert ein integrales Verständnis der Standards, Konventionen, Richtlinien, Schnittstellen, Programmkenntnisse sowie Einblick in die projektspezifischen digitalen und analogen Prozesse.
Die Schwierigkeit ist es nicht bloß die «Fehler» zu finden, sondern unter den Resultaten die relevanten Probleme herauszufiltern und diese entsprechend rasch, klar und verständlich für alle Beteiligten aufzubereiten.

Was soll also das Ergebnis, der finale Output sein?
Hier hat sich vor allem folgende Kombination bewährt:

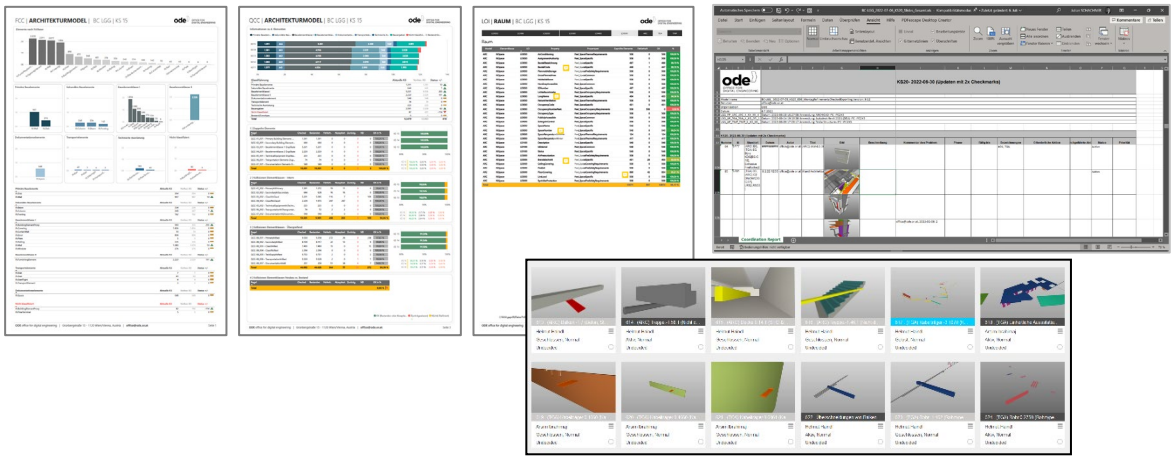


Abbildung 7: Unterschiedliche Themen der Koordination, erfordern verschiedene Formen der Kommunikation

- **Prüfbericht mit KPIs** (.pdf)

  Statusbericht zu den Fachmodellen, der Datengrundlage, und Kontext der Fachmodelle ebenso strukturiert abbildet und die Resultate der einzelnen Prüfroutinen inklusive der Darstellung der entsprechend definierten Qualitygates.

- **Modellbasierte Kommunikation** (.bcf)

  Das BIM Collaboration Format (BCF), quasi der kleine Bruder von IFC, ist ein offenes Dateiformat zur Kommunikation von «Problemen» eines BIM-Modells, welches in diversen Tools verwendet werden können.

  Ergebnisse werden dabei beispielsweise mit Kommentaren versehen, die je Problemstellung u.a. Informationen zu betroffenen Bauteilen, Anmerkungen, Verantwortlichkeiten, Priorität, Fälligkeit, Status und eine Ansicht der betroffenen Elemente enthalten.

- **Optionale Auflistungen** (.xls/.pdf)

  Ergänzend zum interaktiven BCF-Austausch ist aus Dokumentationsgründen und um die Lesbarkeit für alle Projektbeteiligten zu gewährleisten, nichts gegen eine zusätzliche analoge Darstellungsform in Listenform einzuwenden.

Diese Art der Dokumentation und Kommunikation auf verschiedenen Ebenen bedient verschiedene Bedürfnisse. Einerseits ist es möglich rasch einen Gesamteindruck zu erlangen, die größten Fehlerquellen zu identifizieren und die Aussagekraft der Prüfungsresultate an sich differenziert zu beurteilen. Andererseits können konkrete Probleme sehr detailliert auf Problemebene erfasst und behandelt werden.

3.2. Prüfberichte als Kommunikationsgrundlage

Tatsache ist jedoch, dass in vielen Projekten Prüfberichte relativ unspezifisch gestaltet sind und im Prinzip nur eine Auflistung der detektierten «Fehler» der Koordinationsmodellprüfung darstellen, welche sich nicht selten über hunderte Seiten streckt.

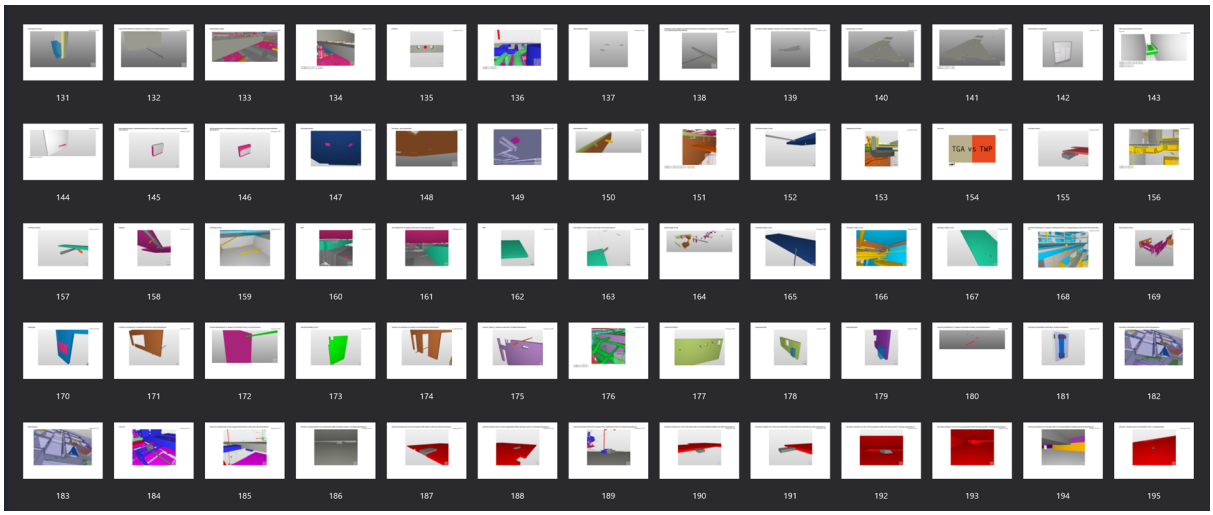


Abbildung 8: Prüfberichte ohne Kontext lassen nur bedingt Aussagen über den Projektstatus zu

Mittels dieser Darstellungsform kann keine qualifizierte Aussage über den aktuellen Projektstatus getroffen werden. Einen grundsätzlichen Eindruck über den tatsächlichen Zustand zu erlangen, ist bei einer alleinigen Problem-Auflistung nur möglich, wenn alle einzelnen Prüfergebnisse, oftmals hunderte, detailliert gesichtet werden.
Dies stellt einen immensen Aufwand dar, der schwer zu vertreten ist bzw. dessen Mehrwert zu hinterfragen ist. Eine ausschließliche Auflistung aller Prüfergebnisse ist nur zur Dokumentation beziehungsweise zur weiteren Bearbeitung der Projektbeteiligten sinnstiftend, jedoch nicht um eine rasche Identifikation der Prioritäten zu ermöglichen – ein wesentliches Ziel der Koordination.
Faktisch findet die die modellbasierte Koordination auch im Rahmen regelmäßiger Sitzungen statt und auch hier ist es natürlich von großem Vorteil anhand von aussagekräftigen Berichten, Daten und Informationen die einzelnen Themen zu besprechen, um Entscheidungen zu treffen.
Koordination ist Kommunikation und umso wichtiger ist es hierfür das richtige Medium zu wählen, um je nach Projektphase und Kontext das wesentliche zu diskutieren und Prioritäten zu identifizieren. Das Um und Auf für eine erfolgreiche Koordination ist somit die sinnvolle Umsetzung des BIM Qualitätsmanagements. Das fängt bei der Konfiguration der Prüfsoftware an, und schließt natürlich auch die entsprechende Datenaufbereitung ein.

3.3. Prozessschritte im Überblick

Die wesentlichen Prozessschritte, um vom Modell zum Bericht zu gelangen sind in der folgenden Darstellung abgebildet. Als Ausgangsdaten dienen die Fachmodelle der jeweiligen Disziplinen, welche im weiteren Verlauf klassifiziert und geprüft werden, um die entsprechenden Resultate zu beurteilen, zu dokumentieren und zu kommunizieren.

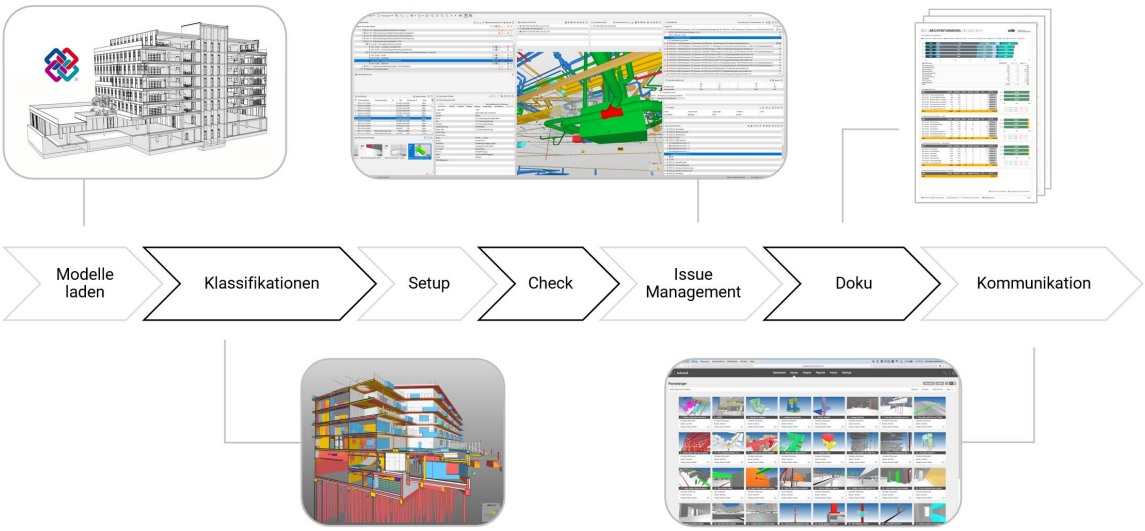


Abbildung 9: Zoom in – die wesentlichen Prozessschritte der Modellprüfung im Überblick

3.4. Worauf bauen wir?

Unschwer erkennbar kommt den Fachmodellen und damit natürlich auch den Planern eine entsprechend wichtige Bedeutung zu Teil. Der oben dargestellte Prozess ist in Wahrheit aber nur der zunächst sichtbare Teil der Koordination.

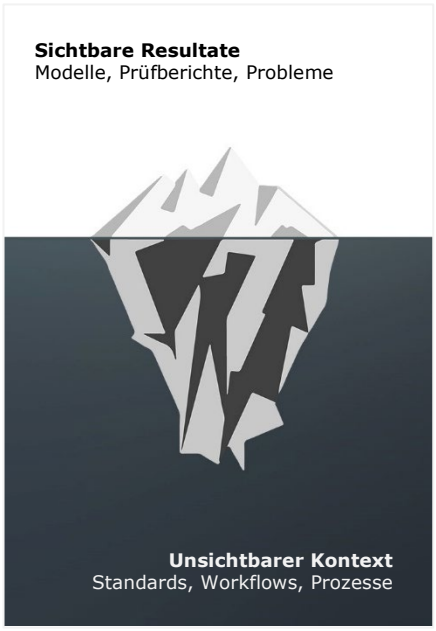


Abbildung 10: «BIM Eisberg»

Wie bereits in der Einleitung erläutert, ist der Kontext von großer Bedeutung. Nicht immer ist dieser gleich sichtbar, doch oftmals essenziell für die Stabilität.

Prozesse definieren sich nicht von selbst, und viele Abläufe im BIM Kontext müssen von Anfang an klar geregelt sein, da aufgrund der formalen Vorgaben und standardisierter Schnittstellen die Fehlertoleranz natürlich eine andere ist als bei konventionellen Planungsprozessen. Nur wenn die Grundlagen berücksichtigt werden, lässt sich ein BIM Modell sinnvoll verwerten.

Nicht nur technische, sondern auch vermeintlich profane Fragen wie «Welche Modellinhalte sind wann von wem zu liefern?» oder «Wie oft findet eine Koordinationssitzung statt und wer nimmt daran Teil?» müssen von Anfang an klargestellt werden, um die Projektziele zu erreichen.

Um auch diese Sicht der Koordination zu beleuchten und um zu zeigen, wie die Theorie in der Praxis ausschauen kann, wird im nächsten Abschnitt am konkreten Praxisbeispiel, dem Projekt Campus RO ein exemplarischer Einblick gegeben.

4. Praxisbeispiel | BIM Koordination beim Campus RO

Das Leuchtturmprojekt Campus RO, ein Neubau in Hybridholzbauweise für studentisches Wohnen direkt an der Hochschule Rosenheim, wurde von den ACMS Architekten aus Wuppertal entworfen und geplant und der ODE im Rahmen der BIM Projektleitung, Projektsteuerung bzw. Gesamtkoordination begleitet.

4.1. Vorgeschichte

Das Besondere an diesem Projekt ist die Tatsache, dass die BIM Methode dort von Anfang an auf freiwilliger Basis umgesetzt wurde. Bereits zur Beauftragung gab es den Wunsch seitens Bauherrenseite, jedoch wurden die BIM Regelwerke (AIA/BAP) nicht Vertragsgegenstand und die Prämisse «So viel BIM wie für den Projekterfolg nötig, jedoch nicht so viel wie möglich» sowie das «Gemeinsames Lernen» standen im Vordergrund. Dies hat Vor- und Nachteile für alle Beteiligten. Klar ist auf jeden Fall, dass man sich einig ist, dass die Regelwerke an sich bei Projekten unerlässlich sind bzw. zumindest die AIA in der Regel vor Projektbeginn und der Ausschreibung von BIM Leistungen sowie etwaigen Verhandlungen vorliegen müssen, um Klarheit für alle Beteiligten zu schaffen.

4.2. Organisation und Ablauf

Der Anwendungsfall «Planungsbegleitendes Qualitätsmanagement und Modelkoordination» in den Regelwerken beschreibt im Grunde auch die Anforderungen, den Ablauf und die Durchführung der Koordination, aber auch die Rollenverteilung ist definiert.
Am Beispiel Campus RO bedeutet das etwa die individuellen Fachmodelle werden gemäß dem Datenlieferungsplan regelmäßig auf der Projektplattform im offenen IFC-Format zur Verfügung gestellt, um im Rahmen der Vorbereitung zur Koordinationssitzung geprüft zu werden. Die einzelnen Prozessschritte, vom Koordinationsmodell (= die föderierten IFC-Fachmodelle) zum Bericht, sind im vorherigen Kapitel auch im Überblick dargestellt.

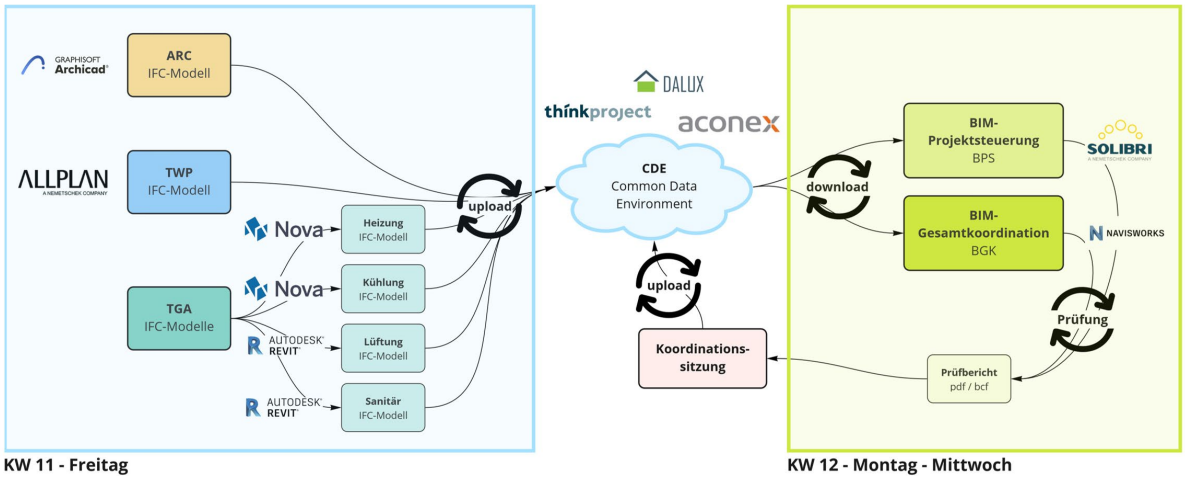


Abbildung 11: Chronologische Prozessübersicht einer generischen Koordinationssitzung

Grundsätzlich müssen bei den Koordinationssitzung alle BIM-Verantwortlichen gemäß BAP teilnehmen. Die Leitung der Koordinationssitzung hat die BIM-Gesamtkoordination (BGK) inne und neben ihr nehmen auch die BIM-Fachkoordinatoren (BFK) der einzelnen Disziplinen sowie in der Regel die BIM-Projektsteuerung (BPS) teil. Sie alle präsentieren und diskutieren dabei ihre Prüfungsresultate am Modell.
In der Regel sollte die Koordination einmal pro Monat stattfinden, wobei es sich empfiehlt zu Projektbeginn die Terminabstände kurz zu halten bzw. intensiven Kontakt zu pflegen, um die ersten neuralgischen Punkte im Rahmen des Projektsetups frühzeitig zu klären. Insbesondere das Thema der Georeferenzierung sowie die Lagerichtigkeit der Modelle zueinander stellt die Planer immer wieder vor Herausforderungen.

4.3. Modell und Prüfung

Die Modellprüfung selbst erfolgt in mehreren Schritten – um eine strukturierte Arbeitsweise zu ermöglichen ist es notwendige Modellinhalte nach einem einheitlichen System zu klassifizieren. Das IFC-Schema gibt hier mit den individuellen Elementklassen natürlich bereits ein System vor, doch für die Prüfung der Kollisionen etwa ist es notwendig weitere Differenzierungsmöglichkeiten zu schaffen.

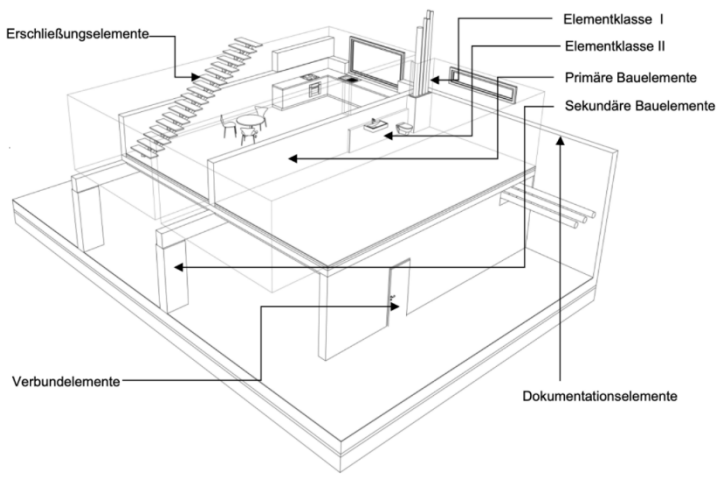


Abbildung 12: Bauelementklassen im Hochbau
(Quelle: ÖNORM A 6241-2. Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM, Anhang A (normativ). 01.07.2015. Hrsg.: Austrian Standards International (ASI). Bild A.4. Seite 16)

Anhaltspunkte hierzu lassen sich einerseits in der Norm finden, andererseits empfiehlt es sich Klassifizierungen, sprich Filterungen, auch auf Büro- bzw. Projektebene zu definieren. Durch diese erste Form der visuellen Koordination lassen sich formale Prüfkriterien sehr gut überprüfen und Unzulänglichkeiten wie beispielsweise etwa falsche Geschosszugehörigkeiten von Elementen sind oftmals auf den ersten Blick erkennbar. Zudem lassen sich Klassifizierungen sehr flexibel gestalten, was eine gewisse Toleranz hinsichtlich der Datenstruktur für die spätere Prüfung ermöglicht. Die Einsatzmöglichkeiten sind sehr vielfältig, nachstehend dazu Impressionen aus dem Koordinationsmodell.

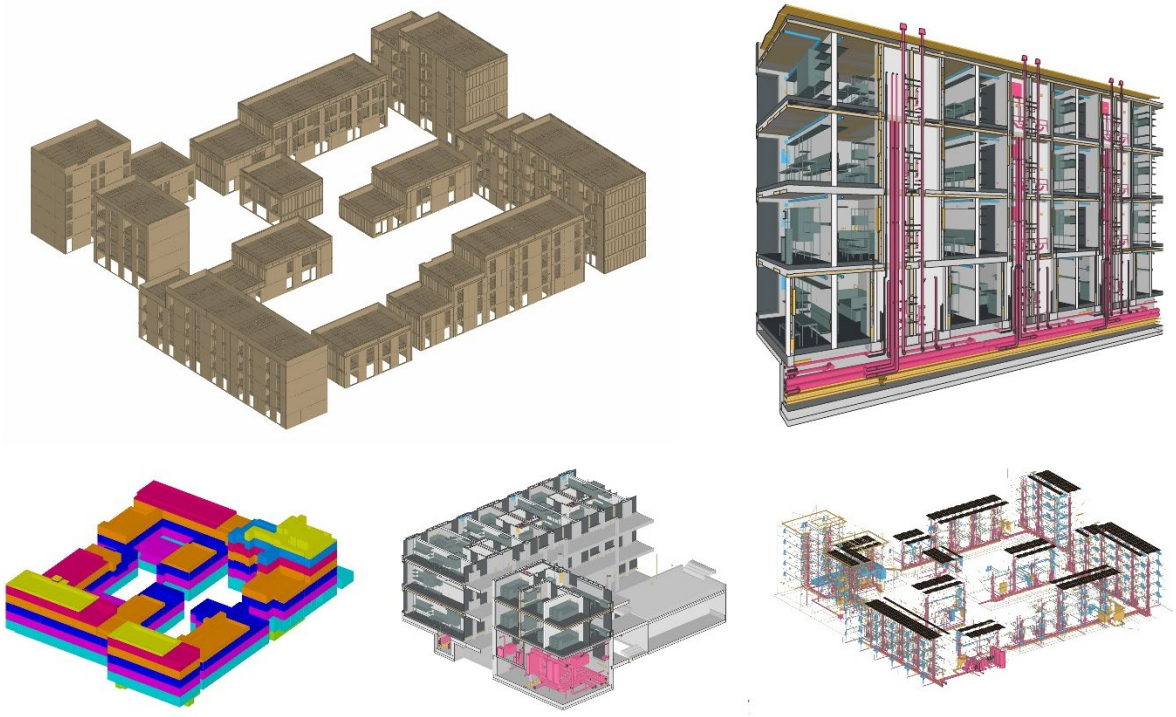


Abbildung 13: Klassifizierungen schaffen (interdisziplinäre) Verständlichkeit im Koordinationsmodell – eine durchdachte Klassifizierung der Bauelemente reduziert den Aufwand der Prüfregelerstellung dabei merklich.

4.4. Prüfroutinen

Die detaillierte Prüfung der Modelle bzw. die Aufbereitung der relevanten Themen erfolgt prinzipiell nach folgenden Kategorien, die von der ODE vor einigen Jahren definiert worden sind und mittlerweile bei diversen Projekten zum Einsatz kommen.

FCC – Formale-Kriterien-Check

Formale Kriterien sind auch sogenannten Basis-Kriterien. Sie beinhalten hauptsächlich Prüfungen auf Existenz von Informationen und Geometrien und deren Logik und grundsätzliche Ordnung. *Beispiel: Existieren Räume. Besitzen diese Räume eine gültige Raumnummer (= Informationsprüfung).*

Lage, Hierachie und Modellstruktur

Code	name	Fehler/Status
FCC-01_001	Lagerichtig?	OK
FCC-01_003	Geschossnull entspricht BAP	OK
FCC-01_004	Geschossbenennung entspricht BAP	OK
FCC-01_005	keine Leergeschosse vorhanden	OK
FCC-01_006	keine Leerflächen vorhanden	OK
FCC-01_007	keine verwaisten Elemente	OK

Elemente und Klassifizierungen

Code	FCC Regelname	Fehler/Status
FCC-01_010	einzigartige GUIDs	OK
FCC-01_011	maximale Polygonzahl	OK
FCC-01_018	Räume in Nicht-Architektur Modell	OK
FCC-02_01	korrekte IFC-Klassifizierung gegeben - ARC	OK
FCC-02_02	IfcBuildingElementProxy korrekt verwendet	Nicht OK

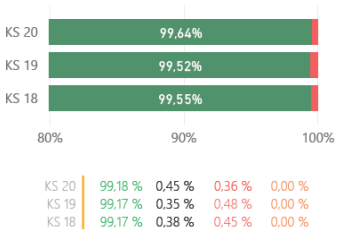
Modell	Elementklasse	LOI	Property	Propertyset	Geprüfte Elemente	Fehlerhaft	OK	%
ARC	IfcWall	LOI100	ExtendToStructure	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI100	IsExternal	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI100	LoadBearing	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI100	Status	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
TWP	IfcWall	LOI100	LoadBearing	Pset_WallCommon	327	0	327	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI200	Combustible	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI200	Compartmentation	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI200	ElementMainMateriality	Pset_WallSpecific	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI200	FireRating	Pset_WallCommon	740	0	740	100,00 %
ARC	IfcWall	LOI200	ThermalTransmittance	Pset_WallCommon	740	597	143	19,32 %
Gesamt					**6.987**	**597**	**6.390**	**91,46 %**

Abbildung 14: Exemplarische Aufbereitung der Resultate formale Prüfroutinen

QCC – Qualitäts-Kriterien-Check

Qualitätskriterien beruhen auf der Korrektheit der FCC. Sie beinhalten hauptsächlich die Prüfung geometrischer Beziehungen (Kollisionsprüfung, Abstände, ...) als auch inhaltlicher Beziehungen (Bauelementabmessungen, Bauelementabhängigkeiten, ...).
Beispiele: Besitzt ein Raum die notwendige Raumhöhe (=Information) tatsächlich kollisionsfrei (=Geometrie).

Rule	Checked	Bestanden	Fehlerh.	Akzeptiert	Zurückg.	ND	OK in %
QCC-17_001 - ARC-Primäre_Vs_H_Heat	3.207	3.203	4	0	4	0	99,88 %
QCC-17_001 - ARC-Primäre_Vs_K_Cooling-...	2.498	2.491	7	7	0	0	100,00 %
QCC-17_001 - ARC-Primäre_Vs_L_Ventilation	10.981	10.852	129	84	45	0	99,59 %
QCC-17_001 - ARC-Primäre_Vs_S_Plumbin...	10.496	10.351	145	71	74	0	99,29 %
QCC-17_001 - ARC-Primäre_Vs_S_Technical...	1.473	1.473	0	0	0	0	100,00 %
QCC-17_001 - ARC-Primäre_Vs_E_Electrical	7.253	7.245	8	0	8	0	99,89 %
Gesamt	**35.908**	**35.615**	**293**	**162**	**131**	**0**	**99,64 %**



KS 20	99,18 %	0,45 %	0,36 %	0,00 %
KS 19	99,17 %	0,35 %	0,48 %	0,00 %
KS 18	99,17 %	0,38 %	0,45 %	0,00 %

Abbildung 15: Benchmarks für Kollisionsprüfungen sind ein Indikator, aber der Kontext ist zu berücksichtigen!

Zur Klassifizierung für Kollisionsregeln wird grundsätzlich eine Einteilung der Bauelemente in Elementklassen gemäß ÖNORM A 6241-2 verwendet. Wichtig hierfür ist vor allem die Betrachtung des Modellkontextes – Benchmarks geben zwar einen guten Indikator ab, jedoch muss auf weitere Faktoren Rücksicht genommen werden, wie beispielsweise die Projektphase oder entsprechende Konfigurationen der Prüfregeln.

ICC – Integritäts-Kriterien-Check

Integritätskriterien wiederum beruhen auf der Korrektheit von FCC und QCC. Sie beinhalten die Prüfung von Informationsinhalten und deren Beziehungen zueinander. So sind z.B. die meisten Anforderungen einer Norm/Richtlinie in die ICC einzuordnen.
Beispiel: Ist eine Loggia fünfseitig umschlossen (=normative Definition).

4.5. Erkenntnisse aus dem Campus RO

Die Resultate der Prüfungen werden wie zu Beginn erwähnt in verschiedene Berichtsformen gegossen. Entscheidend für die Koordination ist schließlich, wie bereits hervorgehoben, die Art und Weise wie kommuniziert wird. Das betrifft allerdings nicht nur die Darstellung und Ausarbeitung von Prüfberichten sondern bedeutet insbesondere auch, dass de facto die richtige Koordinationsarbeit erst dann beginnt, wenn Fehler im Modell gefunden werden. Und das heißt im Klartext, auch bei einer frühzeitigen Erkennung von

Kollisionen muss natürlich, wie im konventionellen Planungsprozess auch, eine gemeinsame Lösung erarbeitet werden.
Es ändert sich also nicht alles, die Werkzeuge werden andere, aber natürlich gilt es auch im Kontext einer standardisierten Datenstruktur einige technische Voraussetzungen zu berücksichtigen (Stichwort Prozesstransformation), doch die die Grundlage für eine qualitätvolle Planung bilden nach wie vor gute Planungsteams, eine gute Kommunikation sowie die Abstimmung gemeinschaftlicher Lösungen.

5. Conclusio

Die Freiwilligkeit und die Beschränkung auf das Wesentliche im Projekt Campus RO waren entscheidende Zutaten für die erfolgreiche Umsetzung des Projektes in der BIM Methode. Ein BIM Projekt umzusetzen, erfordert eine Strategie – die Frage der Software, des Trainings und der spezifischen Prozesse sind wichtig, jedoch das Fundament und die Grundlagen, konkret die Standards, Regelwerke und Personalkompetenzen, sind von wesentlichem Charakter.
Die Technologie entwickelt sich jeden Tag etwas weiter und natürlich gibt es hier und da noch technische Limitierungen, doch Tatsache ist, es lässt sich mit einem engagierten Projektteam sehr oft eine geeignete Lösung finden. Selbstverständlich funktioniert auch mit neuen Softwareprodukten plötzlich nicht alles auf Knopfdruck und vieles erscheint zunächst umständlicher und komplizierter – in frühen Leistungsphasen müssen zusätzliche Dokumente und das IFC-Format studiert, Parameter- und Exporteinstellungen vorgenommen, Austauschplattformen eingerichtet werden, etc. - doch einmal eingerichtet und getestet ist das Wiederverwendungspotenzial hoch.
Entscheidendes Faktum dafür ist jedoch, dass von Beginn die Ziele klar definiert sind. Wenn von Anfang an allen Beteiligten die Anforderungen der Anwendungsfälle und insbesondere auch deren Sinnhaftigkeit auch bekannt sind, also AIA und BAP bereits bei Projektbeginn eine klare Marschroute vorgeben, ist es zweifellos, um ein Vielfaches leichter die Orientierung zu wahren – auch wenn es holprig wird. Gerade ein BIM Projekt soll keine Reise ins Ungewisse sein. Viele Faktoren sind relevant, um das Ziel zu erreichen. Die BIM Koordination, insbesondere das Qualitätsmanagement ist definitiv einer davon. Diverse technische Hilfsmittel unterstützen uns dabei stets das Ziel im Auge zu behalten, doch um auch anzukommen, braucht es mehr als das.

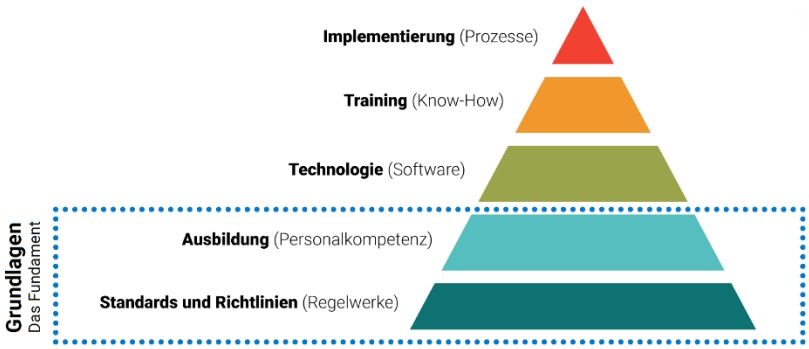


Abbildung 16: «BIM Bedürfnispyramide»

6. Literaturverzeichnis

[1] Eichler, C.; Schranz, C.; Krischmann, T.; Urban, H.; Gratzl, M: BIMcert Handbuch. Grundlagenwissen openBIM. 2021, Mironde-Verlag.

[2] ÖNORM A 6241-2. Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information. Modeling (BIM) – Level 3-iBIM. 01.07.2015. Hrsg.: Austrian Standards International (ASI).

Open BIM am Beispiel vom Campus RO Die Sicht eines Architekten

Laura J. Heidelauf
M.A. Architektin
ACMS Architekten
Wuppertal, Deutschland

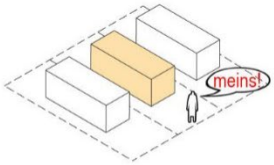
Open BIM am Beispiel vom Campus RO

Abbildung 1: Rendering PONNIE Images, Aachen

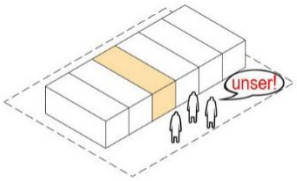
1. Projektvorstellung | Vom Wettbewerb zum Projekt

2018 wurde durch die PMA Invest GmbH & Co KG, die Campus RO GmbH, sowie die Stadt Rosenheim der Wettbewerb für den Campus RO an der Marienberger Straße in Rosenheim ausgelobt. Ziel des Realisierungswettbewerbs war es in der Stadt Rosenheim, die zur Metropolregion München gehört, einen Neubau für studentisches Wohnen und ein Boardinghouse zu planen. Da der Siedlungsdruck an dem Hochschulstandort der technischen Hochschule Rosenheim, die derzeit über 6.000 Studierenden ein breites Angebot an Studiengängen bietet, sehr hoch ist, besteht ein großer Bedarf an bezahlbarem Wohnraum.
Daher galt es auf dem direkt am Campus der Hochschule gelegenen Grundstück genau diesen Wohnraum zu schaffen. Als Leuchtturmprojekt sollte für die Studierenden eine innovative Architektur geschaffen werden, die über die reine Funktionserfüllung hinaus geht. Ein Studentenwohnheim im klassischen Sinn galt als verpönt. Ziel war es einen besonderen Lebensraum zu entwickeln, der den Bewohnern die Möglichkeit bietet, zusammen zu leben, zu arbeiten, zu lernen und sich persönlich in einer außergewöhnlichen Umgebung weiter zu entfalten. Hierfür sollte ein ganzheitliches Konzept mit einem besonderen Blick auf Innovationen entwickelt werden.
Diesen außergewöhnlichen Ansatz des Auslobers haben ACMS Architekten mit ihrem Konzept eines urbanen, gestapelten Dorfs umgesetzt.
Der Wunsch junger Menschen nach einem überschaubaren Wohnumfeld mit der Möglichkeit des Individualisierens der eigenen vier Wände sollte realisiert werden. Das Konzept nimmt daher bewusst Charakteristika kleinräumlicher Stadtstrukturen auf und fügt diese zu einem maßstäblichen, aber auch urbanen Lebensraum, in dem junge Talente gemeinsam leben, lernen und persönlich reifen können, zusammen.
Grundbaustein des Konzepts ist eine klar erkennbare Wohneinheit mit eigenem Hauseingang. Die Einheiten werden für eine sinnvolle städtebauliche Dichte zu Reihen addiert.

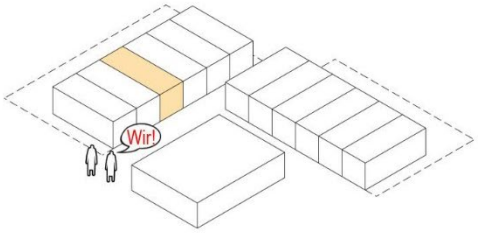
Die Hausreihen werden entsprechend der städteräumlichen Bezüge positioniert und durch Raumbereiche für Gemeinschaftsnutzungen ergänzt.



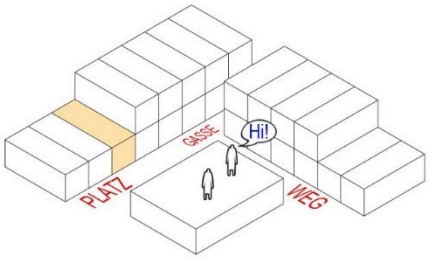
IDIVIDUELLER WOHNRAUM



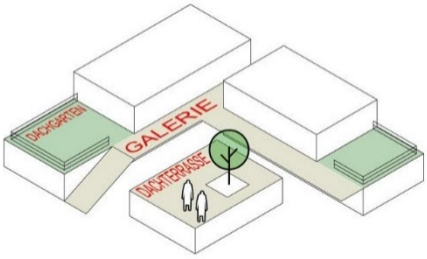
HÄUSERREIHEN - HAUSGRUPPEN



KLEINRÄUMLICHE SIEDLUNGSSTRUKTUR



GESTAPELTES DORF
VERNETZUNG HORIZONTAL | VERTIKAL



WEGE – GALERIEN – DACHGÄRTEN - TERRASSEN

Abbildung 2: Siedlungsstruktur, das gestapelte Dorf

Die Erschließung erfolgt über Wege und Gassen zwischen diesen Hausgruppen. Zwischenräume aus kleineren und größeren Plätzen und Höfen bieten Außenraumqualitäten von fast dörflichem Charakter mit Grün- und Spielflächen, welche für Gruppen genauso wie für Einzelpersonen angenehm sind.
Die Gruppierung der Gebäude erzeugt nach außen eine blockähnliche, klare Kontur und konzentriert im Inneren den vielfältigen Lebensraum der Wohngemeinschaft. Ähnlich einem Dorf sind hier Café und Sportbereiche ebenso wie Waschräume direkt aus dem «Straßenraum» erreichbar.

Die Siedlungsstruktur wird zwecks weiterer Verdichtung dreidimensional fortgesetzt. Die Hausreihen werden zu komplexen Gebäuden gestapelt und verschachtelt und über verschiedene Treppen, Wege und Galerien erschlossen. Alle Wohnungen werden direkt von außen erschlossen und sind zweiseitig belichtet. Optimiert nach Durchsicht, Orientierung, Besonnung und Aussicht erfolgt die Stapelung 1- bis 6-geschossig. Die dadurch auf unterschiedlichen Ebenen entstehenden Dachflächen werden in das Wegesystem eingebunden und als Dachgärten genutzt. Die Nähe zu den einzelnen Häusern erlaubt die unmittelbare Aneignung durch die Bewohner.

Das Netz aus Wegen und Aufweitungen, Plätzen und Gärten erstreckt sich somit auf alle Wohnebenen und bietet vielfältige Sichtbeziehungen.
Wesentlich ist, dass mit diesem vielfältigen Außenraum an der Schnittstelle zwischen Öffentlichkeit und privatem Wohnbereich ganz selbstverständlich eine Interaktionsfläche der Bewohner entsteht.
Der Weg zur Wohnung bietet durch die Zwangsläufigkeit der dort erfolgenden Begegnungen die Voraussetzung für die Entstehung von Kontaktbereichen und beugt somit trotz hoher Bewohnerzahl jeglicher Anonymität vor.

Abbildung 3: Dachgärten und Kontaktbereiche Wettbewerbsidee

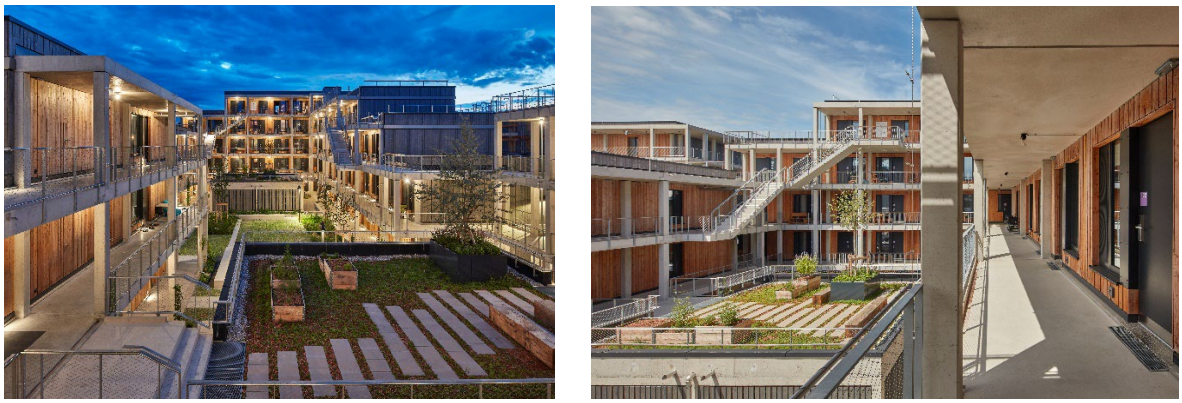
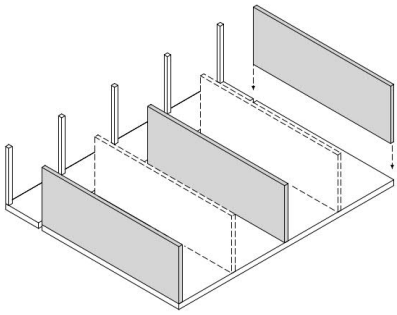


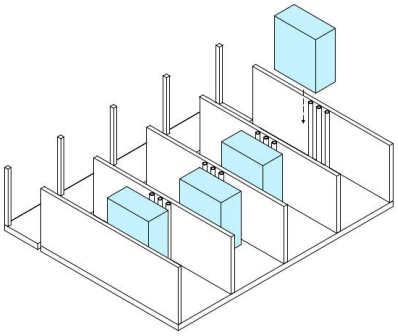
Abbildung 4: Dachgärten und Kontaktbereiche Umsetzung

Um dem Anspruch der Auslobung an Innovation gerecht zu werden, wurde bereits im Wettbewerb die Rohbaukonstruktion als Holzbau angedacht.

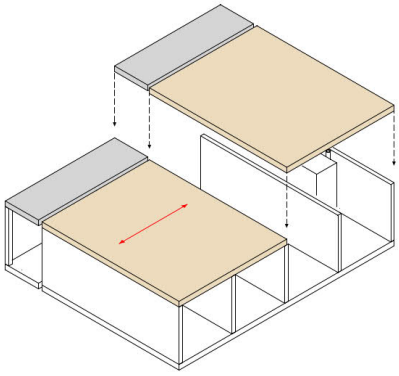
Nach intensiver Prüfung von Varianten werden die tragenden Wände nun als Brettsperrholzwände mit einer einseitigen Vorsatzschale ausgeführt und die Decken als Holz-Beton-Verbunddecken mit einer sichtbaren Holzuntersicht vorgesehen. Dies macht den Holzbau für die Bewohner erlebbar.
Darüber hinaus werden die Außenwände als vorgefertigte Holzrahmenbauwände, die eine sichtbare Holzfassade erhalten, ausgeführt. Die Nähe zur technischen Hochschule, welche einen Schwerpunkt im Bereich Holzbau hat, wird damit aufgegriffen.
Um den Bauablauf noch zu optimieren und eine höhere Ausführungsqualität zu erzielen werden die meisten Bäder als Fertignasszellen geplant.



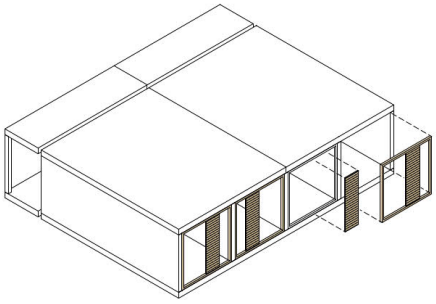
Vorgefertigte Brettsperrholzwände innen & Laubengang aus Betonfertigteilen



vorgefertigte Sanitärzellen



Vorgefertigte Holzbeton-Verbunddecken



Außenwand aus Holztafelelementen geschosshoch vorgefertigt

Abbildung 5: Konzept der Tragstruktur und Vorfertigung

2. BIM als kooperatives Verfahren beim Campus RO

2.1. Freiwilligkeit als Schlüssel

Nachdem der Wettbewerbsentwurf mit einem Preis prämiert wurde, wurde ACMS für das Projekt beauftragt.
Bereits zur Beauftragung bestand seitens des Bauherrn der Wunsch das Projekt als BIM-Projekt, also mit Hilfe von digitalen Planungsmethoden, umzusetzen. Insbesondere im Bereich der Koordination der Planung sowie der Kollisionsprüfung wurden hier große Vorteile gesehen. Die Qualität der Planung sollte insgesamt durch die Methode gesteigert werden.
Von Beginn an gab es die Idee das Projekt in einem kooperativen Verfahren des Bauherrn und der Fachplaner auf freiwilliger Basis mit der BIM-Methode umzusetzen.
Da die Erfahrungen aller Beteiligten im Bereich BIM noch klein waren, war die Freiwilligkeit als Basis eine gute Entscheidung. Keiner der Fachplaner wurde vertraglich dazu verpflichtet eine BIM-Planung zu liefern. Die Prämisse lautete: So viel BIM wie für den Projekterfolg nötig, jedoch nicht so viel wie möglich ist. Sollte gemeinsam festgestellt werden, dass die BIM Methode für die Beteiligten eher hinderlich wird, so hätte sie durchaus infrage gestellt oder sogar gänzlich beendet werden können.
Die Vereinbarung auf freiwilliger Basis führte jedoch bei allen Projektbeteiligten zu einer großen Motivation und Akzeptanz. Alle waren bereit Zeit und Energie für die Umsetzung aufzubringen und gemeinsam während des Prozesses zu lernen.
Zur Unterstützung des Prozesses wurde das Büro ODE office for digital engineering aus Wien hinzugezogen. Der Bauherr wurde durch ODE bei der Definition der Projektziele, der Erstellung der Auftraggeber Informationsanforderungen (AIA) und den Einstieg in das Thema CAFM unterstützt. Die Planer wurden auf den Austausch der Fachmodelle im ifc Format vorbereitet und die technischen Voraussetzungen der einzelnen geprüft.

Bei einer vertraglichen Verpflichtung der Beteiligten hätte sich der Vorlauf des Projekts deutlich verzögert, da alle Beteiligten noch Neulinge auf dem Gebiet waren. Sämtliche Ziele und zu erzeugende Informationen hätten durch den Bauherrn vorab definiert sein müssen. Die Planer hätten sicher sein müssen, dass sie alle geforderten Anforderungen erfüllen können.
So bestand die Möglichkeit gemeinsam zu prüfen welche Informationen wirklich benötigt wurden. Auch der Bauherr hatte so die Möglichkeit im laufenden Prozess seine gesetzten Ziele zu korrigieren, benötigte Informationen ergänzen oder andere Inhalte entfallen zu lassen.

2.2. Potenziale von BIM und Motivation aus Sicht des Architekten

Das Büro ACMS Architekten beschäftigt sich konstant mit dem Thema der Digitalisierung in der Baubranche und der Planung. Die Planung wird schon lange mit Allplan in 3D erstellt. Allerdings wurden die Bauteile bislang nicht mit den in der BIM-Methode üblichen Attributen versehen und Koordinationen des 3D Modells mit anderen Planungsbeteiligten haben nicht stattgefunden.
Für ACMS ist es Teil der Bürophilosophie innovative und energieeffiziente Projekte, insbesondere auch im Bereich des Holzbaus, umzusetzen, immer etwas Neues zu lernen und dabei die Planungsprozesse zu optimieren. Es wird mit einem integralen, ganzheitlichen Planungsansatz, der den Lebenszyklus eines Gebäudes im Fokus hat, agiert.
Informationen sollen in einem Projekt für alle Beteiligten transparent und immer sofort ersichtlich sein und ebenfalls für andere Mitarbeiter des Büros zur Verfügung stehen.
Daher wurde ein System für das interne Wissensmanagement organisiert, um nicht nur schöne und funktionale, sondern auch nachhaltige Gebäude zu entwickeln und neu erlangtes Wissen im Büro zugänglich zu machen. Diesen Planungsansatz unterstützt BIM. Aus dieser Haltung heraus ist der Schritt von einer strukturierten Planung in 3D hin zur BIM konformen Planung nicht mehr sehr weit.
Aus dieser Motivation war für ACMS schnell klar, dass das Projekt Campus RO auf freiwilliger Basis als BIM-Projekt umgesetzt werden sollte.

Als wesentliche Potenziale der BIM Methode wurden eine strukturierte Arbeitsweise und eine bessere Koordination der Fachdisziplinen untereinander ausgemacht. Der Verlust von Informationen soll minimiert, Kollisionen früh erkannt und Fehler somit reduziert werden. Die Informationen werden an einem zentralen Ort, nämlich dem Modell erzeugt und verwaltet.
Dabei tritt die Erzeugung von Planunterlagen in den Hintergrund. Diese werden nur noch zu einem Nebenprodukt der 3D Planung, da ein modellbasiertes Arbeiten das Ziel sein soll. Die wesentlichen Daten werden nicht mehr nur in der Geometrie, sondern in den alphanummerischen Daten der Bauteile erzeugt.

Da BIM zukünftig häufiger von der Bauherrenseite gefordert wird, ist es sinnvoll frühzeitig so viel Erfahrung in dem Bereich zu sammeln wie möglich. Ein Testprojekt mit einem Open BIM Ansatz und einem hervorragenden Planerteam umzusetzen, welches das gleiche Ziel verfolgt, war daher sehr spannend für ACMS.
Da es sehr unwahrscheinlich ist, dass sich zukünftig nur einer der großen Softwarehersteller durchsetzen wird und dieser eine Lösung für sämtliche Fachdisziplinen liefert, kann der richtige Ansatz im Umkehrschluss nur Open BIM heißen.
Jeder arbeitet in seiner eigenen Software und die Fachmodelle werden in einem Model Checker z.B. Solibri, zusammengeführt und geprüft. So kann jeder BIM im eigenen Büro weiterentwickeln und auch in künftigen Projekten Mehrwerte generieren.
Bei der Implementierung von BIM im eigenen Büro ist es wichtig diesen Prozess zu nutzen, um eine eigene Haltung zum Thema BIM zu entwickeln. Wie viel BIM ist sinnvoll? Welcher Umfang ist für den Bauherrn sinnvoll? Welchen Informationsgehalt kann man selbst generieren? Diese Erfahrungen kann man nur über Testprojekte sammeln.

2.3. Risiken von BIM aus Sicht des Architekten

Für jeden Planer gibt es im BIM Prozess jedoch auch Risiken, die man sich vorab bewusst machen muss und die von jedem anders bewertet werden.

Bei einem üblichen BIM Ablauf mit vertraglicher Verpflichtung ist zunächst zu prüfen, ob das Geforderte auch geliefert werden kann. Hier sind eine aufwändige juristische Prüfung und ein Abgleich mit den technischen Möglichkeiten sowie den eigenen Kapazitäten erforderlich. In einem Projekt, in dem alle Beteiligten Neulinge auf dem Gebiet BIM sind, hätte dieser ideale Ablauf den Projektstart erheblich verzögert.
Durch den gewählten freiwilligen Weg kann man gemeinsam lernen und die Möglichkeiten und Grenzen austesten.
Während des Lernprozesses und der Implementierung im Büro stellt BIM noch einen erheblichen Mehraufwand dar. Die Mitarbeiter müssen geschult und teilweise neue Software angeschafft und erlernt werden. Bei den Mitarbeitern muss eine breite Akzeptanz für das Thema geschaffen werden, so dass keiner durch die neuen Werkzeuge ausgebremst wird. Die Ausschöpfung der Potenziale wird erst nach einer längeren Zeit und einigen Testprojekten möglich. Bis dahin ist ein größerer Zeitaufwand, der nicht zuletzt durch die zur Verfügung stehenden Werkzeuge bedingt ist, zu verzeichnen.
Jedes sehr spezialisierte System hat das Risiko, dass die Systemgrenzen unser Handeln bestimmen und nicht wir die Abläufe im System, man also prozess- und nicht ergebnisorientiert arbeitet. Die Arbeitsweise muss im Zuge der Digitalisierung weiterhin zur Bürophilosophie passen.

Beim idealen BIM Prozess sind Vertragsschluss, Arbeitsabläufe (Workflows) und Koordination immer in einer bestimmten und sehr formalen Reihenfolge einzuhalten. Dies entspricht nicht immer der Haltung von ACMS auch bei stockenden Prozessen Probleme praxisnah und ergebnisorientiert zu lösen.

Ist der optimale BIM-Ablauf mit anderen Planungsbeteiligten nicht gegeben, müssen eventuell Unterbrechungen im Projekt akzeptiert werden. Ein BIM-Prozess verzeiht demnach keinen gestörten Planungsablauf.

Auch bei der frühzeitigen Erkennung von Kollisionen muss natürlich, wie im üblichen Planungsprozess auch, eine gemeinsame Lösung erarbeitet werden. Demnach ändert sich nicht alles, nur die Werkzeuge werden andere. Die Grundlage für eine qualitätvolle Planung bilden nach wie vor gute Planungsteams, eine gute Kommunikation sowie die Abstimmung gemeinschaftlicher Lösungen.

2.4. Erhoffte Vorteile von BIM beim Campus RO

Neben den allgemeinen Potenzialen, die für BIM von ACMS gesehen werden, wurden vor Beginn des Projekts die erhofften Vorteile für den Campus RO ausgemacht. Neben einer strukturierten gemeinsamen Arbeitsweise und der frühen Erkennung von Kollisionen, wurde vor allem der gemeinsame Lernprozess und die Freiwilligkeit der Umsetzung von BIM als wesentlicher Vorteil gesehen. Es wurde vereinbart einen AIA und BAP (BIM Abwicklungsplan) zu erstellen, obwohl diese keine Vertragsbestandteile bilden.
Auf diese Weise konnten alle den formalen Ablauf nachvollziehen und ohne die Risiken eines vertraglichen Zwangs die Abläufe testen. Bei Schwierigkeiten konnte eine gemeinsame Lösung gefunden werden.
Der Campus RO hat das Ziel ein innovatives Projekt zu sein. Durch die Nähe zur Hochschule Rosenheim war von vorneherein klar, dass in den Gebäuden viel Holz zum Einsatz kommen soll. Es wurde in einer umfangreichen Variantenstudie geprüft inwieweit Holz nicht nur bei den Außenwänden in Form von Holztafelelementen zum Einsatz kommen kann, sondern wie Holz für die Tragstruktur verwendet werden kann. Dabei sind nicht nur Energieeffizienz und CO2 Speicherung ein Thema, sondern auch eine wirtschaftliche Umsetzung des Projekts. Um dies zu erreichen, wurden bereits früh Firmen insbesondere für den Holzbau beteiligt. Im Bereich des Holzbaus ist digitale Planung bereits lange ein Thema. Für das Projekt ist es ein Ziel zu prüfen, inwieweit eine BIM konforme Planung erstellt werden kann, die später für die ausführende Holzbaufirma Vorteile bietet.
Der vorgefertigte Holzbau weist eine hohe Genauigkeit mit extrem geringen Toleranzen auf. Diesen Vorteil möchte man möglichst bereits in der Planung nutzen.
Da ACMS einen Schwerpunkt des Büros im Bereich des Holzbaus und vorgefertigter Bauweisen gelegt hat, sollen die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse dazu dienen eine BIM Bauteildatenbank für das Büro aufzubauen.

3. Der Prozess | Ein Einblick

3.1. Leistungsphase 1-2 | Die Rahmenbedingungen für BIM schaffen

Um beim Thema BIM Mehrwerte zu generieren, sollte der Prozess in einem Projekt so früh wie möglich beginnen. Je später der BIM Prozess startet, desto geringer ist der Mehrwert. Wird die BIM Planung erst in einer späteren Leistungsphase zum Beispiel in der Ausführungsplanung nachgeführt, gehen die Potenziale für die Kommunikation der Fachplaner untereinander verloren.
Allerdings sollte in den frühen Phasen der Planung nicht zwangsläufig alles dreidimensional modelliert werden, da hier noch viel in Varianten gedacht wird. Um sich bei der Prüfung von Varianten nicht einzuschränken oder zu bremsen, sind Skizzen und zweidimensionale Zeichnungen nach wie vor ein gutes Werkzeug und werden durch einen BIM Prozess nicht ausgeschlossen. Ein BIM Modell in einer frühen Phase kann für das Verständnis des Entwurfs und die Klärung komplexer Geometrien eine sehr gute Grundlage sein. Allerdings darf der Informationsgehalt zu Beginn, während Varianten geprüft werden, deutlich geringer ausfallen.

Beim Campus RO handelt es sich bei den Apartments um klar strukturierte Module. Durch die dreidimensionale Stapelung der Module zu einem Dorf und die Erschließungsstruktur des Laubengangs wird das Gebäude bereits recht komplex.
Für die Kommunikation der Planer untereinander war also das Modell bereits zu Beginn sehr hilfreich. Da für den Holzbau und die Rohbaustruktur viele Varianten durchgespielt wurden, war das Modell jedoch noch sehr systematisch ohne genaue Definition und Attribuierung der Bauteile aufgebaut.

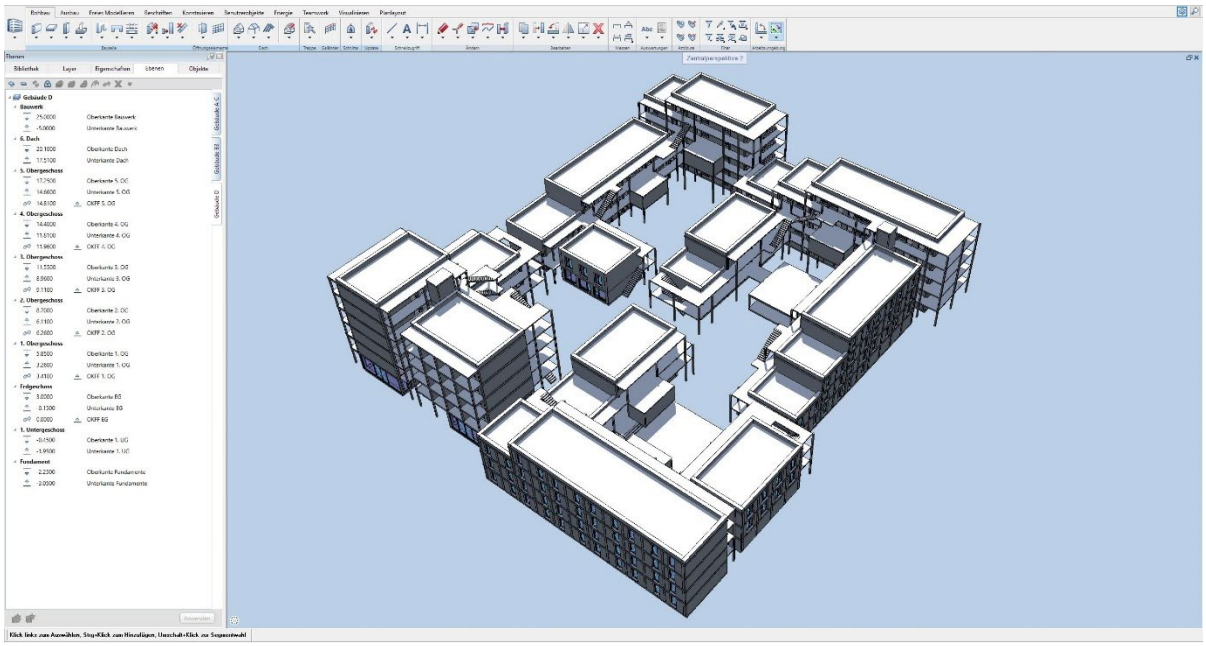


Abbildung 6: Architekturmodell Campus RO in Allplan

Durch die freiwillige Umsetzung von BIM konnte die Planung bereits beginnen und parallel zu den frühen Leistungsphasen der Austausch des IFC-Formats getestet, AIAs parallel erstellt, LOIs definiert und das Mapping eingestellt werden. Die Programme aller Planer waren zu prüfen, eine Austauschplattform musste gefunden und eingerichtet werden.
Für die Abstimmung des Exports und die Definition der erforderlichen Mappings war bereits einige Zeit erforderlich.
In dieser Abstimmungszeit traten die ersten technischen Schwierigkeiten auf, die auch im laufenden Prozess nicht immer vollständig behoben werden konnten. Es ist einiges an Zeit erforderlich, um sich abzustimmen und aufeinander einzustellen.

Ohne diese größere Vorlaufzeit kann nicht mit der Koordination der Modelle begonnen werden, da zunächst geklärt werden muss wie die Modelle für einen funktionierenden Austausch zu erstellen sind.

3.2. Leistungsphase 3-5 | Die Koordination des Modells

Die Planung für das studentische Wohnen und das Boardinghouse und damit die BIM-Koordination sind inzwischen abgeschlossen. Das studentische Wohnen wird voraussichtlich im August abschließend fertiggestellt und die letzten Wohnungen bezogen. Das Boardinghouse folgt im 2. Quartal 2023.
Die Koordinationssitzungen haben in der Leistungsphase 3 begonnen. Hier war die Prüfung von Varianten im Wesentlichen abgeschlossen und die zentralen Fragen zur Bauweise waren geklärt.
Die Rolle des BIM-Gesamtkoordinators kommt dem Büro ODE zu. Der Austausch zwischen dem Architektur- und dem Statikmodell hat von Beginn an sehr gut funktioniert. Der Austausch der TGA-Modelle hat sich programmbedingt deutlich schwerer dargestellt. Im Bereich der Elektroplanung wurden die anfänglichen Ziele alle Verkabelungen 3D zu modellieren aufgrund von programmbedingten Schwierigkeiten und wegen des hohen Aufwands bei Änderungen nicht weiterverfolgt. Die Integration der TGA Durchbrüche in das Architekturmodell hat sich durch die genutzte Allplanversion ebenfalls schwer dargestellt und konnte durch die Ergänzung eines Plug-Ins verbessert werden. Beim Einladen externer Modelle gab es längere Zeit einige Hürden im Programm zu überwinden. Die Koordination des Boardinghouses lief jedoch bereits deutlich problemloser ab.

4. Software | Die Werkzeuge für BIM

4.1. CAD-Software, Model Checker und Kollaborationsplattformen

Während eines BIM-Prozesses muss man leider feststellen, dass Erwartungshaltung und Realität häufig weit auseinander liegen. Ist man gedanklich schon bei der idealen Vorstellung eines BIM-Ablaufs und den vielen Vorteilen, welche man während dieses Prozesses erzeugen könnte, setzt man sich in der Realität mit den häufig noch sehr mangelhaften Werkzeugen auseinander.
Nahezu jede Software verspricht mittlerweile BIM-fähig zu sein, hierbei sind jedoch die Definitionen von BIM meistens sehr unterschiedlich.
Für ACMS heißt BIM nicht nur 3D modellieren und ein Bauteil mit Attributen versehen. Die Idee ist vielmehr, dass mehr Intelligenz hinter dem Prozess und im Werkzeug steckt. Teile eines Models könnten parametrisch aufgebaut werden, so dass der intelligente parametrische Aufbau des Modells bei Änderungen von Komponenten eine automatisierte Änderung des Modells mit sich zieht.
Von solchen Möglichkeiten ist man jedoch werkzeugbedingt im Alltag noch weit entfernt. Zurzeit erfordert BIM einen hohen Fleißanteil. Attribute können nicht einfach von einem Modell auf das andere übertragen werden. Es müssen zudem Daten in das Modell eingepflegt werden, die für einen selbst keinen Mehrwert erzeugen.
Ist man nicht für alle Leistungsphasen wie z.B. die Ausschreibung beauftragt, gehen möglicherweise weitere Vorteile verloren, wie die Massenauswertung aus dem Modell.
Viele der Schnittstellen von Programmen untereinander müssen noch deutlich weiterentwickelt oder geschaffen werden und auch das IFC-Format steht noch am Anfang.
Eine Übergabe des Planungsmodells an ausführende Firmen wie den Holzbauer ist für diesen derzeit noch aufwändiger, als ein komplett neues Modell zu erstellen.
Die Idee, dass Pläne nur ein Nebenprodukt der dreidimensionalen Planung darstellen und Pläne zukünftig überflüssig werden, liegt noch in der Zukunft. Häufig ist eine aufwändige Nachbearbeitung der Pläne, die aus dem Modell generiert werden, erforderlich, bis der eigene Qualitätsanspruch umgesetzt ist. Solange nicht alle Handwerker mit einem Tablet auf der Baustelle unterwegs sind, hat der 2D Papierplan noch nicht ausgedient.
Die Planung hin von einer reinen Erzeugung von Plandaten zu einem Prozess des Datenaustauschs und des Datenmanagements zu bringen ist eine der Aufgaben für die Zukunft. Die Werkzeuge für die Abstimmung des Planungsprozesses müssen durch die Softwarehersteller noch deutlich weiterentwickelt werden. So ist derzeit ein häufiger Wechsel der Programme für die Kommunikation erforderlich. Die Erzeugung der Modelle erfolgt in

der jeweiligen CAD Software, die Koordination in einem Modell Checker und der BCF Austausch über eine Plattform, die nicht zwingend der eigentlich gewählten Projektplattform entspricht.
Aber bereits während des Projekts Campus RO haben sich die einzelnen CAD Software Programme weiterentwickelt. Auch bei der Bearbeitung von BCFs wurde im verwendeten Model Checker der BCF Live Connector so weit verbessert, dass die Bearbeitung von Issues deutlich zeitsparender umsetzbar geworden ist.

1.1. Der Architekt als Generalist?

Wie dargestellt haben die Werkzeuge, die zur Umsetzung der BIM Methode genutzt werden, noch viele Schwachstellen und führen bei der Implementierung von BIM zu Mehraufwand. Die angestrebten Mehrwerte können so noch bei weitem nicht ausgeschöpft werden, insbesondere in der Anfangsphase der Implementierung im Büro.
Bis die Idee von wirklich intelligenten Bauteilen und der Parametrisierung eines Modells umgesetzt werden können ist es noch ein langer Weg.
Die BIM-Gesamtkoordination entspricht eigentlich der klassischen Rolle des Architekten als Koordinator der Planung im Projekt, erfordert jedoch einiges an Verständnis im Bereich BIM, zusätzliche Programmkenntnisse und einen Zeitaufwand für die Aufbereitung für die anderen Planungsbeteiligten.
Ein intelligentes Modell zu generieren, geht ebenfalls über die bisherige Planungsleistung hinaus, wenn das Projekt und seine Themen ganzheitlich betrachtet werden sollen. Bei besonderen Bauaufgaben, wie z.B. dem Holzbau gilt dies ganz besonders.
Die weitere Entwicklung des Berufsbilds eines Architekten bleibt daher spannend.

5. Fazit | Wie ist der BIM Prozess verlaufen?

Für den Verlauf hatte jeder der Beteiligten neben dem gemeinsamen Ziel am Ende des Projekts ein anspruchsvolles und schönes Gebäude errichtet zu haben, das nicht nur von den Bewohnern angenommen, sondern als Zuhause betrachtet wird, seine ganz persönlichen Ziele. Jeder wollte etwas Neues im Projekt lernen und zukünftig nutzen.
Für ACMS war ein Ziel die Koordination weiter zu verbessern. Daten sollen an einem zentralen Ort, nämlich dem Modell, erzeugt und gesammelt werden, so dass weniger Reibungsverluste entstehen. Massen für Kostenermittlungen und Ausschreibungen sollen aus dem Modell generiert werden. Planungsergebnisse wie Tür- und Fensterlisten, genauso wie sämtliche Planunterlagen und Flächenermittlungen sollen als Ableitungen aus dem Modell erzeugt werden, so dass die Planung immer einen Informationsstand mit einer Quelle hat.

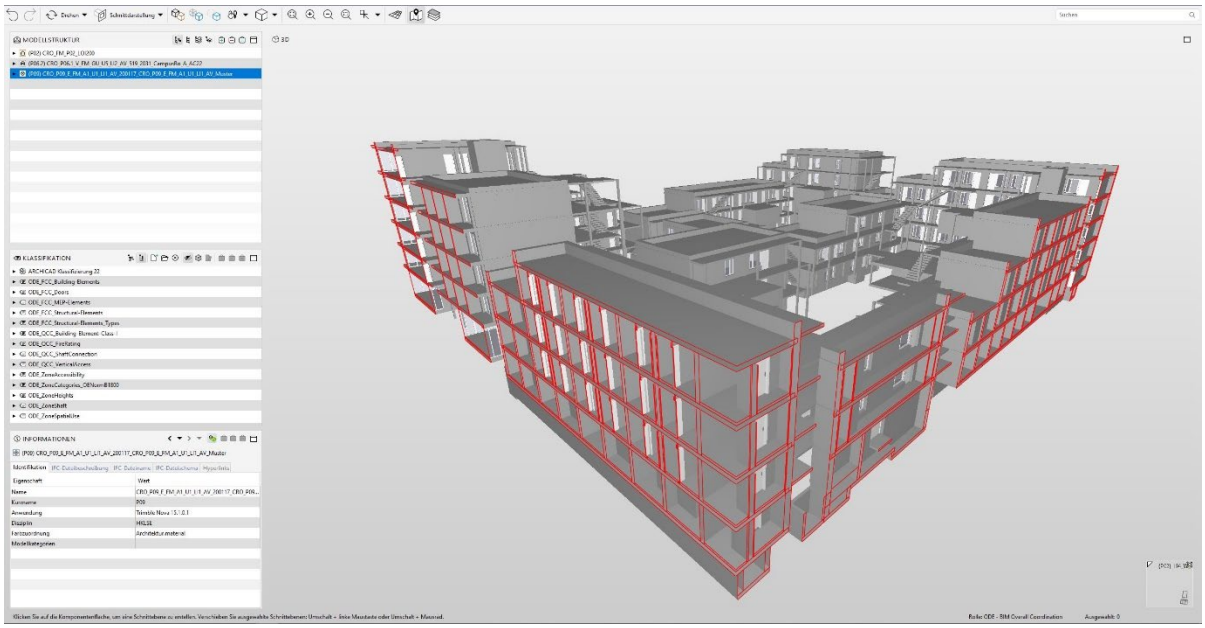


Abbildung 7: Architekturmodell Campus RO in Solibri

Im Verlauf des Prozesses ist der Lernerfolg aller Beteiligter bereits deutlich geworden, so dass der Austausch der Modelle und die Behebung von Kollisionen deutlich schneller und selbstverständlicher erfolgte. Die Qualität der Modelle im Vergleich zu sonstigen Projekten ist deutlich höher.
Die persönlichen Ziele konnten sicher noch nicht vollständig umgesetzt werden, aber ein erster Schritt für alle Beteiligten wurde gemacht. Der künftige Weg ist deutlicher geworden und auch auf welche Themen als nächstes der Fokus gelegt wird.
Für das geometrische Verständnis der durch die Laubengänge und Abtreppungen der Gebäude komplexen Anlage war das Modell sehr wertvoll.
Auch in Zukunft bleiben die Schnittstellenthemen zwischen den Planungsbeteiligten insbesondere, wenn nicht der gesamte Leistungsumfang bei einem Planer liegt, sondern noch nach Leistungsphasen aufgeteilt ist, spannend. Die Übergabe und Weiternutzung von Modellen wird auch künftig noch genauer zu betrachten sein. Für den Bauherrn besteht noch das Thema der Weiternutzung der erzeugten Daten für den späteren Betrieb.
Auf jeden Fall bleibt die Spannung ein Gebäude wachsen zu sehen, sei es digital oder auf der Baustelle. Die Bewohner sind bereits in ihrem neuen Zuhause angekommen.

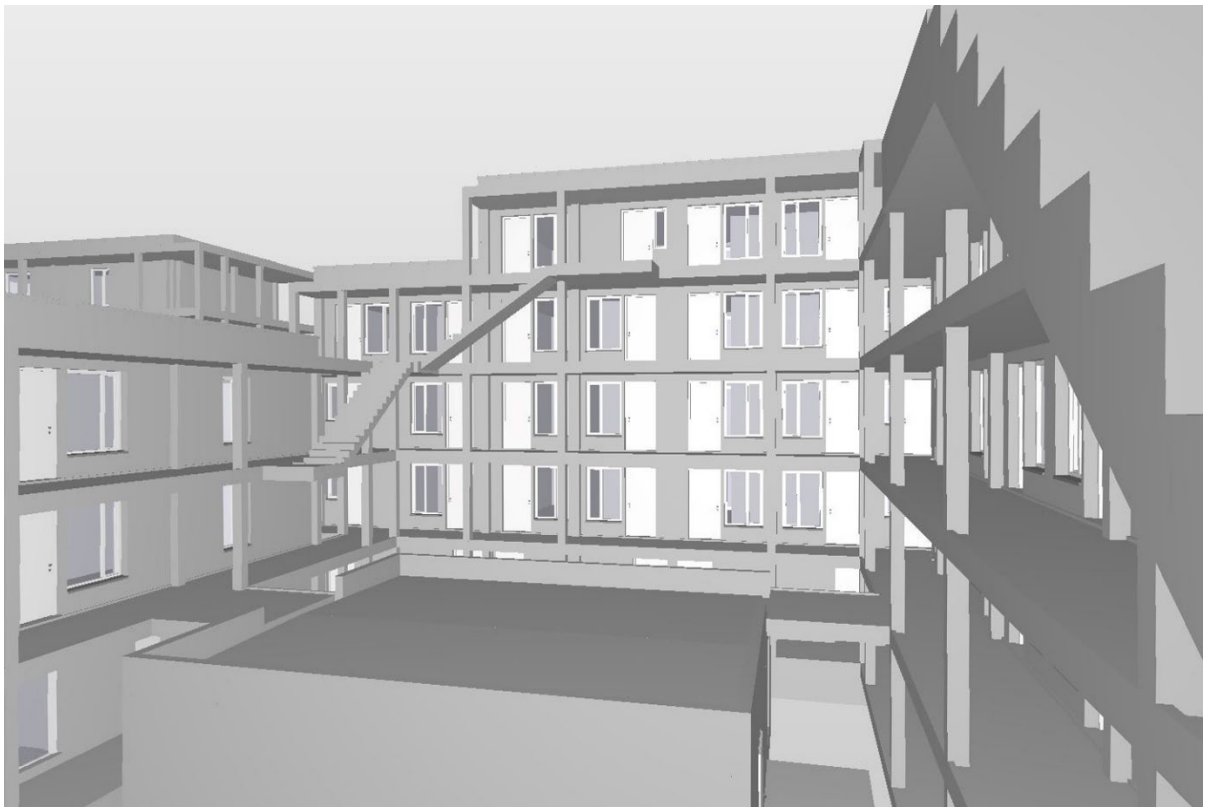


Abbildung 8: Architekturmodell Campus RO in Solibri – Innenhof Haus A

Abbildung 9: Eröffnungsfeier Campus RO am 04.05.2022, Foto ACMS Architekten GmbH

Open BIM – Umsetzung in der Haustechnik

Andreas Lackenbauer
Ingenieurbüro Lackenbauer GmbH
Traunstein, Deutschland

Open BIM – Umsetzung in der Haustechnik

1. Campus RO – kurze haustechnische Projektvorstellung

Die Haustechnik des Campus RO umfasst die Ver- und Entsorgung von mehr als 250 überwiegend baugleichen studentischen Zimmer- und Boardinghauseinheiten.
Der energetische Standard der Gebäude ist mit KfW40+ vorgegeben und wird erreicht.
Der sommerliche Wärmeschutz wird mit Sonnenschutzmaßnahmen und Fensterlüftung gewährleistet.

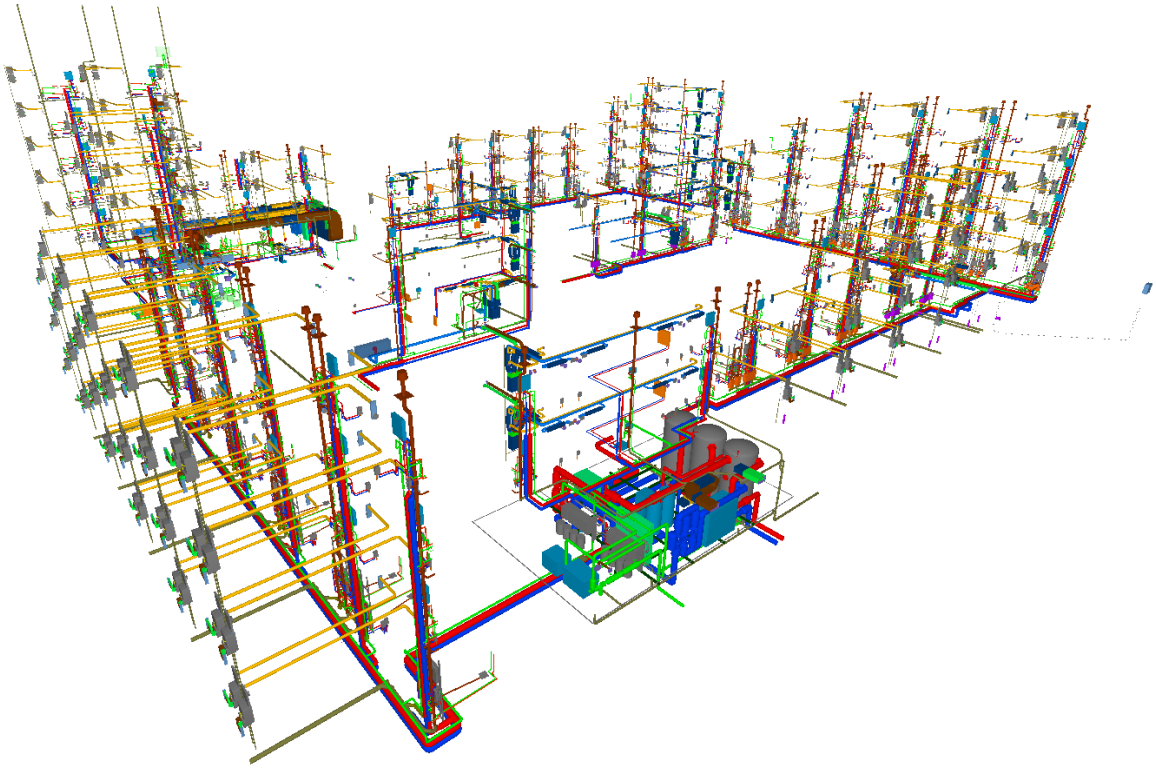


Abbildung 1: Campus RO – Isometrie Haustechnik HLS

Das Gesamtareal wird gemeinsam über einen Hausanschluß mit Fernwärme und Trinkwasser versorgt.
Die Gebäude haben keinen Keller, eine Laubengangerschließung und keine Möglichkeit für Technikräume innerhalb der Etagen. Die haustechnische Erschließung erfolgt deshalb über Technikgänge unter den Gebäuden.

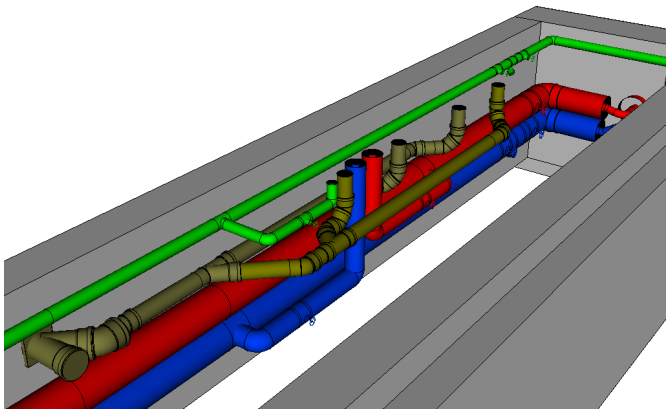


Abbildung 2: Campus RO – Technische Erschliessung über Technikgang

Die vorgenannten Anforderungen und Rahmenbedingungen erfordern ein dezentrales Versorgungskonzept für Warmwasserbereitung (über Frischwasserstationen) sowie die Ausstattung mit wohnungsweisen Lüftungseinheiten mit Wärmerückgewinnung.

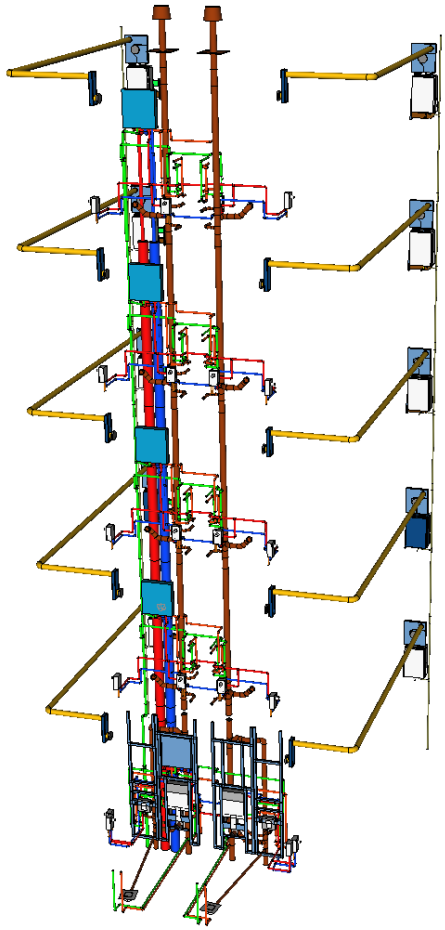
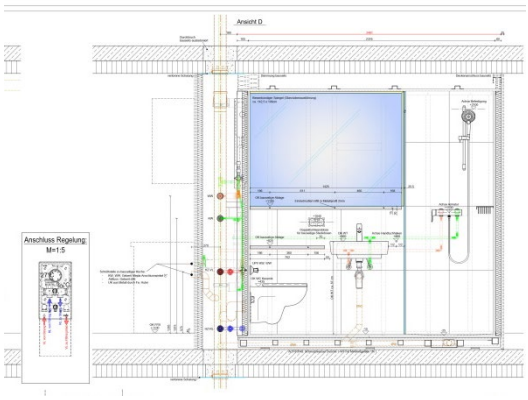


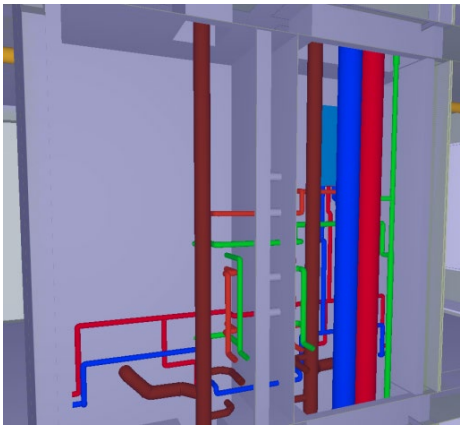
Abbildung 3: Campus RO – Isometrie Musterstrang Badseite

Durch die Haustechnik wird der durch Gebäudekonzeption und den vorgefertigten Holzbau vorgegebene Weg konsequent weiterverfolgt. Hier ist innerhalb der TGA eine Auftragsteilung vorgesehen: Alle für Bauzeit und Schnittstellen wesentlichen Technikanteile werden zu Baugruppen zusammengefasst und vorgefertigt. Dies betrifft insbesondere:

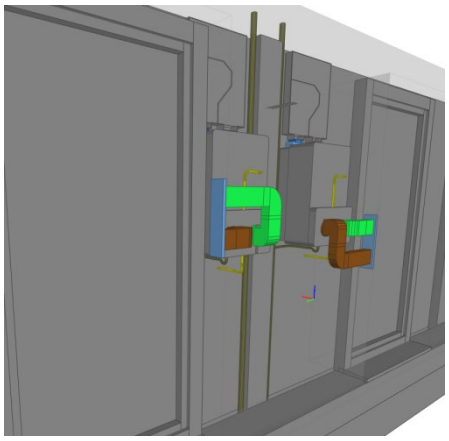
– Fertigbad mit Heizungsverteilung [Abbildung 4.1 / 4.2: Fa. Huter]

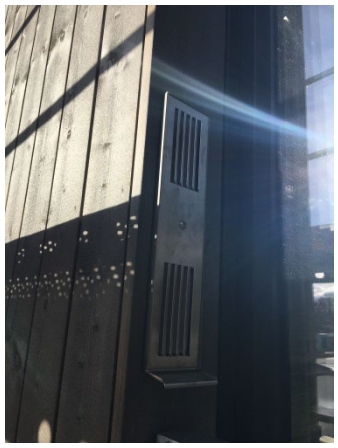


– Sanitär- und Heizungsstrang [Abbildung 5.1 / 5.2]



– Lüftungsvormontage im Fassadenelement [Abbildung 6.1 / 6.2]





Die Bäder und Stränge werden durch ein Fertignasszellenwerk vorgefertigt. Die Lüftungsinstallation innerhalb der Fassade ist im Leistungsumfang des Holzbauers enthalten.
Als nicht-vorgefertigter Installationsanteil innerhalb der Wohnungen sind im Wesentlichen nur noch ca 15m² Fußbodenheizung und ca. 6m Abluftrohr je Zimmer zu verlegen.
Die nicht vorgefertigten Bauteile sind im Auftrag einer lokalen HLS-Firma gebündelt. Sie enthalten neben den zuvor aufgeführten Restarbeiten die wartungsintensiven Bauteile:

– Dezentrale Frischwasserstationen (zur Warmwasserbereitung)
– Dezentrale Lüftungszentralgeräte
– die Heizungs- und Trinkwasserzentrale
– sowie die Grundstücksverteilung Heizung und Sanitär im Kriechgang

Diese Schnittstellenwahl ermöglicht einerseits eine risikominimierte Vorfertigung, sowie andererseits eine lokal kompetenzorientierte Firmenauswahl für Restinstallation, Inbetriebnahme und Facility Management.
Die haustechnische Montagezeit auf der Baustelle kann auf ein Minimum reduziert werden.

2. BIM und Campus RO

2.1. BIM und TGA Allgemein

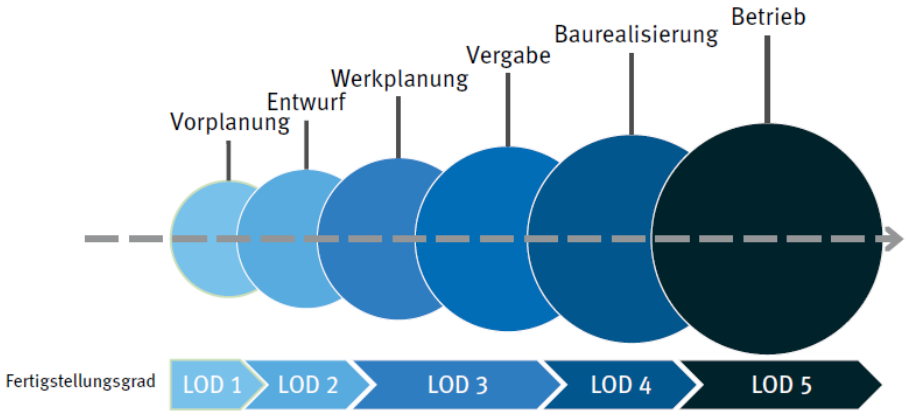
In der BIM - Betrachtung der TGA ist darauf hinzuweisen, dass die oftmals im Vordergrund stehende 3-D-Modelldarstellung und die zugehörige Kollisionsprüfung nur den kleineren Teil des eigentlichen TGA - BIM Prozesses darstellen.
Für den Lebenszyklus entscheidend ist das Informationsmanagement, also die Planung, Organisation, Beschaffung und Kontrolle der Informationen über das Bauwerk.
Dies gilt insbesondere auch für die Planung und Dokumentation der Funktion der technischen Systeme.

In den derzeit vorhandenen Softwaremöglichkeiten reicht die 3-D-Darstellung nicht aus, um die Funktion und die erforderlichen Prozesse darzustellen. Dies ist, analog zu einer herkömmlichen Planung, nur auf der Basis detaillierter und im jeweiligen Zusammenhang vernetzter Schemata möglich.

Dies ist auch für die Dimensionierung der Anlagen so vorzusehen. Obwohl in unserer Planungssoftware eine Berechnung von Anlagen im 3-D-Modell möglich ist, ist es aus Gründen der Transparenz und Übersichtlichkeit erforderlich die Anlagenfunktion aus den Schemata heraus zu planen und zu berechnen.
Zusätzlich ist ein Teil der Berechnungen bauteilübergreifend vor der jeweiligen, fertigen 3-D Modellierung erforderlich.
In den Leistungsphasen Vorentwurf und Entwurf erfolgt deshalb eine zweigleisige Bearbeitung von 2-D Anlagenschemata und 3-D-Modellierung. Um die Durchgängigkeit der BIM-Dokumentation zu sichern (z.B. für die spätere Übergabe an ein Ausschreibungsprogramm) ist es erforderlich die Daten zu bündeln. Die Teilmodelle sind alle in einem durchgängigen und konsistenten BIM-Gesamtmodell zueinander in Beziehung zu setzen.
Das Fachmodell TGA mit den Ergebnissen der Schemata und Vorberechnungen ist auf Basis der 3-D Musterplanung im Planungsablauf deshalb einmal vollständig neu aufzusetzen.
Je nach erforderlichem Terminablauf erfolgt dies in der erweiterten Entwurfsplanung oder in der Ausführungsplanung.

2.2. LoX – Ziel – Modellentwicklung in den Planungsphasen

Für die Planung der TGA nutzen wir das Architekturmodell als Grundlage unseres Fachmodells. Zusätzlich greifen wir auf das Modell zurück um wesentliche Berechnungen zu erstellen. Dies betrifft z.B. den Lüftungsbedarf nach DIN EN 13779, den Wärmebedarf nach DIN EN 12831 oder den Kühlbedarf nach VDI 2078. Die Kollegen aus der Bauphysik werden die EnEV nach DIN V 18599 berechnen.
Wir nutzen die hinterlegten Informationen die in den unterschiedlichen Planungsphasen eingespeichert werden und speisen selbst Informationen in unser Modell ein.
Um diese Abfolgen zu regeln sind sogenannte «LoX- Modellentwicklungsgrade» definiert, die festlegen in welcher Projektphase welche Informationen für das gesamte Gebäudemodell vorliegen müssen.
Der Fertigstellungsgrad wird beispielsweise als Level of Development – LoD beschrieben (LoG bedeutet beispielsweise Level of Geometry, LoI beispielsweise Level of Information.)
In diesem theoretischen Modell sollen also nicht nur Dateien ausgetauscht werden, sondern der Informationsgehalt schrittweise gesteigert und fortgeschrieben werden. Gemäß der folgenden Darstellung z.B. vom Detaillierungsgrad (Level of Development LoD) LoD1 bis LoD5.



Quelle: May, BIM-Strategie Deutschland (Skizze) – Digitalisierung der Wertschöpfungskette Bau, Arbeitsgruppe Moderne IT-gestützte Planungsmethoden (BIM) [May]

Abbildung 7: Akkumulation von Informationen ohne Datenverlust

Für die TGA kann dies zum Beispiel in der folgenden Grafik an der Darstellung eines Wohnraumlüftungsgerätes für die LoG veranschaulicht werden:

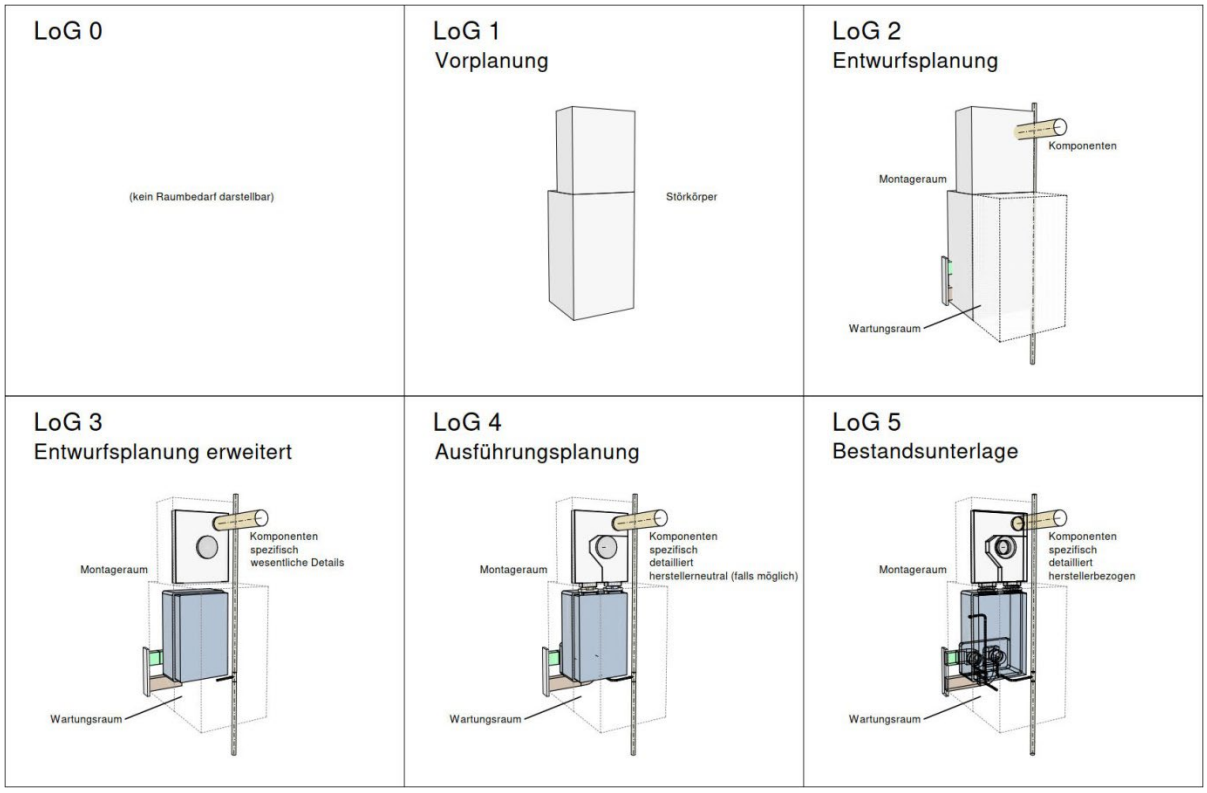


Abbildung 8: Detaillierungsgrade des Level of Geometry anhand eines TGA Bauteils.

Die Abfolge nach LoX soll sicherstellen, dass die jeweils benötigten Informationen in der jeweiligen Planungsphase ausreichend vorliegen, und zusätzlich eine übermäßige Informationsanforderung in den frühen Leistungsphasen begrenzen.

Dieser Workflow funktioniert im LoG aber nur wenn entweder:

- Ausreichend verifizierte, vorgefertigte TGA-IFC-Bausteine zur Einarbeitung in das Modell vorliegen oder
- Im Bauvorhaben genug räumlicher Spielraum vorhanden ist um Änderungen problemfrei aufzunehmen.

Die «IFC-Baustein-Bibliothek» ist derzeit leider weder von Herstellerseite noch Planungsbüro intern ausreichend vorhanden und muss sukzessive in den nächsten Jahren aufgebaut werden.
Der räumliche Spielraum ist, anders als vielleicht in einem Möbelhaus oder einer Werkhalle, bei den zentimetergenauen Grundrissplanungen des Wohnungsbaus begrenzt und lässt hier keine Ungenauigkeiten der TGA zu.
Die Planungsaufgabe Geschoßwohnungsbau ist aus BIM-Sicht geometrisch deutlich anspruchsvoller als Gewerbebauten.
Im LoI ist der Austausch von Informationen aus den fachspezifischen Modellen derzeit noch unbefriedigend. Hier müssen meist die Daten per Hand nachgetragen werden.

2.3. Campus RO – Verschiebung des Planungsaufwandes innerhalb der Leistungsphasen

In der derzeitigen Praxis kann die theoretische LoX BIM Detaillierungsfolge nicht eingehalten werden.
Im Campus RO haben wir neben den frühzeitig festgelegten, zentimetergenauen Maßvorgaben des kostenorientierten Wohnungsbaus auch den zuvor beschriebenen Anspruch an die Vorfertigung der Haustechnikelemente. Vorfertigung bedeutet frühzeitige Planung, Ausschreibung und Vergabe – insbesondere im Bauteil Fertigbad.

Die Kleinteiligkeit und die gewünschte Vorfertigung erfordern LoX 3 + 4 (eigentlich erst in Werkplanung und Vergabe) bereits in einer deutlich früheren Planungsphase.
Wir können für das Bauvorhaben Campus RO somit allgemeine Untersuchungen [z.B. BIM Leitfaden] bestätigen, dass sich Aufwände in der Planung zu frühen Planungsphasen hin verlagern.

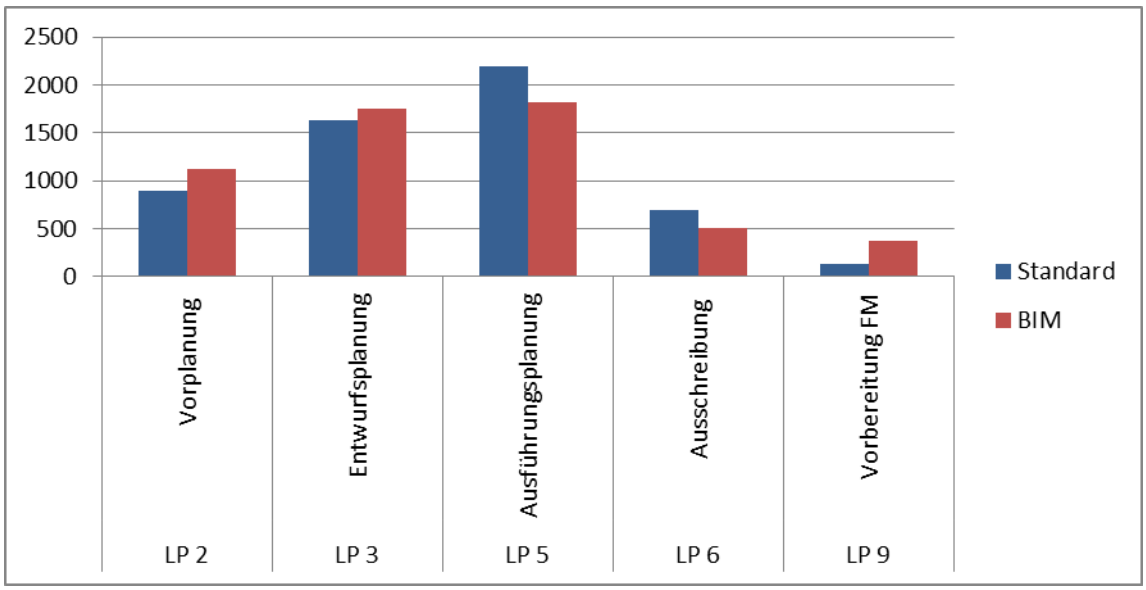


Abbildung 9: Bearbeitungsstunden Campus RO: Aufwandsverlagerung und Einfluss auf die Kostenentwicklung

Ebenso können wir bestätigen, dass mit der Verlagerung von detaillierten Inhalten in die Vorentwurfs- und Entwurfsphase eine zwangsläufige Veränderung im Planungsvorgehen erforderlich wird. Die klassische Trennung zwischen Entwurfsplanung und Ausführungsplanung (nach HOAI oder VDI 6026) kann hier nicht mehr aufrechterhalten werden.
Beispielhaft hierfür ist die Ausarbeitung der Heizungs- und Sanitär-Stranginstallation dargestellt (Abb. 10). Der Strang ist in LoG 3-4 modelliert, um die ausreichende Datenbasis für Grundrissplanung und Ausschreibung der Fertigbäder zu erhalten.

2.4. Campus RO – erweiterte Entwurfsplanung HLS

Die frühzeitige Festlegung von Ausführungsdetails in der Entwurfsplanung funktioniert nur wenn bei allen Planungspartnern der erforderliche Detaillierungswille und die erforderliche Ausführungsplanungskompetenz bereits zu dieser frühen Leistungsphase vorhanden ist. (Dies ist im herkömmlichen Planungsablauf leider eher die Ausnahme).

Im freiwilligen Open-BIM Prozess Campus RO sind diese Voraussetzungen gegeben:

- Die Bereitschaft für den Prozess ist vorhanden.
- Die Fachliche Qualität der Planungspartner ist durch die erfahrenen Planer gegeben.
- Als qualitätssichernde Zusatzmaßnahme sind vom Bauherrn frühzeitig ein Holzbaubetrieb und ein Bauunternehmen zugezogen worden, um die wesentlichen Festlegungen zur Baukonstruktion nochmals abgesichert treffen zu können.

Hier kann auch abschließend festgehalten werden, dass die erweiterte Entwurfsplanung aus HLS – Sicht erfolgreich funktioniert hat.

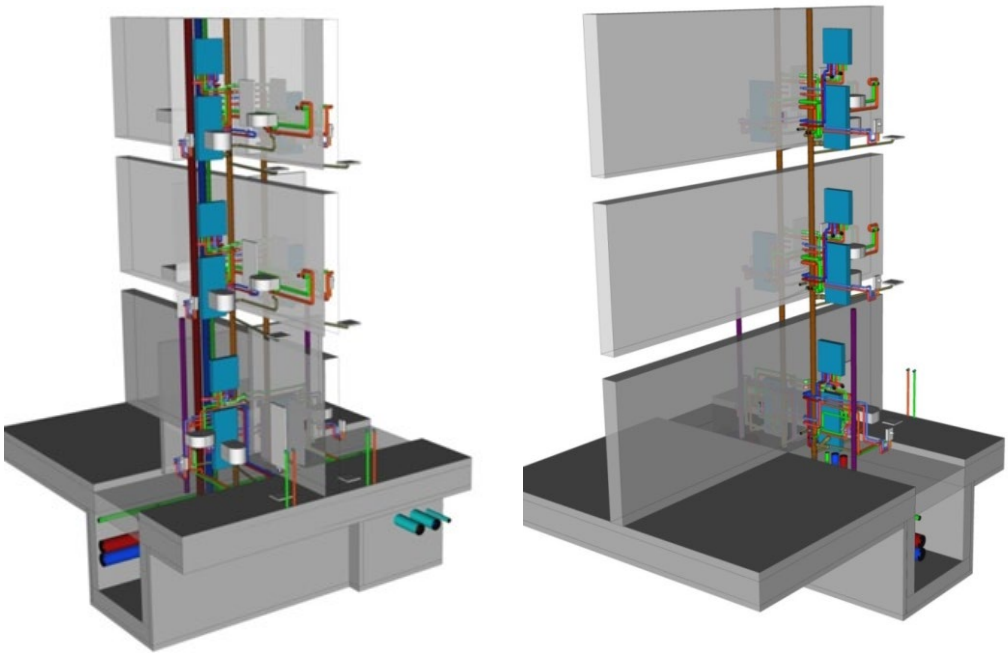


Abbildung 10: Isometrie Musterstrang Entwurfsplanung
Badseite + Musterstrang Strangseite (TW+H-Vertikalen ausgeblendet)

Entscheidend bleibt, dass keine wesentlichen Änderungen durchgeführt werden. Kommt es zu Änderungen, treten hier höhere Kosten für Umplanungen als bei herkömmlicher Planung auf.
Ebenso bewährt hat sich, wie für ein Bauvorhaben dieser Art und Größenordnung üblich, die Schnittstellen zur wiederholten Ausführung über Musterbauteile (Mockups) zu verifizieren.

2.5. Campus RO – Ausführungsplanung

Leider konnte die Planungsphase Ausführungsplanung die theoretischen BIM-Erwartungen nicht erfüllen. Durch die Vorarbeit in den vorherigen Planungsphasen konnte zwar der Gesamtarbeitsaufwand der Leistungsphase verringert werden. Die Planerstellung zur Versorgung der Baustelle musste jedoch vom IFC-Modell entkoppelt und mit herkömmlichen 2-D-Planunterlagen und Details gesichert werden.

Als Grund hierfür können aus unserer Sicht folgende Faktoren genannt werden:

- **Herkömmlicher 2-D Planbedarf auf der Baustelle**
  Die ausführenden Installationsbetriebe benötigen zur passgenauen Umsetzung der Planung genaue, übersichtliche Maßangaben.
  Diese Angaben können durch die Planungssoftware im Modell derzeit noch nicht zufriedenstellend erzeugt werden. Ebenso fehlt es bei den ausführenden Betrieben an geeigneten digitalen Endgeräten zur übersichtlichen Plandarstellung. Herkömmliche Tablets sind hierfür nicht geeignet.
- **Termindruck und erhöhter Zeitbedarf bei vollständiger BIM-Planung**
  Im Bauablauf ist eine schrittweise Planlieferung gemäß den jeweiligen Fertigungsabschnitten üblich und sinnvoll. Ein vollständiges, abgeglichenes BIM-Modell erfordert jedoch die Einpflegung jedes Einzelmodells. Die Ausführungsplanung aller Planungsbeteiligten muss deshalb ausreichend abgeschlossen sein. Die Planungszeit verlängert sich. Die erforderliche Planungszeitverlängerung war im Projekt nicht darstellbar und widerspricht m.E. dem Bauzeitverkürzungspotential des Holzbaus.
- **Software**
  Keines der im Projekt verwendeten Programme war in der Lage die extrem hohen Datenmengen der Ausführungs- und Detailplanung praktikabel zu verarbeiten. Hier ist in Zukunft noch einiges an Software-Entwicklungsarbeit zu leisten um die Datenmengen automatisch so zu reduzieren, dass auch konstruktionsübliche CAD-Rechner damit arbeiten können.

- **Softwareschnittstellen**
  Bei der Übergabe der IFC-Modelle traten Ungenauigkeiten bei der Datenübergabe auf. Beispielhaft bei der Übergabe von Schlitz und Durchbruchsangaben: Die Übergabegenauigkeit von zwei Nachkommastellen des Gebäudedrehwinkels war nicht ausreichend um die erforderliche millimetergenaue Deckung der unterschiedlichen Modelle sicherzustellen.

Die Fortschreibung der IFC-Modelle trägt in dieser getrennten Bearbeitung aus HLS-Sicht nur geringfügig zu Erfüllung und Erfolg der Leistungsphase bei. Sie dient aus HLS-Sicht im Wesentlichen zur Sicherung und Aktualisierung des Modells für die Objektbetreuung und das weitere Facility Management.

2.6. Campus RO – BIM to Facility Management

Unterteilt man den Lebenszyklus eines Gebäudes in Planungsphase, Errichtungsphase und Betriebsphase, so stellt die Betriebsphase die zeitlich längste und deutlich kostenaufwändigste Phase dar. Einem Aufwand von 25 % für Planung und Errichtung steht mit ca. 75% das Dreifache an Aufwand für den Betrieb des Gebäudes gegenüber.
Für den Gebäudebetreiber wird sich ein realisiertes BIM deshalb fast immer lohnen.
Da Bauherr und Betreiber im Campus RO identisch sind, sehen wir hier den mit Abstand größten wirtschaftlichen Nutzen für den Auftraggeber.

Die Weichen hierfür sind durch die bisherige BIM Planung gestellt:
Mit der bisher beschriebenen erweiterten Entwurfsplanung ist die Grundlage für eine möglichst reibungs- und verlustfreien Informationsfluss von der Planungs- in die Betriebsphase vorbereitet.
Mit der Modellfortschreibung in der Ausführungsplanung wurden die geometrischen Grundlagen vertieft und angepasst.
Für das Facility Management können die im BIM Modell angelegten Bausteine in der Planungssoftware mit den erforderlichen Informationen hinterlegt werden.
Herstellerbezeichnungen / Auslegungsdaten / Sicherheitshinweise / Gewährleistungsdaten / Wartungsintervalle / Verantwortliche Fachfirmen / usw. können je nach gewünschtem Detaillierungsgrad angefügt werden.
Zur Einpflegung dieser Daten ist aber ein Mehraufwand im Planungsbüro sowie bei der ausführenden Fachfirma erforderlich, der jedoch bereits zum Teil durch die Vergütung für die ohnehin erforderliche Bestandsdokumentation abgedeckt ist.

Für das Facility Management ist bereits mit herkömmlichen IFC-Viewern eine genaue räumliche Zuordnung im IFC-Modell sowie eine Filterung möglich.
Für weitere FM- spezifische Anforderungen sind diverse Hilfsprogramme am Markt erhältlich.
Wir sind deshalb gemeinsam mit dem Bauherrn dabei eine weitere separate Software als FIM-Modell auszuwählen, aufzubereiten und zu implementieren. Alle statischen Informationen zu dem realen Gebäude sollen hierfür automatisch aus dem BIM Koordinationsmodell übernommen werden.
Zusätzlich werden dynamische Informationen aus und für den Gebäudebetrieb in einer FIM-Datenbank hinterlegt.

3. BIM in der Haustechnik – ein längerer aber nachhaltiger Umstellungsprozess.

3.1. Digitaler Umbruch im Haustechnik – Ingenieurbüro

Die Technische Gebäudeausrüstung (TGA / MEP) umfasst alle technischen Maßnahmen die zur Versorgung eines Gebäudes erforderlich sind. Als Planungsbüro für Gebäude- und Energietechnik (Haustechnik) ist unser Beitrag die Planung der Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und MSR-Anlagen, Sprinkler- Druckluft und Gasanlagen, sowie die fachtechnische Unterstützung zum Erreichen möglichst niedriger Energieverbrauchswerte sowie des sommerlichen Wärmeschutzes.
Die IB Lackenbauer GmbH ist als mittelständisches Planungsbüro mit 14 Mitarbeitern seit über 25 Jahren tätig. Schwerpunkt unserer Arbeit sind nachhaltige Gebäude, die Verbin-

dung von Theorie und Praxis und das Bauen 4.0. Speziell in Holzbau, Vorfertigung und Energieoptimierung haben wir jahrzehntelange Erfahrung.
Zum Thema BIM und Digitalisierung sind wir im Zuge eines Krankenhausprojektes vor 11 Jahren auf eine dreidimensionale CAD/CAE-Software für die Gebäudetechnik umgestiegen. Unsere TGA-spezifische Software verfügt über einen eigenen CAD-Kern mit integrierten Berechnungsmodulen.
Wir haben nach dem Umstieg unmittelbar damit begonnen die komplette Lüftungstechnik sowie größere Energiezentralen dreidimensional zu zeichnen und die Lüftung zu berechnen. Wir hatten in diesem Bereich eine sofortige Beschleunigung des Arbeitsprozesses mit deutlich verbesserten Ergebnissen. Sukzessive haben wir diese Vorgehensweise auf alle anderen TGA-Gewerke übertragen, so dass wir mittlerweile mehr als 80% aller Berechnungen innerhalb der Konstruktionssoftware ausführen und ebenso mehr als 80% aller Pläne dreidimensional erstellen.
Von anfangs zwei Technischen Systemplanern ist unsere Konstruktionsabteilung auf mittlerweile vier technische Systemplaner angewachsen, was uns erlaubt auch größere Bauobjekte mit erhöhtem Termindruck zuverlässig und qualitativ hochwertig abzuwickeln.
Die ersten fünf Jahre war es so, dass wir die zweidimensionalen Grundrisse und Schnitte des Architekten selbst quasi noch mal nachgezeichnet haben, um so für unsere Haustechnik ein 3-D Gebäudemodell zu erstellen. Diese Vorgehensweise stellte sich aufgrund der darauffolgenden Planungszeitersparnis meist als wirtschaftlich dar. Seit drei Jahren können wir vermehrt auf IFC_Modelle von Architekten zurückgreifen, die die Eingabe beschleunigen, aber immer noch der Kontrolle und Nacharbeit bedürfen. Die Architekturmodelle umfassen auch meistens nur die Rohbauplanung. Eine dreidimensionale Ausbauplanung im Modell haben wir bislang noch bei keinem Bauvorhaben erhalten.
Wir hoffen, dass durch die Steuerung digitaler Bauprojekte die dreidimensionale Planung in Zukunft auf alle wesentlichen Ausbaustufen ausgedehnt wird und somit auch die aufwändige und fehlerbehaftete baubegleitende Planung auf ein Minimum reduziert werden kann.
Zusätzlich erwarten wir, dass die freie Zugänglichkeit hochwertiger, vernetzter und leicht verarbeitbarer Planungsdaten auf Bauherrn- und Betreiberdruck stetig ansteigen wird. Wir erwarten, dass der damit einhergehende Know-How Transfer zu einer Verringerung der Wertschöpfung führen wird. Zukunftsfähig wird sein, wer das hohe Planungs-Know-How mit ebenfalls hohem BIM/FM-Know-How verknüpfen kann. Wir sind bereit. Zusätzlich freuen wir uns darauf neue und weiterführende Lösungen insbesondere für das Facility.

4. Fazit BIM – Campus RO und Ausblick

- Im derzeitigen Stand ist BIM bis in die erweiterte Entwurfsplanung hinein sinnvoll, praxisgerecht zu bearbeiten und bei koordinierter Planung im Rahmen der HOAI-Vergütung machbar.
- Für BIM to FM ist ein Zusatzaufwand erforderlich.
- Für die weitere Entwicklung erwarten wir:
  - Erweiterte TGA-Bibliotheken
  - Aktualisierte Software zum Handling des Datenvolumens
  - Weitere Detaillierung des IFC-Modells zum übergreifenden Austausch fachspezifischer Daten
  - Aktualisierte Software zur automatischen Generierung baustellentauglicher Plan-/Informationsunterlagen.
  - Verbesserte und genauere Schnittstellen zur Modellübergabe
  - Systematiken und Geräte zur Datenübergabe auf die Baustelle
  - Kostengünstige Tools für die Erweiterung der FM-Funktionen
  - verlässliche Grundlagen zum Datenschutz und zur Sicherung unseres Urheberrechts.

  Aus unserer Sicht könnte der wesentliche Teil dieser Entwicklungen in den nächsten fünf Jahren abgeschlossen sein.

BIM und Holzbau – Sicht des Holzbauers (am Beispiel Campus RO)

Bernhard Gineiger
Huber & Sohn GmbH & Co. KG
Eiselfing, Deutschland

BIM und Holzbau – Sicht des Holzbauers am Beispiel Campus RO

1. BIM und Holzbau

Bereits vor über 30 Jahren hat die Digitalisierung im Holzbau ihren Ursprung genommen. Zur damaligen Zeit wurden in vielen größeren Betrieben der Branche die ersten CAD-Systeme eingeführt. Auch Huber & Sohn setzt seit 1992 auf die rechnergestützte Planung (computer-aided design = CAD) seiner Projekte. In den Bereichen Hochbau wie auch dem Sonderschalungsbau verwenden wir dafür Software von hsbcad, einen holzbauspezifischen Aufsatz auf AutoCAD Architecture. Der elementare Grundstein für die Arbeit mit BIM – digital erstellte Planungsdaten – ist damit schon seit Langem gelegt.
Der nächste Schritt zur Verbesserung und Verdichtung der digitalen Daten folgte mit der Einführung computergestützter Fertigungsanlagen (computer-aided-manufacturing = CAM). Zugleich machte der moderne Holzbau in dieser Zeit auch große Fortschritte bei der Vorfertigung komplexer Gebäudeelemente. Dadurch mussten nun aber Probleme bereits lange vor Baubeginn erkannt und gelöst, Konstruktionen aufeinander abgestimmt und die so erzeugten Daten schließlich an die Produktionsmaschinen übergeben werden. Die logische Konsequenz aus diesen gestiegenen Planungsanforderungen war die vollständig dreidimensionale Planung sämtlicher Projekte und die Entstehung digitaler Schnittstellen für den Datenaustausch.
Die anfängliche Skepsis gegenüber dieser bis dato nicht gekannten Planungstiefe und dem damit verbundenen Mehraufwand ist heutzutage längst der Erkenntnis gewichen, dass es enorme Vorteile bietet, Probleme bereits frühzeitig erkennen und korrigieren zu können. Eine exakte Planung am Computer, und damit die Arbeit an einem «digitalen Zwilling» des real gebauten, ist in der Branche zur Selbstverständlichkeit geworden. Und auch das Bewusstsein, sich bereits weit vor Fertigungsbeginn bei den entscheidenden Dingen festzulegen, ist unter Holzbauern tief verwurzelt.
Der Gedanke hinter dem «BIM»-Planungskonzept und seine Vorteile sind in der Branche eigentlich schon weit verbreitet, wurde bislang aber nur «im kleinen Kreis», also meist nur innerhalb eines Unternehmens oder unter eng verbundenen Partnerbetrieben genutzt und verfolgt. Fremde Gewerke wurden zwar in der Planung berücksichtigt, der Datenaustausch verlief dabei aber, durch die weitreichende Inkompatibilität der jeweils spezialisierten Softwareprodukte, stark vereinfacht.
Die BIM Methode reicht nun über diesen Tellerrand hinaus und bildet einen Prozess für die branchenübergreifende Planung im Bauwesen. Zugleich wurde mit dem IFC Datenformat eine universelle Schnittstelle für den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Gewerken errichtet.
Dieser Universelle Ansatz ist zugleich aber auch eines der größten Probleme, speziell beim Datenaustausch im BIM Prozess. Einerseits wird das zugehörige IFC-Format immer nur der «kleinste gemeinsame Nenner» zwischen den branchenspezifischen Dateiformaten sein. Für ein einzelnes Gewerk betrachtet ist der Informationsgehalt einer IFC Datei einer spezialisierten Lösung also immer unterlegen (So fehlen dort für den Holzbau z.B. einheitliche Definitionen für wichtige Parameter wie die Faserrichtung, die Festigkeitsklasse oder die Oberflächenqualität von Bauteilen). Andererseits wird das Datenformat aus diesem Grund aber auch ständig weiterentwickelt und ergänzt, was es speziell für viele kleine Softwarehersteller schwer macht, mit dem laufenden Wandel Schritt zu halten (Die einzelnen Baugewerke - auch der Holzbau - stellen für die Softwarebranche ja nur Nischen dar, die von kleineren Anbietern mit begrenzter Kapazität bedient werden). Als Beispiel sei hier genannt, dass das aktuelle «IFC 4» Datenformat bereits 2013 definiert wurde und einen offiziell normierten Standard darstellt. Zugleich ist aber bis heute noch kein einziges Planungsprogramm am Markt erhältlich, dass die offizielle Zertifizierung für Import und Export von IFC 4 Dateien vorweisen könnte. Selbst die großen Hersteller für Bauplanungs-Software haben bislang noch keine bidirektionale Zertifizierung erreicht.
(Quelle: buildingSMART, Stand 10/2022)

Diese Probleme lassen sich zwar zumeist durch projektbezogene Vereinbarungen zwischen den beteiligten Planern umgehen. Sie zeigen aber dennoch, dass die Realität bereits auf den ersten Blick an vielen Stellen noch deutlich von einem idealen Prozess abweicht und oftmals etwas Improvisation verlangt.
Ebenso erfordert der BIM Prozess ein Umdenken bei der Organisation und Zeitplanung des gesamten Planungsablaufs. Damit die Vorteile der Methode voll ausgenutzt werden können, sollten z.B. einige Gewerke bereits früher als bislang üblich in den Planungsprozess integriert werden und Entscheidungen für die ausführenden Unternehmen (und damit verbundene konstruktive Besonderheiten) früher fallen. Zudem erfordert die laufende Koordination aller Gewerke und die daran anschließenden Korrektur-Durchläufe bei den einzelnen Planern einen zeitlichen Mehraufwand, der ebenfalls im Projektablauf berücksichtigt werden muss.

2. Praxisbeispiel Campus RO

Campus RO war und ist für uns in vielerlei Hinsicht ein spannendes Projekt – planerisch innovativ, konstruktiv interessant und nicht zuletzt auch in idealer Nähe zu unserem Firmenstandort. Umso mehr hat es uns natürlich gefreut, dass wir die Gelegenheit erhalten haben, dieses Leuchtturmprojekt im Holzbau begleiten und umsetzen zu dürfen.
Es war von Anfang an zu spüren, dass die Auftraggeber bei diesem Vorhaben größten Wert auf das BIM Konzept gelegt hatten und auch bereit waren, hier viel Pionierarbeit zu leisten. Ohne die mustergültige Vorbereitung des gesamten Prozesses und die professionelle Koordination durch ein sehr erfahrenes Büro, wäre ein solches Projekt mit vielen «BIM-Anfängern» nicht möglich gewesen.
Wir wurden bereits Mitte 2019 kontaktiert, um an den anfänglichen Besprechungen und Tests zum Datenaustausch dabei zu sein. Voller Euphorie wurde versucht, die ersten IFC-Modelle aus der Architektur in unser CAD System zu importieren. Jedoch waren weder das damals noch verwendete AutoCAD Architecture 2018, noch hsbDesign Version 22 in der Lage, die umfangreichen Architekturmodelle brauchbar zu verarbeiten. So liefen manche Import-Versuche über ganze Mittagspausen hinweg, nur um anschließend feststellen zu müssen, dass die Software auf halber Strecke abgestürzt war, ein Großteil der Inhalte nicht korrekt eingelesen werden konnte, oder eine Fehlermeldung nach der anderen über den Bildschirm flackerte. Selbstverständlich war aber auch das Know-How von uns im Umgang mit solchen Modellen noch recht «überschaubar», sodass sich die Gefühlslage der betroffenen Kollegen zur damaligen Zeit irgendwo zwischen Enttäuschung und ein wenig Ratlosigkeit einpendelte.
Diese Effekte waren in den folgenden Besprechungen aber bei nahezu allen beteiligten Gewerken zu spüren. So sollte z.B. ursprünglich das aktuelle IFC 4 Datenformat für den Datenaustausch verwendet werden. Nach und nach stellte sich aber heraus, dass (allen Herstellerbeschreibungen zum Trotz) kaum eine Software diese Daten wirklich zuverlässig verarbeiten konnte. Nach vielen Versuchen und langen Diskussionen wurde schließlich auf das ältere und weniger umfangreiche, dafür aber von den allermeisten Programmen voll unterstützte IFC 2x3 Format gewechselt.
Heute, gut drei Jahre später, sind wir mit unserem BIM-Wissen deutlich weiter und können mit vielen Problemen mittlerweile sehr viel besser umgehen und sie gezielt beheben oder vermeiden. Entscheidend ist aber auch, dass sich die verwendete Software in dieser Zeit wesentlich verbessert hat. Zudem konnten wir auch neue Werkzeuge ausfindig machen, die uns den Umgang mit großen und komplexen Dateien heute deutlich erleichtern.
An dieser Stelle möchten wir auch erwähnen, dass seitens der Auftraggeber keine Kosten und Mühen gescheut wurden, alle Projektbeteiligten gut in das Thema BIM Planung einzuführen. So wurde z.B. eine Netzwerklizenz für «SOLIBRI Office» sowie eine Vielzahl vordefinierter Prüfungskriterien zur Verfügung gestellt, sodass letztlich kein Gewerk gezwungen war, diese hochpreisige Software und die zugehörigen Prüf-Sets selbst extra anzuschaffen. Zudem wurde auch ein mehrtägiger Workshop organisiert, um allen Vertretern der Gewerke einen möglichst guten Einstieg in das Thema und die zu verwendenden Werkzeuge zu ermöglichen.

3. Weiterer Projektverlauf

Nachdem wir die frühen Planungsphasen nur in beratender Funktion zum Thema Holzbau begleitet hatten, erfolgte der tatsächliche Einstieg von Huber & Sohn in das Projekt mit Beginn der Fertigungsplanung im dritten Quartal 2020. Die Planung der übrigen Gewerke war zu diesem Zeitpunkt bereits weit fortgeschritten, aber noch nicht endgültig abgeschlossen. Der noch laufende Planungsprozess auf der einen Seite und andererseits ein immer stärker wachsender Termindruck auf die Gewerke hatten zur Folge, dass die BIM Modelle zu der Zeit nicht den jeweils aktuellsten Planstand darstellten und nicht abschließend koordiniert waren. Auch Huber & Sohn sah sich, wegen längst eingetakteter Fertigungskapazitäten und insbesondere aufgrund der damals sehr kritischen Lage bei den Lieferketten gezwungen, die Arbeitsvorbereitung trotz noch laufender Planung der vorgeschalteten Gewerke zu beginnen. Als einzige Möglichkeit für die termingerechte Umsetzung des Holzbaus musste somit auf die klassischen Grundrisse und Fachpläne der einzelnen Gewerke zurückgegriffen werden.

Obwohl das BIM Modell erst parallel zur Arbeitsvorbereitung vervollständigt wurde, war es dennoch ein wichtiger Baustein unserer internen Planung. So diente es immer wieder zur Veranschaulichung bestimmter Situationen, die bei der Betrachtung klassischer Grundrisse und Schnitte oftmals nicht erkennbar sind. Es war auch sehr hilfreich, dass beispielsweise die Statik bereits mit Architektur und Haustechnik geprüft war, sodass insgesamt deutlich weniger kritische Überraschungen zu Tage kamen, als es bei einem Projekt dieser Größe normalerweise zu erwarten wäre.

Es hat sich dabei aber auch gezeigt, dass selbst hochentwickelte, automatische Modellprüfungen zwar eine gute Hilfestellung sind, ein geschultes menschliches Auge mit entsprechendem Sachverstand aber nicht ersetzen können. So identifizierten die Kollegen unserer Planungsabteilung noch manch kritische Probleme, die alle Prüfungen zuvor unbemerkt passieren konnten. Um diese Probleme zu lösen war das 3D-Modell dann aber wieder bestens geeignet. Der direkte Blick auf betreffende Bauteile vermeidet viele Missverständnisse und unnötige Diskussionen.

Auch die Metadaten im Modell waren noch teilweise lückenhaft, sodass sie für manche Zwecke allein nicht ausreichend gewesen wären. Hier sind beispielhaft die Fenster zu nennen, denen unter anderem eine Beschreibung der Flügelaufteilung und der jeweiligen Öffnungsrichtung gefehlt hatte. Eine Bestellung auf Basis der BIM Daten wäre hier nicht möglich gewesen.

BIM ist also auch beim reinen Informationsaustausch eine wertvolle Ergänzung bisheriger Methoden, die aber noch nicht so vollständig ausgereift ist, dass sie alle bisherigen Konzepte überflüssig macht. Die Offenheit aller Beteiligten für pragmatische Lösungen und direkte Kommunikation im planerischen Alltag und dem damit meist verbundenen Zeitdruck bleibt weiterhin enorm wichtig.

Mit der Fertigstellung der Arbeitsvorbereitung wurde von Huber & Sohn schließlich ein IFC Modell der Holzbaukonstruktion erzeugt und den übrigen Projektbeteiligten zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt. In Absprache mit Auftraggebern und Koordinatoren hat sich unser Exportmodell dabei die tragenden Bauteile Ständerwerk und CLT-Wände, sowie die statisch relevanten Beplankungslagen beschränkt. Ein vollständiger Export inclusive der Fassadenschalung wäre zwar ebenfalls möglich gewesen, hätte dem Modell aber letztlich keinen bedeutenden Mehrwert erbracht und die Datenmenge damit nur unnötig vergrößert.

Da das Modell zur Bearbeitung und Fertigung bei Huber & Sohn intern in kleinere Abschnitte unterteilt wurde, mussten beim Export des Gesamtprojekts zunächst noch einige Schwierigkeiten mit der genauen Positionierung der Teilmodelle im Projektkoordinatensystem überwunden werden. Diese Punkte, wie auch anfängliche Lücken in den Bauteil-Metadaten, konnten aber mit Hilfe der BIM-Koordinatoren und deren Prüfroutinen rasch beseitigt werden, sodass schließlich ein vollständiges und stimmiges Modell der Holzbaukonstruktion zur Verfügung stand.

4. Beispiele aus der Planungsphase

Zunächst eine Gegenüberstellung des Architekturmodells, dem Holzbau-Datensatz sowie einem Baustellenfoto mit etwa derselben Perspektive.

Abbildung 1: Baustellenfoto
(Copyright: © CampusRO Projektentwicklungs GmbH&Co.KG/Tobias Straßer – SKAZ Films)

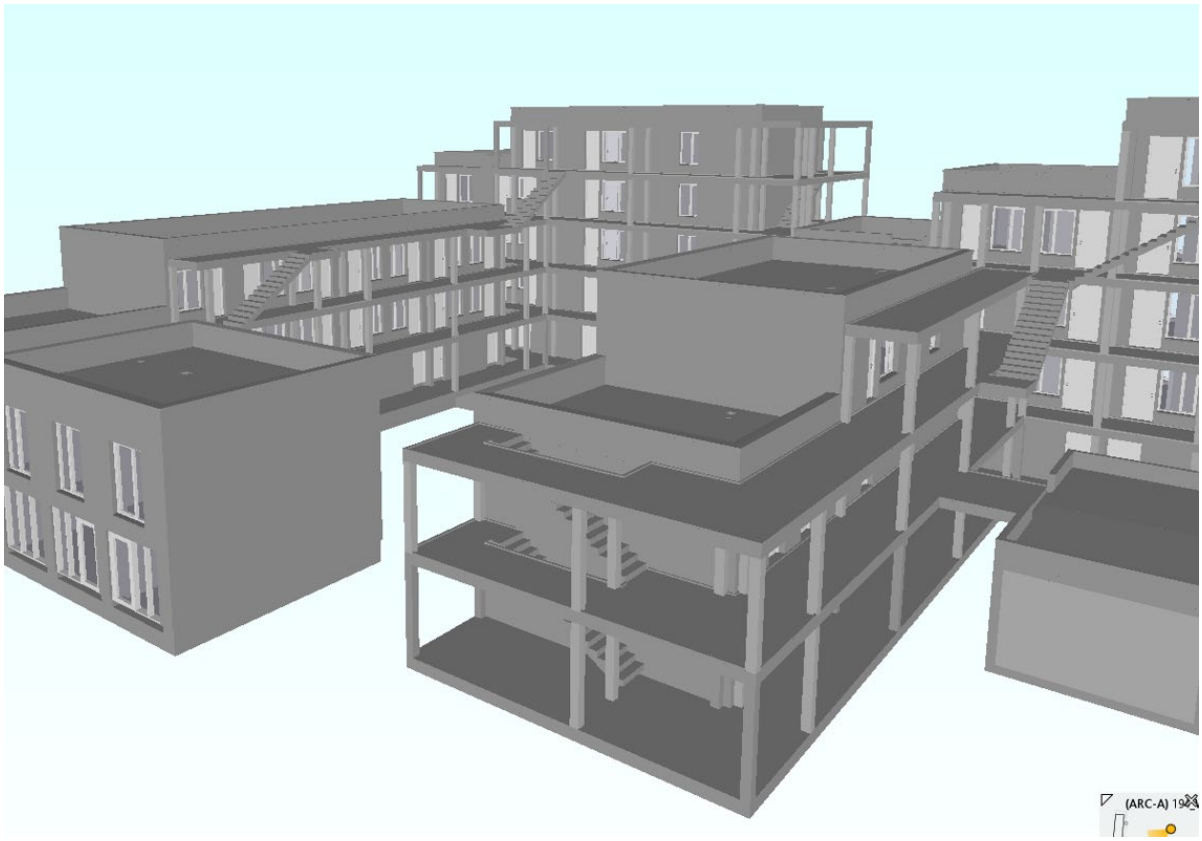


Abbildung 2: Auszug aus dem Architekturmodell (ACMS Architekten)

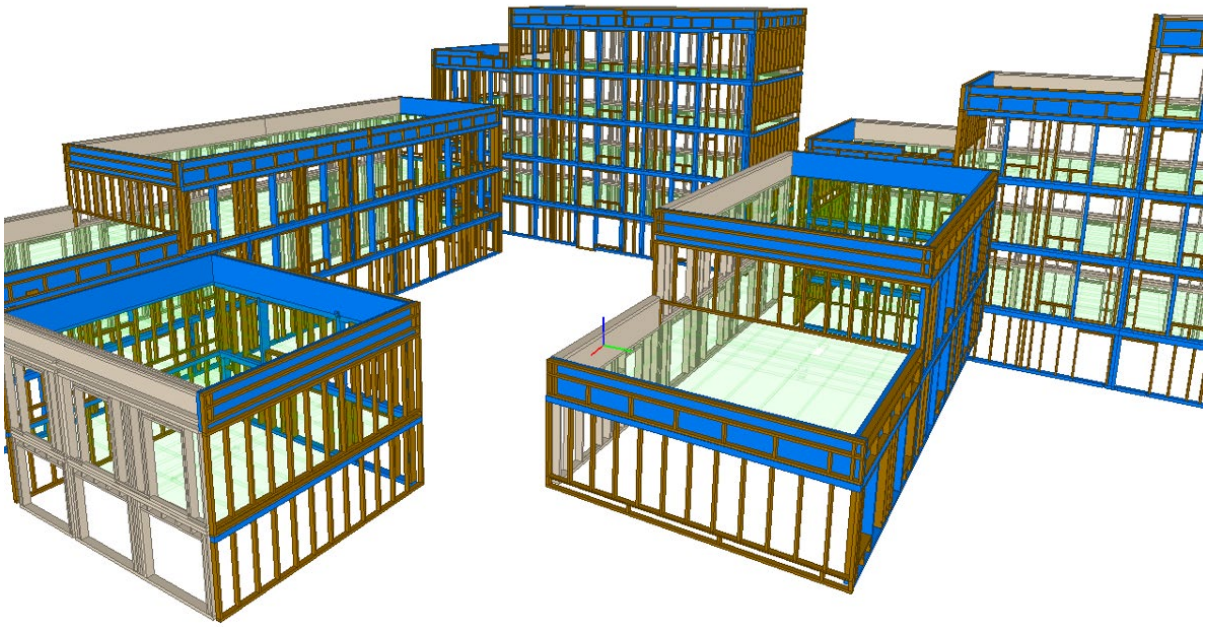


Abbildung 3: Auszug aus Holzbau-IFC-Modell (hier nur Ständerwerk sichtbar) (Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

Nachfolgend ein kleines Beispiel aus der Kollisionsprüfung zwischen dem Holzbau-Modell und dem Architekturmodell:

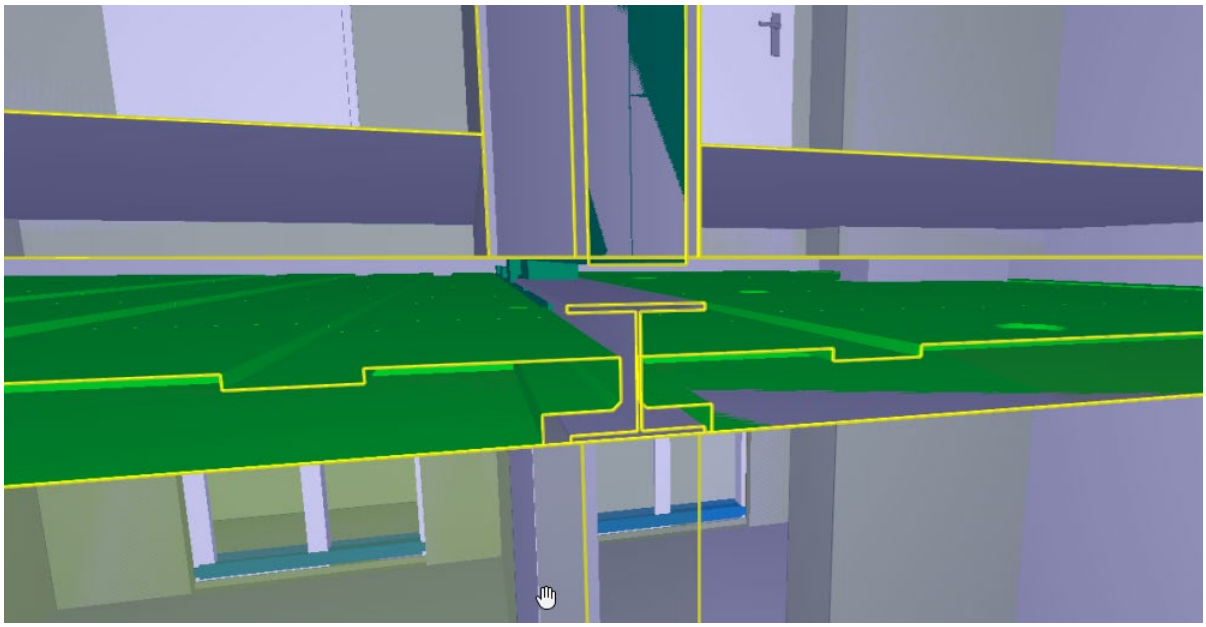


Abbildung 4: Kollision des Stahlträgers mit den Elementen der Holzdecke (Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

Neben offensichtlichen Fehlern brachte die Modellprüfung auch Situationen zu Tage, an denen die Produktionsplanung im Holzbau und die BIM-Modellierung unterschiedliche Schwerpunkte setzen und teils gegensätzliche Ziele verfolgen. So müssen manche Bauteile für die Produktion und Logistik zunächst konstruktiv anders gestaltet werden, als sie dann am fertigen Gebäude tatsächlich zum Einsatz kommen. Aus einem optimalen Datensatz für die Fertigung ergibt sich also nicht automatisch auch ein ideales Modell für die BIM Gebäudeplanung.

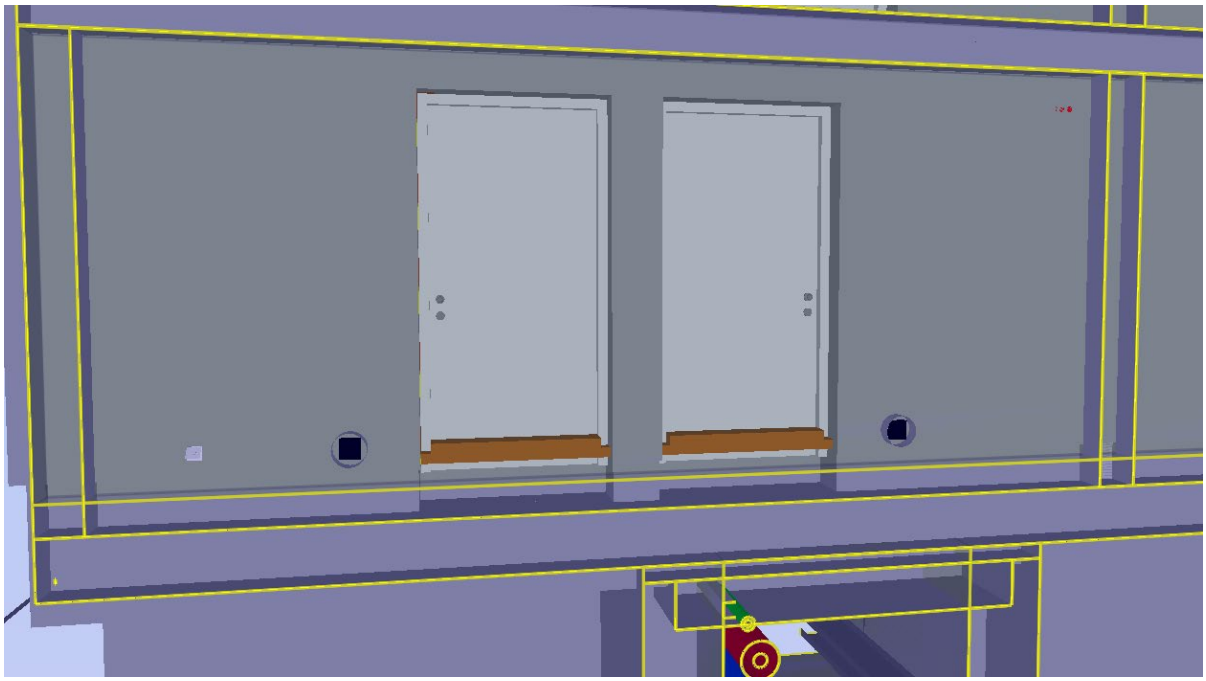


Abbildung 5: Vermeintliche Kollision zwischen Innentüren und Wandschwelle (Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

Beispielsweise müssen Schwellen und Rähme zunächst auch über Öffnungen hinweg durchlaufen, sodass die Wandscheiben insbesondere beim Anheben nicht verformt werden oder gar zerbrechen. Erst bauseits werden sie schließlich ausgeschnitten und geben den Platz für andere Gewerke frei. Und auch nur dieser fertig ausgeschnittene Zustand könnte wiederum die Kollisionskontrolle in der BIM Koordination erfolgreich passieren. Um diese Bauteile jedoch in voller Länge fertigen zu können, müssen sie selbstverständlich ohne Unterbrechungen im CAD System modelliert werden. So erscheinen sie dann aber auch im resultierenden IFC Modell und verursachen dort vielfältige theoretische, aber nicht praxisrelevante Probleme.
Geplant nachträgliche Änderung an einem Bauteil lassen sich im BIM Prozess jedoch kaum abbilden. Manche Kollisionen und Ungereimtheiten zwischen dem Produktionsmodell des Holzbaus und dem Abbild des fertigen Gebäudes im BIM Modell sind somit unvermeidbar und müssen hingenommen werden. Diese Diskrepanz muss allen Projektbeteiligten bewusst sein, sodass sämtliche Planer und Koordinatoren solche Probleme korrekt interpretieren können.
Im konkreten Beispiel wurden diese Kollisionspunkte durch eine entsprechende Notiz in der Prüfsoftware kenntlich gemacht und ordentlich dokumentiert.

5. Technische Herausforderungen

Im Bereich der Architektur ist das Arbeiten mit BIM schon länger verbreitet und vielerorts mittlerweile zum Standard geworden. In der Branche ist dadurch bereits viel Praxiserfahrung vorhanden und auch die Software ist dahingehend entsprechend ausgereift.
In den ausführenden Gewerken am Bau (und damit auch im Holzbau) steht man dagegen erst am Anfang dieser Lernkurve. Einerseits müssen die Planer dort noch intensiv geschult werden und Erfahrungen mit der neuen Methode sammeln. Andererseits muss aber auch seitens der Software noch viel Entwicklungsarbeit geleistet werden, damit die angedachten Abläufe reibungslos funktionieren und man sich auf «digitaler Augenhöhe» begegnen kann.
Speziell der Holzbau, der wegen proprietärer Datenformate bei den Fertigungsanlagen, auf branchenspezifische CAD/CAM Software angewiesen ist, steht aktuell vor einem Dilemma. Einerseits gibt es eine Vielzahl von Planungsprogrammen, die sehr gut auf die Datenformate und organisatorischen Abläufe in der BIM Planung abgestimmt sind und dort ihre großen Stärken haben. Diese Programme stammen jedoch vorwiegend aus dem Architektur-Bereich und bleiben daher an vielen Stellen hinter den Anforderungen zurück, die der moderne Holzbau an eine Konstruktionssoftware stellt. Assistenten für gängige

Tragwerks-Konstruktionen und die zugehörigen Holzverbindungen sind dort meist ebenso wenig zu finden, wie auch die Möglichkeiten zur automatischen Elementierung von Bauteilen oder die schichtweise, automatisch vermaßte Darstellung von Element- und Einzelteilplänen. Spätestens aber die fehlenden Schnittstellen zu den Produktionsanlagen stellen für die allermeisten Holzbauer ein KO-Kriterium dar. Die beste BIM-Planung nutzt nicht viel, wenn die geplanten Projekte schlussendlich nicht produziert werden können.
Auf der anderen Seite finden sich die klassischen Holzbau-Programme, die sämtliche Holzbau-spezifischen Anforderungen perfekt beherrschen. Schwachpunkt dort ist jedoch vielfach ein wirklich praxistaugliches Handling der Abläufe im BIM-Prozess, insbesondere beim Datenimport. Hier werden oftmals die aktuellen Datenformate (IFC 4) mit allen Objektklassen, Datenstrukturen oder auch einfach nur die schieren Datenmengen noch nicht (vollständig) unterstützt. Importierte Gebäudeelemente und Bauteile erfordern meist noch aufwendige Konvertierungen und Nacharbeiten um sie in der weiteren Planung vollumfassend nutzen (elementieren, bearbeiten, Produktionsdaten exportieren) zu können. Dieser Aufwand behindert dann auch die eigentlich angedachte, regelmäßige Aktualisierung der Modelle im BIM-Planungsverlauf. Weitere Features, wie z.B. eine integrierte Kommunikations-Schnittstelle für BCF-Dateien sind in den typischen Software-Systemen unserer Branche auch noch selten zu finden und, im Vergleich mit den Möglichkeiten mancher Architektur-Software, wenig ausgereift.
Die Fortschritte der letzten Jahre und teilweise auch bereits angekündigte Neuerungen zeigen aber, dass sich die Hersteller intensiv mit dem Thema BIM auseinandersetzen und sich auch durchgehend auf einem guten Weg befinden.

6. Fazit

Der hohe Vorfertigungsgrad ist eine der großen Stärken des modernen Holzbaus. Nur so lässt sich eine gleichbleibend hohe Qualität bei zugleich kurzen Bauzeiten überhaupt erst realisieren. Damit die Bauteile und Abläufe aber am Ende wirklich Zahn in Zahn ineinandergreifen können, ist eine möglichst präzise Planung notwendig. Dieser Zusammenhang kommt umso mehr zum Tragen, je größer ein Projekt ist.
Und genau hier setzt der BIM Prozess an, indem er eine deutlich gezieltere und bessere Kommunikation über alle Gewerke hinweg ermöglicht und gleichzeitig eine ständige Kontrolle und Dokumentation der Ergebnisse sicherstellt.
Aus unserer Sicht ist im Projekt Campus RO sehr deutlich geworden, dass der Planungsprozess durch die verbesserte Zusammenarbeit klar an Qualität gewonnen hat. Viele Schwachpunkte, die bei konventioneller Planung erst sehr spät ans Licht kommen, konnten hier bereits frühzeitig erkannt und behoben werden. Durch die professionelle Vorbereitung und Koordination des Projekts konnten zudem alle Beteiligten sehr gut in das Thema BIM hineinwachsen und viele wertvolle Erfahrungen sammeln.
Das Projekt hat aber auch gezeigt, dass auf dem Weg zum idealen BIM-Prozess noch manche Hürden genommen werden müssen. Viele Planer stehen erst am Anfang der Lernkurve, organisatorische Abläufe müssen auf die neue Methode angepasst werden, und auch softwareseitig besteht noch großer Entwicklungsbedarf. Allen Herausforderungen zum Trotz steht aber außer Frage, dass die fachübergreifende Denkweise und der permanente Informationsfluss den Planungsprozess entscheidend voranbringen.
Die BIM Planungsmethode ergänzt sich somit ideal mit der Innovationskraft und dem hohen Vorfertigungsgrad im Holzbau. Diese drei Elemente ergeben eine schlagkräftige Kombination, die die Zukunft des Bauens maßgeblich prägen wird.

IHF-Prolog I

Architektur-Forum

Seriell versus individuell

Von der «casa di ringhiera» zum Verandahaus

Yves Schihin
Oxid Architektur GmbH
Zürich, Schweiz

Von der «casa di ringhiera» zum Verandahaus

1. Der historische Archetyp: «casa di ringhiera»

Die «casa di ringhiera» (italienisch: Geländerhaus) ist ein städtischer Typ des sozialen Wohnungsbaus mit offenen Galerien, welche pro Stock den Wohnungen als horizontale Erschliessung dienen. Diese Galerien sind meist auf einen Innenhof ausgerichtet und beherbergten ursprünglich sogar die gemeinschaftlichen Toiletten. Neben der Funktion als Laubengang dienen die Galerien um den Hof auch als «private» Aussenräume. Dadurch werden die Galerien zum eigentlichen gesellschaftlichen Inkubator, welcher die zufälligen Begegnungen innerhalb der Nachbarschaft begünstigt und einen gemeinsamen Ort des Austausches schafft. Die «case di ringhiera» wurden um die Wende zum 20.Jhdt. gebaut, um die vielen Arbeiterfamilien aus dem Süden aufnehmen zu können.

Abbildung 1: Archetyp «casa di ringhiera», Milano

Abbildung 2: Filmstil «Rocco und seine Brüder» mit Szene in einer «casa di ringhiera»

Die «casa di ringhiera» war und ist ein Modell eines gemeinschaftlichen Lebensstils, einer familiären Nachbarschaft, wo die Kinder unter Aufsicht im Hof spielen und sich die Jugend auf den Veranden verliebt. Wo sich die Bewohner auf den Galerien spontan begegnen und austauschen. Aber auch ein Ort, wo die Privatsphäre klein geschrieben ist und das Leben komplett auf den Hof orientiert bleibt. Die Filme des italienischen Neorealismo zeigen die gesellschaftliche Auswirkung dieser Wohnform in verschiedenen Filmen; zB in «la bellissima» (1951) oder «Rocco und seine Brüder» (1960) von Luchino Visconti.

2. Die Interpretation: das Verandahaus

Die Verandahäuser in Bellinzona (Ghiringhelli, Fertigstellung 2021) und in St. Gallen (Waldacker, Fertigstellung 2022) nehmen Bezug auf den in der Lombardei und im Tessin verbreiteten Archetyp der «case di ringhiera» und der «case a ballatoio» (Tessin). Die historische Laubengang-Typologie wird mit einer überbreiten Veranda, welche als Erschliessung und halbprivaten Balkon dient, neu interpretiert. Dank der Überbreite entsteht neben der Erschliessung ein den Wohnungen vorgelagerter und in Bereichen individuell aneigenbarer Filter- oder Schwellenraum. Die Veranda funktioniert ganz im Sinne der von Hannah Arendt in ihren Schriften immer wieder geforderten «Pufferschicht» zwischen Wohnraum und Öffentlichkeit als «zone tampon», eine gut von Aussen zugängliche räumliche Schicht, welche die Privatsphäre schützt und die Interaktion fördert. Zwischen den Veranden wird als eigentlichen sozialen Inkubator und Begegnungsort der gemeinschaftliche Hof oder Binnenraum aufgespannt.

Abbildung 3: Regelgeschoss Verandahaus «Ghiringhelli» in Bellinzona

Abbildung 4: Verandahaus «Ghringhelli», gemeinschaftlicher Hof als sozialer Inkubator

Im Unterschied zum Archetyp ist es den Bewohnern der Verandahäuser jedoch möglich, ihre Privatsphäre zu wahren: Die durchgesteckten Wohnräume vermitteln mit den raumhohen Verglasungen zwischen hofseitiger Veranda und rückwärtigem privaten Aussenraum (Balkon bzw Wintergarten). Der halbprivate Bereich auf der Veranda dient als Wohnraumerweiterung des direkt dahinter liegenden Essraums. In Bellinzona ist dieser überbreite Bereich eher zaghaft durch Aussenschränke als Sitznische ausformuliert, in St.Gallen schliesslich als eigentlicher individueller Aussenraum ausgestaltet. Alle Schlafzimmer sind auf der Aussenseite angeordnet (Bellinzona) oder über einen Luftraum von der Veranda getrennt (St.Gallen). Die Erdgeschosswohnungen beziehen sich mit den Privatgärten wiederum auf die gebaute Nachbarschaft.

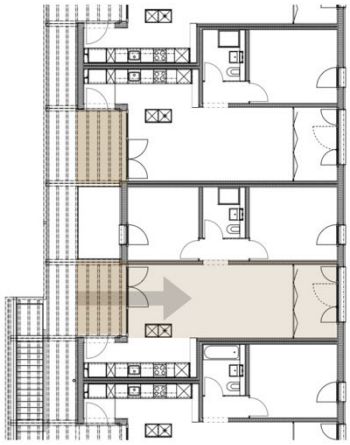


Abbildung 5: Verandahaus «Waldacker» in St. Gallen; Veranda dient als Sitznische und Wohnraumerweiterung

3. Veranda: Filterraum aus Holz

Die historische «case di ringhiera» wurden aus Brandschutzgründen ausschliesslich in Stein gebaut. Die mineralischen Fassaden sind meist ockerfarbig verputzt, die Gallerien bestehen aus Steinplatten auf Steinkonsolen. Die namensgebenden Geländer sind meist metallige Staketengeländer.
Demgegenüber sind die Verandahäuser in Bellinzona und St.Gallen komplett in systemischer Holzbauweise erstellt. Ein optimiertes repetitives Achsmass zwischen den tragenden Wänden erlaubt wirtschaftliche Deckenspannweiten für die Hohlkastendecken. Das repetitive Grundraster wird in der selbsttragenden, vorgelagerten Verandaschicht mit Stützen und Rippendecke aufgenommen.

Auch die Veranda als Gesicht zum Binnenraum und eigentliche Adresse ist «hölzig» gehalten: Durch die Verwendung von linearen strukturellen Elementen wie Stützen, Deckenträgern und Rippen sowie der Fassaden strahlt die Überbauung eine hohe Behaglichkeit und cosiness aus. Die Verwendung von Holz in den offenen horizontalen Fluchtwegen ist dank der jeweils beidseitig des horizontalen Fluchtwegs angeordneten vertikalen Treppenhäuser möglich (VKF 2015).

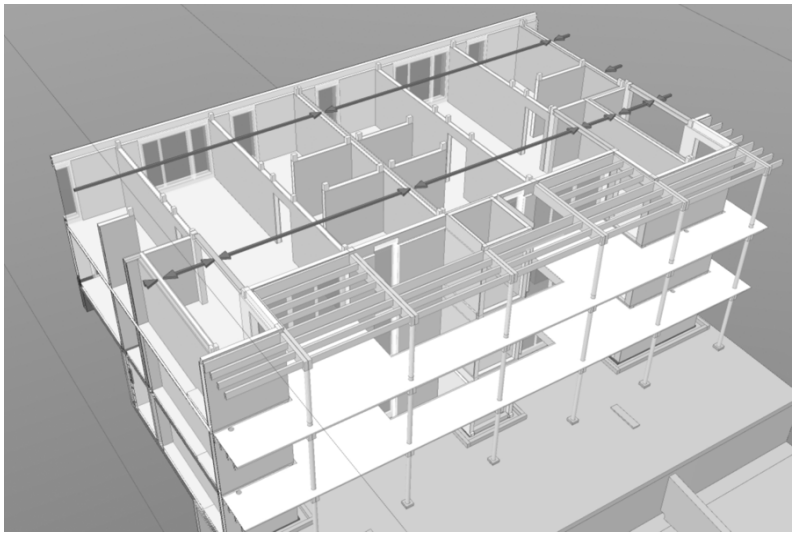


Abbildung 6: Systemischer Holzbau – vorgelagerte Verandaschicht

Die offenen vertikalen Fluchtwege sind entsprechend nichtbrennbar gehalten, in Bellinzona als komplett offene Struktur aus Betondecken und Stahlstützen, in St. Gallen als halboffene Struktur mit Stahltreppen und seitlichen Betonschwertern. Dank der beidseitigen Vertikalerschliessungen pro Haus entstehen im Gegensatz zum Archetyp keine langen Laubengänge mit schwierigen Adressen und gestörter Privatsphäre, sondern kleine horizontale Nachbarschaften bestehend aus zwei bis maximal vier Parteien.

Abbildung 7: Verandahaus «Waldacker» in St. Gallen; raumbildende vorgelagerte Verandaschicht

Wie im Archetyp sind auch in den Verandahäusern die individuellen Wohnungen zugunsten der grösseren gemeinschaftlichen Flächen auf den Veranden kompakt gehalten; dank des durchgesteckten Wohnraums und des Eingangs über die Küche entfallen die wohnungsinternen Verkehrswege, es entstehen zwar kompakte, aber gut strukturierte und räumlich trotzdem grosszügige Wohnungen zu moderaten Preisen. Wie im Archetyp kann dank der stringenten Typologie erschwinglicher Wohnraum angeboten werden. Gleichzeitig profitieren alle Wohnungen von den vergrösserten gemeinschaftlichen Bereichen, vom gemeinsamen Hof oder Binnenraum, von Gemeinschaftsräumen und von der überbreiten und individuell aneigenbaren Filterschicht vor den Wohnungen.
Der Filterraum der Veranden schafft auch im EG den wichtigen Schwellenraum zwischen gemeinschaftlichem Binnenraum und privater Wohnung. Dank diesem Filterraum wird die Privatsphäre in den Wohnungen gewahrt.

Abbildung 8: kompakte Grundrisse führen zu erschwinglichen Wohnungen

4. Kontrastreicher Ausdruck

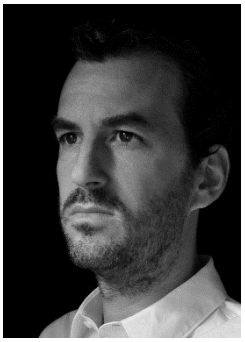
Im Ausdruck kontrastiert die beidseitig zum Binnenraum orientierte, raumhaltige Verandaschicht bewusst mit den peripheren Aussen- und Stirnfassaden. Während die witterungsgeschützte Fassade hinter der Veranda mit einer braunen Lasur in einem warmen Holzton gestrichen wurde, sind die äusseren, der Witterung ausgesetzten Fassaden in verschiedenen Silbertönen vorbewittert und greifen dem natürlichen Verwitterungsprozess vor. In Bellinzona werden die Volumen zusätzlich gegliedert und entkubisiert, indem alle Stirnseiten kontrastierend dunkelsilbirg lasiert sind. In St.Gallen wird die Längenentwicklung mit alternierenden vertikalen und horizontalen Schalungen gebrochen.

Abbildung 9: witterungsgeschützte Veranden kontrastieren mit äusserer Fassade, Verandahaus Ghiringhelli

Abbildung 10: Luftbild Verandahaus «Waldacker»

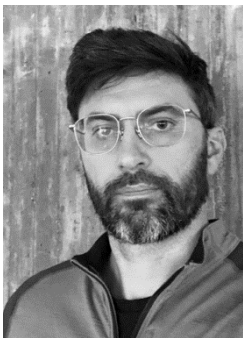
Holzbau digital denken: Integratives computerbasiertes Planen und Bauen

Prof. Achim Menges
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung
Stuttgart, Deutschland



Felix Amtsberg
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung
Stuttgart, Deutschland

Oliver Bucklin
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung
Stuttgart, Deutschland



Hans Jakob Wagner
Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen
Stuttgart, Deutschland

Dylan Wood
Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen
Stuttgart, Deutschland

Holzbau digital denken: Integratives computerbasiertes Planen und Bauen

1. Einleitung

Digitale Technologien durchdringen immer weitere Teile des Planens und Bauens im Holzbau. Dieser Prozess wird dabei allerdings zumeist als eine rein technische Entwicklung mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und Automatisierung aufgefasst. Einen gewichtigen Hinweis gibt bereits das Schlagwort der Stunde selbst: Digitalisierung. Diese Begrifflichkeit suggeriert, dass der Einsatz digitaler Technologien im Wesentlichen darauf abzielt, vormals analoge Methoden, Prozesse und Systeme zu digitalisieren. Stattdessen bietet sich gerade im Holzbau die Möglichkeit, digitale Technologien als konstruktives Potential und soziokulturelles Phänomen zu verstehen, als tiefgreifende Veränderung anzunehmen, als Chance aufzugreifen und aktiv zu gestalten.

2. Computation statt Computerisierung im Holzbau

Einen Hinweis, welche Ansatzpunkte es hierfür gibt, kann die in diesem Falle ausdifferenziertere Terminologie des Englischen geben. Hier wird zwischen den Begriffen *Computerisation* und *Computation* unterschieden, für die es im Deutschen keine Äquivalente mit entsprechendem Bedeutungshintergrund gibt. *Computerisation*, also Computerisierung im vorgenannten Sinne, bezeichnet im Wesentlichen die Automatisierung, Mechanisierung und Konvertierung von Entitäten oder Prozessen, die in nicht-digitaler Form bereits gegeben und genau definiert sind[i]. Und so verhält es sich ja auch weitestgehend mit den derzeit vorherrschenden Ansätzen digitaler Planung und Fertigung im Holzbau. Zunächst erfolgte mit der Einführung konventioneller CAD-Applikationen die Digitalisierung des Zeichenstifts und Zeichenbretts durch Maus und Bildschirm. Nun wird mit BIM die Planung unter Verwendung bautechnischer Standardelemente, -produkte und -details, die es selbstverständlich vorher auch schon gab, computerisiert und in eine Datenbank-basierte Modellierung überführt.
Konzeptionell betrachtet ist *Computerisation* lediglich eine Evolutionsstufe bestehender Herangehensweisen. In diesem Sinne müssen wir auch die Grundzüge von BIM als eine Übergangstechnologie verstehen. Es macht den Planungsprozess zwar effizienter und ermöglicht das schnellere Iterieren durch Entwurfsvarianten, das zügige Implementieren von Planungsänderungen, das disziplinübergreifende Arbeiten in einem Modell und das integrierte Verfolgen von Planungsinformationen über den Lebenszyklus. Aber zugleich werden bestehende Konventionen verfestigt, Standards gestärkt und herkömmliches Entwurfsdenken nicht in Frage gestellt. Technisch und konzeptionell bedingt manifestiert BIM bestehende Normierungen und erfordert zusätzlich neue. Es sind digitale Planungs-Technologien für ein prädigitales Bauen.
Auch wenn der Holzbau ein Vorreiter im Bereich der computernumerisch gesteuerten Herstellung war, verhält es sich ganz ähnlich wie in der Planung auch in der Fertigung beim Einsatz digitaler Technologien: Sie werden primär für die «Computerisierung» bestehender Prozesse und Abläufe eingesetzt, um so einen höheren Automatisierungsgrad des Vorfertigens zu erreichen, wie z.B. durch digitalen Abbund. Auch dies wird lediglich ein Übergangsschritt sein. Denn so entstehen automatisierte Fertigungsprozesse für prädigitale Bausysteme und Bauweisen.
Das tatsächliche Potential digitaler Technologien im Holzbau wird so nicht erschlossen, denn neue Technologien werden maßgeblich für ein «altes» Bauen eingesetzt, sowohl auf Planungs- als auch auf Ausführungsseite. Die Möglichkeit, sich den im positiven Sinne disruptiven Charakter digitaler Technologien kritisch aber proaktiv zu erschließen, wird dabei nicht genutzt. Es fehlt uns häufig sogar die Vorstellungskraft, wo dieses positive Potential überhaupt liegen könnte. Aber gerade der Holzbau bietet hervorragende Voraussetzung, um dieses zu erschließen. Dies bedarf jedoch der genuin digitaler, nicht digitalisierter, Ansätze, also *Computation*[ii].

Im Gegensatz zu reinen Computerisierung steht bei *Computation* die Erschließung noch unbestimmter, vager oder nicht ausreichend definierter Möglichkeits- und Lösungsräume im Vordergrund. Der Computer kann hierbei anhand algorithmischer und logischer Methoden explorativ und zugleich integrativ eingesetzt werden. Mit Hinblick auf den Holzbau stellt *Computation,* also *Computational Design* und *Computational Construction*[iii]*,* eine Vielzahl tradierter Ansätze, etablierter Abläufe, Konventionen und Normierungen in Frage. Denn die Logik und spezifische Eigenheit eines originär digitalen Bauschaffens wird sich nicht linear aus prädigitalen Konzepten ableiten lassen. *Computation*, nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung handwerklicher Ansätze, ermöglicht es, Entwurfsmethoden, Bauprozesse und Bausysteme in Wechselwirkung miteinander integrativ und digital neu zu denken. So können digitale Technologien zum Wegbereiter für die Exploration genuin digitaler Möglichkeiten im Holzbau werden[iv].

3. Von Beginn an digital gedacht: Co-Design im Holzbau

Ein Ansatz, um das volle Potenzial digitaler Technologien für Integration und Zukunftsfähigkeit für das Planen, Fertigen und Bauen im Holzbau zu nutzen, ist eine übergreifende Methodik des Co-Designs von Entwurfs- und Ingenieursmethoden, Fertigungs- und Bauprozessen sowie Material- und Bausystemen, wie sie an der Universität Stuttgart im Rahmen des 2019 eingerichteten Exzellenzclusters «Integrativer, Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC)» erforscht wird [1]. Im Gegensatz zur derzeit vorherrschenden sequentiellen Integration in Form einer digitalen Kette erforscht das Cluster Co-Design als eine Methodik für die gleichzeitige und rückgekoppelte Integration von geometrischen, konstruktiven, mechanischen, hygrothermischen, akustischen Eigenschaften, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Faktoren, ästhetischen und räumlichen Qualitäten, sowie den Eigenheiten und Möglichkeiten cyberphysikalischer Fertigungs- und Bauprozesse.
Die Definition von Co-Design ist die gleichzeitige und rückgekoppelte Entwicklung von generativen Methoden zur Exploration, analytischen Methoden zur Optimierung, cyberphysikalischen Prozessen der digitalen Vorfertigung und des robotischen Bauens vor Ort, sowie den dazugehörige Material- und Konstruktionssysteme, wobei auch soziale Anforderungen und Erwartungen, Umweltauswirkungen, regulative Einschränkungen sowie Lehren aus der Geschichte berücksichtigt werden.
Dieses umfassende Ziel erfordert interdisziplinäre Forschung in mehreren Bereichen, die von Architektur, Bauingenieurwesen, Bauphysik und Geodäsie, Fertigungs- und Systemtechnik, Informatik und Robotik bis hin zu den Geistes- und Sozialwissenschaften reichen. Ebenso wird das Industriekonsortium des Clusters für einen direkten und zweiseitigen Wissensaustausch und –transfer direkt in die Entwicklungen einbezogen.

3.1. Co-Design Fallbeispiel 1: IBA Prototyphaus

Das IBA Timber Prototype House (Abb. 1) demonstriert die Möglichkeiten des Co-Designs, die Potenziale der traditionellen, kostengünstigen, und nachhaltigen Massivholzbauweise mittels digitaler Werkzeuge signifikant zu erweitern und gemäß der heute geltenden bauphysikalischen Maßstäbe auszuführen [2].
Massivholz ist bis zu 50% günstiger als vergleichbare Holzbaustoffe wie CLT und LVL. Außerdem lässt sich das Material aufgrund des Nichtvorhandenseins von Klebstoffen und Füllstoffen leichter trennen und am Ende der Lebensdauer direkt wiederverwenden oder recyceln. Die Herausforderung des IBA Prototyphauses bestand darin, ein Gebäudehüllensystem zu entwickeln, das die Anforderungen einer zeitgemäßen Konstruktion erfüllt und gleichzeitig die zusätzlichen Materialschichten, die in modernen Gebäuden üblich sind, minimiert. Im Rahmen des Projekts ist es gelungen, eine selbsttragende Gebäudehülle zu entwickeln, die Wärmedämmung, Luftdichtheit und strukturelle Tragfähigkeit unter ausschließlicher Verwendung von Holz und ohne zusätzliche Klebstoffe oder Metallverbindungselemente bietet.

Abbildung 1: Das IBA: Timber Prototype House wurde in Apolda in 2019 erbaut.

Der Schlüssel der Entwicklung liegt in der digitalen Bearbeitung der Querschnittsprofile und Fugendetails eines Kantvollholzes. Der Querschnitt von großdimensionierten Kantvollhölzern wurde in Funktionszonen unterteilt, welche auf unterschiedlichen Anforderungen individuell reagieren können. Ein dämmende Funktionszone wird durch Einsägen tiefer Schlitze erstellt. Die entstehenden Hohlräume reduzieren die Wärmeleitfähigkeit der Hülle um die erforderlichen Dämmwerte zu erzielen. Diese Schlitze dienen auch dazu, die natürlichen inneren Spannungen abzubauen, die sich beim Quellen und Schwinden des Holzes ergeben. Im Profil verbleibt ein Rückgrat aus massivem Material, das aufgrund der Materialstärke eine strukturelle Verbindung ermöglicht (Abb. 2). Außen- und Innenflächen werden mit einer Schwalbenschwanzzinkenverbindung versehen, die eine luftdichte Verbindung erzeugt [3].

Abbildung 2: CNC-Verbindungen ermöglichen eine isolierende, luftdichte, strukturelle Gebäudehülle aus reinem Holz

Diese ist mit einer neuartigen Überlappungsverbindung mit tiefen Kanälen gekoppelt, die ebenfalls dazu beiträgt, die Luftdurchlässigkeit zu verringern und eine beigesteife Verbindung zu erzeugen. Die sich daraus ergebenden Elemente werden zu einer sehr präzisen Art von Blockhaus-Konstruktion zusammengefügt, die in vertikal ausgerichtete Rahmen gekippt wird, wodurch das Holz die Last effizient abtragen kann, da die Holzfasern entsprechend den Hauptspannungen ausgerichtet werden.
Durch die Zusammenarbeit mit Bauphysikern, Statikern und Holz-Verarbeitern in der frühen Phase der Systementwicklung konnte das Team gleichzeitig alle grundlegenden Anforderungen berücksichtigen. Bauphysiker halfen bei der Optimierung der Dämmschlitzabmessungen und -ausrichtung. Sie testeten auch physikalische Prototypen, um Lösungsvorschläge zu bewerten und Verbesserungen einzubringen. Tragwerksplaner halfen

bei der Entwicklung von Anschlussdetails, die entsprechend den erforderlichen baurechtlichen Vorgaben dimensioniert wurden und gleichzeitig den thermischen Anforderungen gerecht werden. Holz-Verarbeiter stellten sicher, dass die vorgeschlagenen Konstruktionselemente herstellbar waren, und berieten bei der Automatisierung von Fertigungsprozessen (Abb. 3).

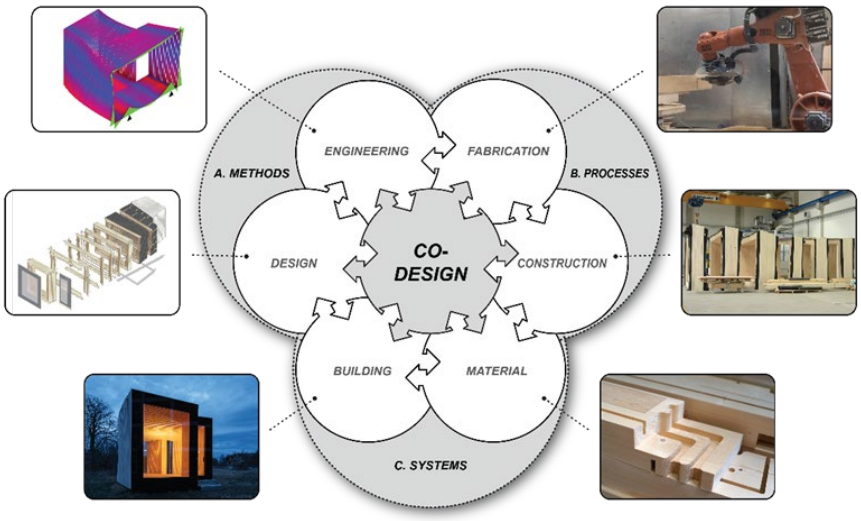


Abbildung 3: Co-Design integriert das Fachwissen von Designern, Ingenieuren und Herstellern, um den Architekturprozess zu optimieren.

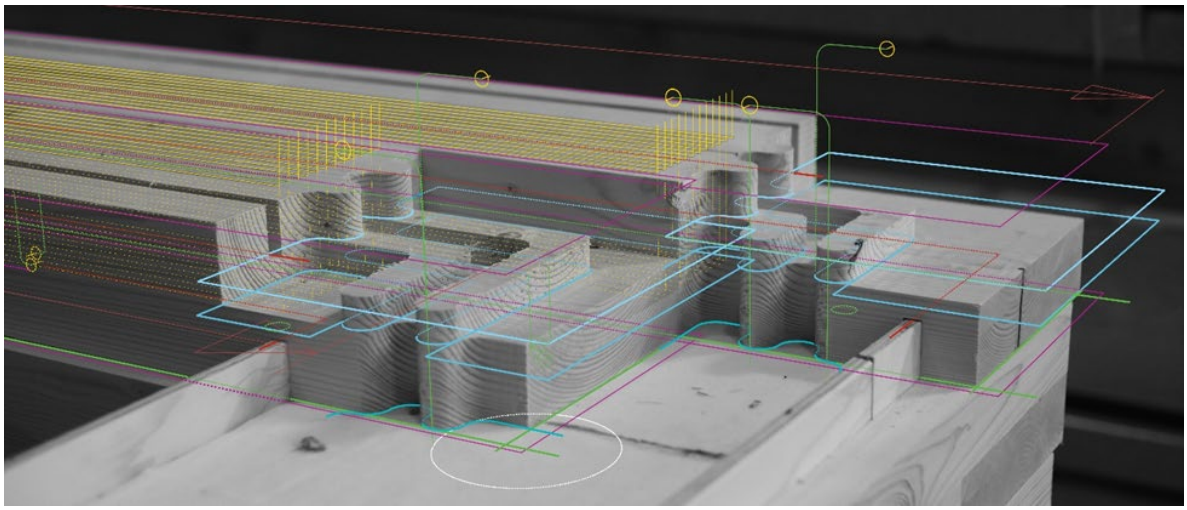


Abbildung 4: Berechnungsskripte ermöglichen eine nahezu sofortige Übersetzung von Freiformgeometrie in maschinenlesbaren Code

Die Automatisierung ermöglichte, nicht nur die Produktion effizienter zu gestalten, sondern auch den formalen Ausdruck des entstehenden Systems erheblich zu erweitern [4]. Alle robotergestützten Werkzeugbahnen, die zum Fräsen der Konstruktionselemente erforderlich waren, wurden durch rechnergestützte Algorithmen generiert (Abb. 4).

Die Verbindungen wurden mit einer gewissen Flexibilität in Bezug auf Gelenkwinkel und Platzierung entworfen. Dadurch konnten benachbarte Vollholzelemente relativ zueinander leicht versetzt und verdreht werden, was Regelflächen über die Länge eines Fassadenabschnitts ermöglicht und so gekrümmte oder wellenförmige Geometrie ohne Mehraufwand zulässt. Ein rechnergestütztes Entwurfswerkzeug ermöglichte die einfache Erstellung der Geometrie durch die Manipulation dreidimensionaler Kurven in einem digitalen Modell. Eine Fülle von Daten über die Struktur wurde automatisch generiert und ermöglichte eine sofortige Bewertung der vorgeschlagenen Architektur. Gebäude-Metriken erlaubten die Schätzung von Materialmengen und Baukosten. Die Geometrieanalyse gab Ingenieuren vereinfachte Modelle für die Strukturanalyse an die Hand. Die Ausgabe von maschinenlesbaren Werkzeugwegen ermöglichte die Erstellung von Komponenten-Prototypen und einen direkten Workflow vom Entwurf bis zur Fertigung.

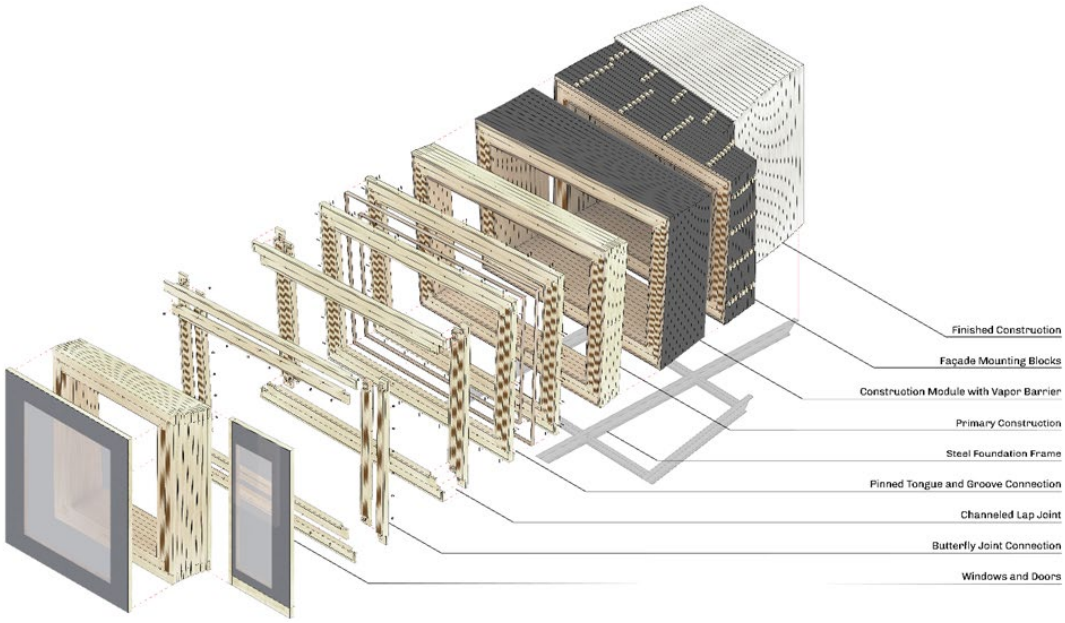


Abbildung 5: Berechnungsskripte ermöglichen eine nahezu sofortige Übersetzung von Freiformgeometrie in maschinenlesbaren Code

Das IBA: Timber Prototype House wurde als Mini-Haus entworfen, um die Machbarkeit und die architektonische Neuartigkeit des Konstruktionssystems zu demonstrieren. Das Haus wurde aus 464 Bauelementen hergestellt, die zu sechs Modulen vormontiert wurden, um zur Baustelle transportiert und dort innerhalb von zwei Tagen zusammengebaut zu werden. Der fertiggestellte Bau in Apolda ist ein Projekt der Internationalen Bauausstellung Thüringens. Es demonstriert die Prinzipien der IBA, die eine neue Art der Zusammenarbeit zwischen Planern, Industrie und Kommune fördern, indem sie die lokale Forstwirtschaft mit lokalen Verarbeitern und Gestaltern verbinden, um ungenutzte Land- und Stadträume zu aktivieren. Der einzigartige formale Ausdruck repräsentiert die versatile Formensprache des Systems und zeigt die Möglichkeiten des Co-Designs, eine kostengünstige Ressource in einem ansprechenden, leistungsstarken Gebäudehüllensystem zur Anwendung zu bringen. Das System wird derzeit im BBSR: ZukunftBau SWD-10.08.18.7-20 («Kostengünstige, Hochdämmende, schichtenreduzierte, sortenreine, klebstofffreie, digital gefertigte Holzmassivbauweise» weiterentwickelt, um seine Anwendung, Leistungsfähigkeit und Durchführbarkeit zu erweitern.)

Abbildung 6: Neben den Elementverbindungen wurde auch der Transport und die Montage von Gebäudemodulen berücksichtigt

3.2. Co-Design Fallbeispiel 2: BUGA Holzpavillon

Der BUGA Holzpavillon für die Bundesgartenschau in Heilbronn 2019 (Abb. 7) demonstriert neue Leistungsspektren genuin digitaler Holzbausysteme. Die segmentierte Holzschale spannt 30m über einen flexiblen Veranstaltungsbereich. Drei bogenförmige Öffnungen leiten die Besucher in das Innere der Kuppel. Trotz der großen Spannweite benötigt die Schale durch ein neuartiges Kassetten-Bausystem nur 38kg Holz pro Schalenfläche. Zudem wurde die Schale komplett Rück- und Wiederaufbaubar konzipiert und umgesetzt [5].

Abbildung 7: Der BUGA Holzpavillon spannt 30m frei über eine flexible Veranstaltungsfläche auf der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn.

Die Tektonik des Pavillons wird durch eine ausdifferenzierte Materialverteilung innerhalb der Schalenstruktur bestimmt: In Regionen mit großen Lastspitzen (wie zum Beispiel an den Segment-Verbindungskanten und den Kehlbögen) ist die Schale massiv ausgebildet, während die Segmente im inneren Bereich jeweils hohl sind [6]. Ermöglicht wird dies, indem jedes Segment aus zwei Platten hergestellt wird, die jeweils einen Ring aus Randbalken einfassen. Anders als bei zuvor realisierten Segmentschalen mit massiven Plattensegmenten (z.B.: Forstpavillon Schwäbisch Gmünd) wird also nicht nur die Form der Schale und deren Segmentierung, sondern auch das Innenleben jedes Segments durch lastangepasste Materialverteilung optimiert (Abb. 8).

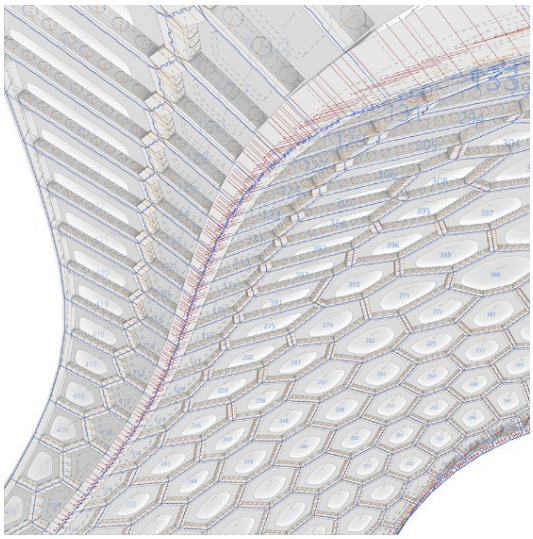


Abbildung 8: Digitales Gebäudemodell des BUGA Holzpavillons

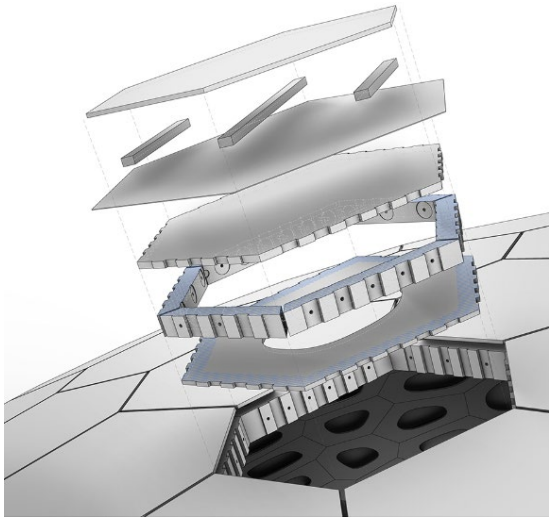


Abbildung 9: Hohlkassetten Bausystem

Der Balkenring der Kassette hat in diesem Fall nicht nur die Aufgabe Schubkräfte zwischen den Ober- und Unterplatten zu übertragen, sondern fungiert auch als Verbindungsschnittstelle zwischen den Kassetten: Die Ränder der Kassetten werden mittels gefrästen Fingerzinken form- und kraftschlüssig miteinander gekoppelt und mittels Bolzen auf Zug- bzw. Momentkräften verbunden. Hierfür werden Fingerzinken an den Rändern gefräst und Löcher im rechten Winkel zur Stoßfläche in beide Kassetten gebohrt. Erreichbar sind die Bolzen-Verbindungspunkte durch das Montageloch in der unteren Kassettenplatte, das

zugleich zur indirekten Beleuchtung dient und der Schale ihren charakteristischen, architektonischen Ausdruck verleiht. Die Höhe des Hohlraums der Kassette wurde so angepasst, dass sie ein möglichst ergonomisches Arbeiten zulässt. So kann eine reversible, biegesteife Verbindung zwischen den Kassetten hergestellt werden, welche nach der Montage des Weiteren nahezu unsichtbar ist.
Dieses Bausystem resultiert im Vergleich zu massiven Holzsegmentschalen bei gleichem Materialverbrauch in einer Verdreifachung der möglichen Spannweite. Allerdings erhöht sich auch die Komplexität der Fertigung um ein Vielfaches, z.B. durch die ca. 8-fache Anzahl an Bauteilen pro Schalensegment (Abb. 9). Die wirtschaftliche Umsetzung eines solchen Projektes ist daher nur möglich, wenn entsprechende Entwurfs- und Planungsmethoden in reziprokem Austausch mit Fertigungs- und Bauprozessen sowie Material- und Bausystemen entwickelt werden (Abb. 10). Durch diesen Co-Design Ansatz können u.a. Konstruktionsdetails in direkter Abstimmung mit der robotischen Fertigung durch einen digital vernetzen Prozess erzeugt werden. Dadurch ist mit der Definition robuster Schnittstellen zwischen den Domänen des Planungsmodells und der Robotersteuerung keine menschliche Übersetzungstätigkeit mehr erforderlich [7]. Vielmehr werden alle relevanten Informationen für die robotische Fertigung aus dem digitalen Modell automatisiert ausgelesen, die Fertigung automatisiert simuliert und die resultierenden Instruktionen in Form von Maschinencode direkt an die Fertigungsanlage geschickt. Nur durch diese direkte Anbindung von generativ interaktiv erzeugtem Gebäudemodell und robotischer Fertigung konnte die komplexen Bauelementfügungen und materielle Ausdifferenzierung des BUGA Holzpavillon effektiv umgesetzt werden.

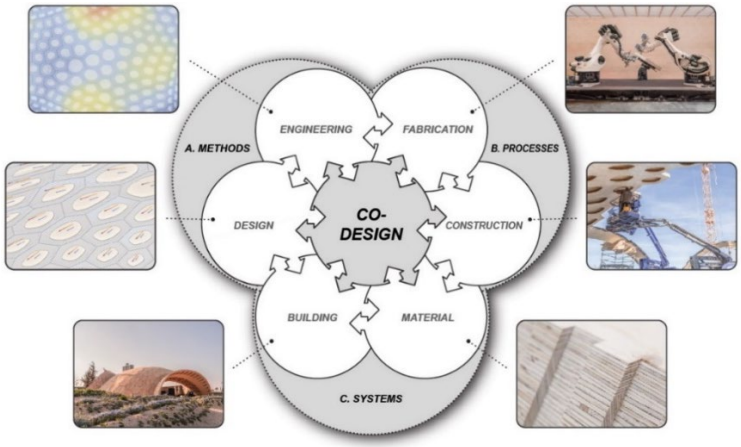


Abbildung 10: Planungsmethoden, Bauprozesse und Bausysteme werden im Rahmen von Co-Design parallel und in ständigem reziprokem Austausch entwickelt. So lassen sich von Beginn an digital gedachte Innovationen im Bauen umsetzen.

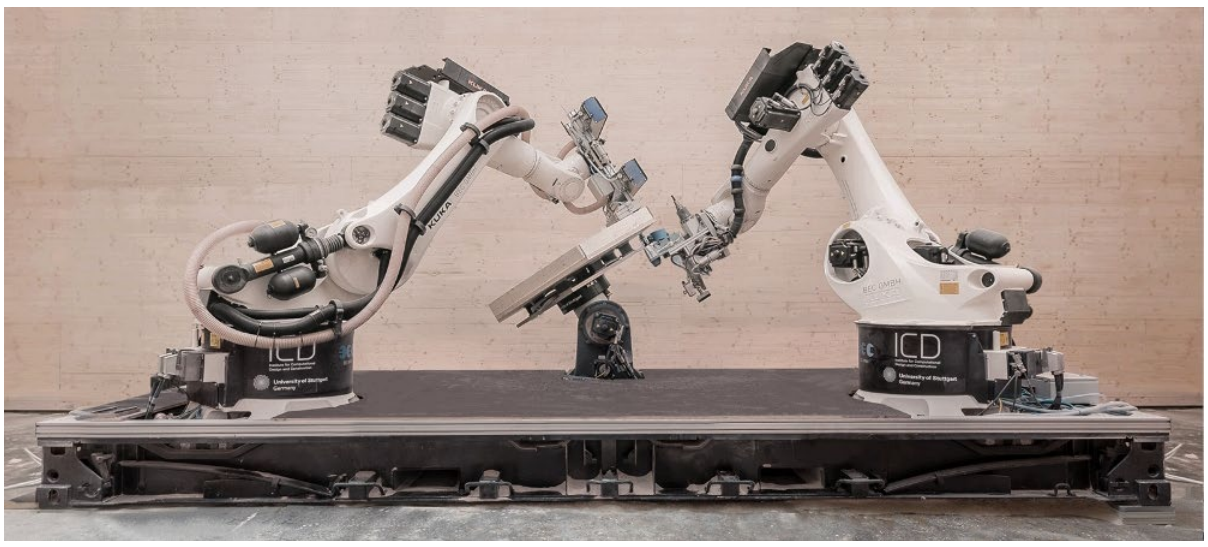


Abbildung 11: Vollautomatisierte Herstellung der Holzkassetten auf einer flexiblen, modularen und transportablen robotischen Fertigungsplattform [8].

Die robotische Fertigungsplattform [8] selbst stellt neben dem Bausystem eine weitere Innovation dar, die von dem Forschungsteam im Rahmen des BUGA Holzpavillons entwickelt wurde. Obwohl robotische bzw. maschinelle, digital gesteuerte Bearbeitungsmethoden im Holzbau keine Seltenheit sind, können vor allem additive bzw. fügende Prozesse weitgehend noch nicht digital umgesetzt werden. Dies liegt maßgeblich nicht an der Technik selbst (die dazu notwendigen Technologien sind schon seit Jahrzehnten bekannt), sondern an den heterogenen Arbeitsherausforderungen und der damit nicht trivialen, organisatorischen Rahmenbedingungen für robotische Fertigung im Betrieb von Holzbaufirmen. Nur ein kleiner Bruchteil des Bauvolumens kann durch strikt standardisierten Modul-Bau abgebildet werden. Mehr als 85% der Projekte im Hochbau werden vielmehr durch eine einzigartige Konstellation an Projektherausforderungen und Zielen definiert. Weiters fehlen in den Regionen der Betriebe oft die notwendigen Spezialkenntnisse. Dadurch konnte bisher robotische Fertigung im Holzbau nicht kommerziell betrieben werden.
Mit der für das Projekt entwickelten robotischen Fertigungsplattform TIM (Abb. 11) konnten die Projektpartner erfolgreich vorzeigen, wie eine modulare, transportable Fertigungsplattform projektbasiert in die Arbeitsumgebung eines Holzbauers integriert werden kann und dadurch Synergien sowohl mit den dort existierenden Maschinen (v.a. CNC Abbund), als auch dem traditionellen Handwerk erschlossen werden. Die Plattform wurde auf einem herkömmlichen ISO Container aufgebaut und besteht aus zwei vollständig integrierten Schwerlast-Industrierobotern. Sie ist leicht mit einem herkömmlichen LKW transportierbar.
Für etwas mehr als drei Monate wurde die Anlage bei dem Holzbaupartner MüllerBlaustein HolzBauWerke für die Fertigung der 376 einzigartigen Hohlkassetten des Pavillons betrieben. Die Kassetten wurden von der Plattform vollautomatisiert gefügt, geklebt und gefräst. Die Herstellung der Rohelemente (Platten und Balken) sowie die Endbearbeitung wurde in der existierenden Kompetenz des Holzbaupartners abgebildet.
Für die baurechtliche Konformität und den Aufbau vor Ort war vor allem die Qualität der Klebstoff-Fuge sowie der Fertigungsgenauigkeit relevant. Die Klebeverbindungen mittels 1K PUR bedurften Fugengenauigkeiten von unter 0.3mm. Die gefrästen Fingerzinken mussten so genau gefertigt sein, dass alle Kassettenstöße mittels Kontakt Druckkräfte übertragen können. Diese Qualitäten wurden konstant während des Fertigungsprozesses überwacht [9]. Die hohe Präzision und das geringe Gewicht der Elemente ermöglichten eine reibungslose, zügige Montage vor Ort im freien Vorbau (Abb. 12).

Abbildung 12: Aufbau der Hohlkassetten-Segmentschale im freien Vorbau.

3.3. Co-Design Fallbeispiel 3: Urbach Turm

Der Urbach Turm, geplant und gebaut im Sommer 2019 für die regionale Remstal Gartenschau, demonstriert einen neuartigen Ansatz zur Formgebung, in dem die natürlichen Eigenschaften des Werkstoffs Holz als Formungsmethode genutzt werden [10]. Die

markante, 14 m hohe, geschwungene Holzkonstruktion besteht aus Brettsperrholzbauteilen, die durch das starke hygroskopische Schwinden der einzelnen Holzbretter in Form gebracht wurden (Abb. 13).
Unerwünschte Verformungen und Risse durch die Trocknung von Holz sind Handwerkern und Zimmerleuten schon seit Jahrhunderten bekannt. Durch den Einsatz neu entwickelter Simulationsmethoden können eben jene Kräfte vorteilhaft genutzt werden, um Bauteile von einem flachen Ausgangszustand in einen stark gekrümmten Endzustand zu formen [11]. Auf diese Weise stellt die Herstellung des Turms ein radikales Umdenken bei den Entwurfs- und Formgebungsverfahren im Holzbau dar: Weg von der Anwendung mechanischer Press- und Formungsverfahren hin zu einem Prozess, bei dem Form und Geometrie direkt aus dem Material selbst hervorgehen, was eine neuartige Kombination von Eleganz und Effizient ermöglicht.

Abbildung 13: Die fertige Struktur des Urbach Turms, eine Hochleistungs-Holzkonstruktion aus selbstgeformtem, gebogenen Brettsperrholz.

Der Schlüssel zu dieser Konstruktion ist die Erfindung einer neuartigen Methode zur Selbstformung von zweischichtigen Holzplatten. Bei dieser Methode wurde ein Computermodell des Holzmaterials und der Holzmechanik verwendet, um die Krümmung der zweischichtigen Platten vorherzusagen und dann die Zusammensetzung von zwei senkrecht ausgerichteten Brettschichten mit zugewiesener Dicke, Hirnholzwinkeln und Ausgangsholzfeuchte zu optimieren. Auf der Grundlage dieser digitalen Informationen wurden Fichtenholzbretter aus der regulären Produktionslinie des Sägewerks ausgewählt und so sortiert, dass sie einen hohen Feuchtigkeitsgehalt (22 %) aufwiesen.

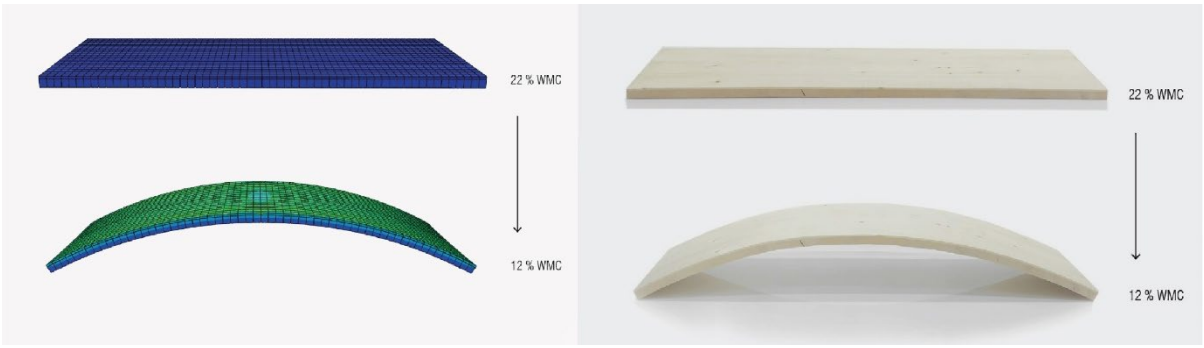


Abbildung 14: Die selbstformende Fertigung wird durch die Kombination eines digitalen Material- und Mechanikmodells mit physikalischen Tests im Labor und unter industriellen Bedingungen ermöglicht. Links - die Vorhersage der Formgebung im digitalen Modell. Rechts - Die Selbstformung einer Fichtenholz-Doppelschichtprobe von einer flachen zu einer gekrümmten Konfiguration durch Trocknen.

Die zweischichtigen Platten wurden dann aus diesen aktiven Holzbrettern und einer dünneren, passiven Sperrschicht laminiert, woraufhin die flachen Platten einem Standardtrocknungsprogramm unterzogen wurden, um den Feuchtigkeitsgehalt auf 12% zu senken. Durch die Trocknung der Platten wurde die vorhergesagte Krümmung auf autonome, aber kontrollierte Weise erzeugt (Abb. 14). Gruppen der selbstgeformten Platten wurden dann übereinander geschichtet und mit einer zusätzlichen dünnen, elastisch gebogenen Sperrschicht kombiniert, um größere, gekrümmte BSPH-Rohlinge (2,40 m Radius, 5 Schichten Fichten-CLT, 90 mm t) herzustellen. Auf einer 5-Achsen-CNC-Maschine wurden dann die individuellen Bauteile aus den Rohlingen herausgeschnitten und abgebunden. Die Bauteile wurden dann im Werk mit präzise gesetzten Kreuzschrauben zu Gruppen verbunden, bevor eine Abdichtungsschicht aufgebracht und eine Lärchenholzvorsatzschale angebracht wurde. Vor Ort wurden die vorgefertigten Gruppen an einem Arbeitstag zu dem Turmbau zusammengesetzt und ein Polycarbonatdach installiert.
Die Möglichkeit, BSPH wirtschaftlich und einfach zu stark gekrümmten Geometrien zu formen, wie auch die hochpräzise CNC-Bearbeitung der Verbindungsdetails, sind für die Entwicklung der leichten und materialeffizienten Struktur des Turms in einem integrativen Co-Design Prozess von wesentlicher Bedeutung (Abb. 15).
Die Konstruktion des Turms wird durch die Verschneidung von 12 Zylinderflächen definiert, die mit leichter Drehung und geneigter Achse angeordnet sind. Die daraus resultierende Innengeometrie bildet die gleichzeitig gekrümmte und gewellte Geometrie des Turms. Die Gesamtstruktur weist eine doppelt gekrümmte Geometrie auf, während die einzelnen Bauteile aus einfach gekrümmten Bauteilen mit vorteilhaft orientierten Primärfaserrichtungen hergestellt werden können (Abb. 16). In architektonischer Hinsicht dient die gekrümmte Holzkonstruktion zugleich als Raumabschluss und Tragwerk, und schafft so einen Ort der inneren Reflexion, in dem das Licht die sanften Krümmungen der fast textilartig wirkenden Wände entlangstreift, sowie eine markante, elegant gewundene Form, die für den Holzbau zunächst unerwartet erscheint und sich dennoch direkt aus den Eigenschaften des Materials ergibt [12].

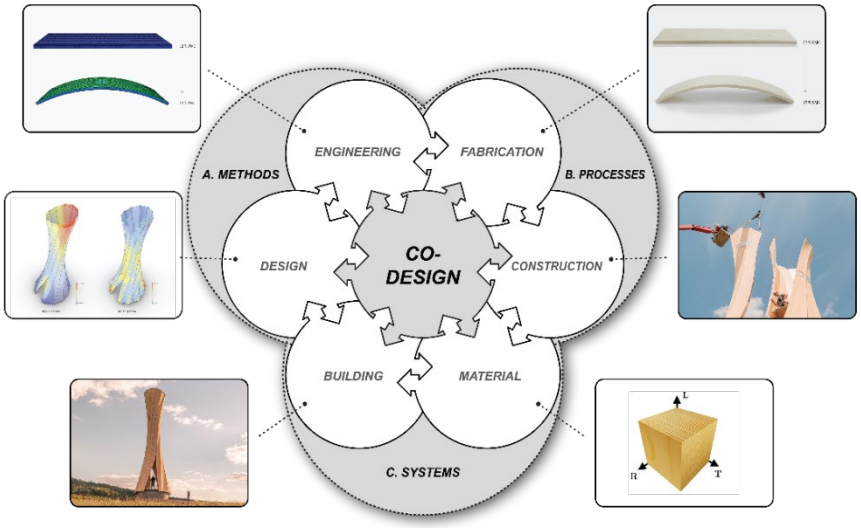


Abbildung 15: Co-Design des Urbach Turms, dass die Integration der Modellierung der Holzwerkstoffmechanik und neuartiger selbstformender Fertigungsverfahren in den digitalen Planungs-, Konstruktions- und Bauprozess verdeutlicht.

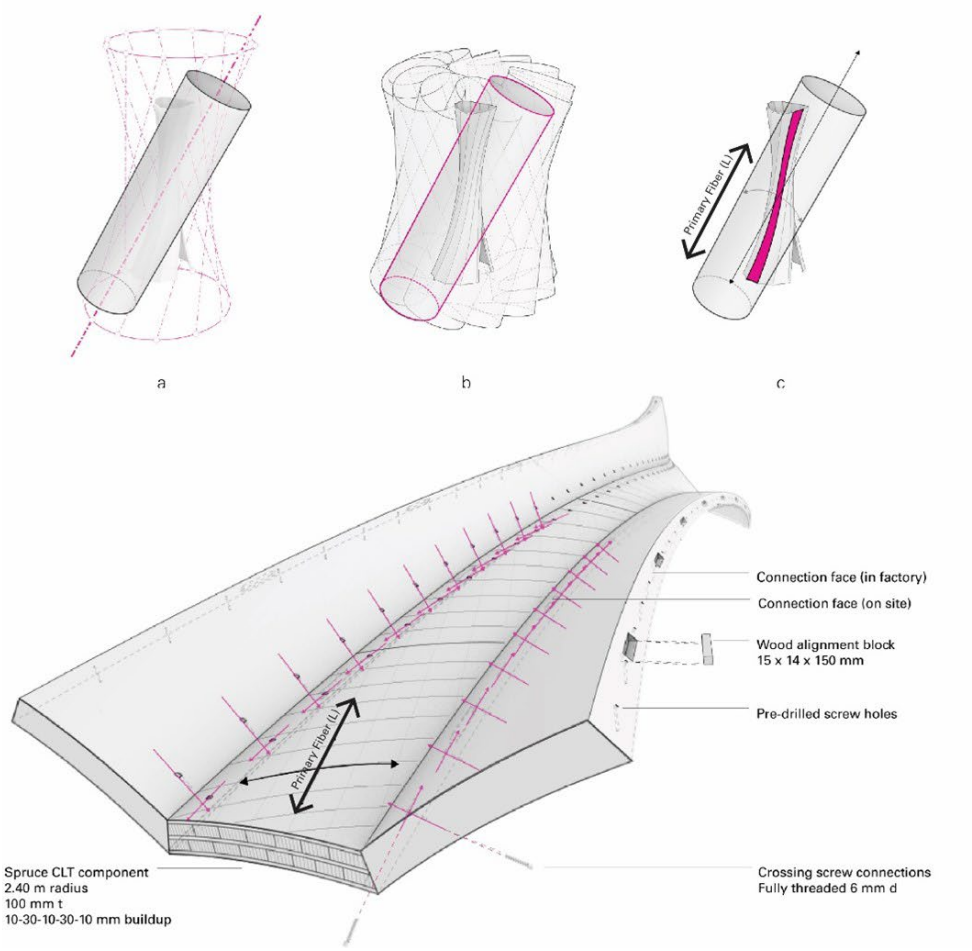


Abbildung 16: Geometrische und konstruktive Systeme für den Urbach Turm [12].

Abbildung 15: Montage der dünnschaligen, gebogenen Komponenten des Turms vor Ort.

Der Einsatz von digitalem Design, sowie dessen Erweiterung um neue Facetten der Holzwerkstoffkunde, der Bautechnik und des Fachwissens der Handwerker stellen einen Paradigmenwechsel in der Art und Weise dar, wie Holzwerkstoffe und ihre spezifischen Eigenschaften in den Bauprozess integriert werden können. Die neuen digitalen Entwurfs- und Selbstformungsmethoden tragen dazu bei, viele der traditionellen Hindernisse bei der

Herstellung von gebogenen Holzbauteilen zu überwinden. Sie ermöglichen eine stärkere Krümmung mit dickeren Lamellen, eine Verringerung der Rückstellkräfte, den Wegfall von Negativschalungen, eine geringere Menge an korrigierender Oberflächenbearbeitung und weniger Produktionsschritte [13]. Das integrierte Potential dieser Methode konnte nur durch das rigorose Überdenken des Produktionsprozesses, unter Rücksichtnahme eines tiefgehenden, digitalen Verständnisses des Materials, nutzbar gemacht werden [14]. In diesem Fall ist es nur durch die Entwicklung interdisziplinärer und industrieller Synergien möglich, neue und nachhaltige Methoden des digitalen Bauens zu entdecken.

4. Co-Design Ausblick: Forschung des interdisziplinären Exzellenzclusters IntCDC

Die drei vorgestellten Beispiele demonstrieren auf unterschiedliche Weise die Potenziale des eingangs beschriebenen Ansatzes von Co-Design im Holzbau und werden thematisch weitergeführt.
Die im Rahmen des IBA-Prototypenhauses entwickelte Gebäudehülle wird an eine mehrgeschossige Nutzung angepasst, die eine Reihe neuer Herausforderungen und konstruktiver Möglichkeiten mit sich bringt. Zu den Forschungspartnern gehören Experten für Zerspanungstechnik, Bauphysik, Akustik, Statik, Detailplanung und Brandschutz. Durch eine Reihe von Berechnungen, Simulationen und physikalischen Messungen sollen die bauphysikalische Leistung, die statische Leistungsfähigkeit und die Fertigungseffizienz verbessert werden, um ein wirtschaftlich tragfähiges Gebäudehüllensystem zu entwickeln. Die Forschungsarbeiten zielen darauf ab, das System für mehrstöckiges Bauen einsetzen zu können.
Das für die Bundesgartenschau entwickelte Leichtbausystem für Segmentierte Holzschalen wird in weiteren Bauwerken zum Einsatz gebracht und dafür kontinuierlich optimiert und an neue Fertigungskonzepte angepasst. Das System wird vor allem hinsichtlich Akustik, Wärmedämmung, Bauphysik und Kosteneffizienz weiterentwickelt – um einen breitgefächerten Einsatz in permanenten Gebäuden zu erleichtern.

Abbildung 18: Die neue modulare Fertigungsplattform im Einsatz im Larg Scale Construction Labor (LCRL) Waiblingen.

Das Plattformbasierte Konzept flexibler Vorfabrikation, dass MIT der TIM Plattform erstmals getestet wurde, ist im Rahmen des Exzellenzclusters IntCDC durch vier neue Module erweitert und dadurch eine vollumfängliche Modulare Modellfabrik entwickelt worden, die flexibel und projekt-basiert weltweit in existierenden Vorfertigungshallen betrieben werden kann. Anstatt Modularer Bausysteme stellt dieser Ansatz Modulare Fertigungsplattformen in den Vordergrund und soll damit dem Holzbau projekt-basierte Möglichkeiten zur digitalen Fertigung zu ermöglichen.

Auch die selbstformende Methode für stark gekrümmte CLT-Bauteile wird bereits für weitere, tragende Anwendungen erforscht, zum Beispiel für die Herstellung von Windkrafttürmen, Masten, gewölbten Dach- und Deckenkonstruktionen und gekrümmten Scherwänden, bei denen Holzwerkstoffe eine umweltfreundliche Alternative zu konventionellen geformten Materialien wie Beton oder Kohlefaserverbundwerkstoffen darstellen. Parallel dazu wird selbstformendes Holz als Methode der nächsten Generation der Fertigbauweise eingesetzt, bei der die Komponenten in flachen Konfigurationen hergestellt und transportiert werden und sich erst vor Ort selbständig formen können.
Übergreifend fließen Erkenntnisse aller hier beschriebenen Projekte in die Themenschwerpunkte des DFG Exzellenzclusters IntCDC an der Universität Stuttgart ein. Hier werden digitale und integrative Methoden, Systeme und Prozesse für den Holzgeschoßbau erforscht. Durch die Entwicklung von adaptiven, flexiblen, digital geplanten und gefertigten Holzleichtbau-Geschoßdeckensystemen sollen dem Holzbau hier neue Bautypologien eröffnet werden.

5. Referenzen

[1] J. Knippers, C. Kropp, A. Menges, O. Sawodny, and D. Weiskopf, «Integratives computerbasiertes Planen und Bauen: Architektur digital neu denken,» Bautechnik, 2021.

[2] O. Bucklin, H. Drexler, O. Krieg, A. Menges: 2018, Integrated Solid Timber: a Multi-Requisite System for the Computational Design, Fabrication, and Construction of Versatile Building Envelopes, in ACADIA – Recalibration: on Imprecision and Infidelity [Proceedings of the ACADIA Conference 2018], Universidad Iberoamericana, Mexico City, pp. 424-433. (ISBN: 978-0-692-17729-7)

[3] O. Bucklin, A. Menges, H. Drexler, T. Haag:2020, Development of a Mono-Material Wood Wall System: Activating Digitally Fabricated Air Cavities for High-Performance Solid Timber Construction. Technology|Architecture + Design 4:2 Matter (doi:10.1080/24751448.2020.1804760)

[4] O. Bucklin, A. Menges, O. Krieg, H. Drexler, A. Rohr, F. Amtsberg: 2021, Mono-Material Wood Wall: Digital Fabrication of Performative Wood Envelopes. Journal of Facade Design and Engineering, 9(1). (DOI: 10.7480/jfde.2021.1.5398)

[5] M. Alvarez et al., «The BUGA Wood Pavilion – Integrative interdisciplinary advancements of digital timber architecture,» in Ubiquity and Autonomy – 39th ACADIA Conference 2019, Austin, USA, 2019, pp. 490–499.

[6] D. Sonntag et al., «Lightweight segmented timber shell for the Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn,» in Form and Force: Proceedings of the International Association for Spatial Structures Annual Symposia 2019 Barcelona, 2019, no. October, pp. 1–8.

[7] H. J. Wagner, M. Alvarez, A. Groenewolt, and A. Menges, «Towards digital automation flexibility in large-scale timber construction: integrative robotic prefabrication and co-design of the BUGA Wood Pavilion,» Constr. Robot., vol. 4, no. 3–4, pp. 187–204, Dec. 2020.

[8] H. J. Wagner, M. Alvarez, O. Kyjanek, Z. Bhiri, M. Buck, and A. Menges, «Flexible and transportable robotic timber construction platform – TIM,» Autom. Constr., vol. 120, p. 103400, Dec. 2020.

[9] H. J. Wagner, S. Aicher, L. Balangé, U. Basalla, V. Schwieger, and A. Menges, «Qualities of the Unique: Accuracy and Process-Control Management in Project-based Robotic Timber Construction,» in World Conference on Timber Engineering 2021 – WCTE 2021, 2021.

[10] D. Wood et al., «From Machine Control to Material Programming: Self-Shaping Wood Manufacturing of a High Performance Curved CLT Structure – Urbach Tower,» in FABRICATE 2020: Making Resilient Architecture, London, UK, 2020, pp. 50–57. [Online]. Available: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10094460/1/Fabricate-2020.pdf

[11] D. Wood, Material Programming for Fabrication – Integrative Computational Design for Self-Shaping Curved Wood Building Components in Architecture: University of Stuttgart, 2021.

[12] L. Aldinger, S. Bechert, D. Wood, J. Knippers, and A. Menges, «Design and Structural Modelling of Surface-Active Timber Structures Made from Curved CLT - Urbach Tower, Remstal Gartenschau 2019,» in Impact: Design With All Senses, C. Gengnagel, O. Baverel, J. Burry, M. Ramsgaard Thomsen, and S. Weinzierl, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 419–432.

[13] S. Bechert, L. Aldinger, D. Wood, J. Knippers, and A. Menges, «Urbach Tower: Integrative structural design of a lightweight structure made of self-shaped curved cross-laminated timber,» Structures, vol. 33, pp. 3667–3681, 2021, doi: 10.1016/j.istruc.2021.06.073.

[14] P. Grönquist, D. Wood, M. M. Hassani, F. K. Wittel, A. Menges, and M. Rüggeberg, «Analysis of hygroscopic self-shaping wood at large scale for curved mass timber structures,» Science Advances, vol. 5, no. 9, eaax1311, 2019, doi: 10.1126/sciadv.aax1311.

6. Danksagung

Die hier vorgestellte Forschung wird teilweise gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC 2120/1 – 390831618

[i] Die hier dargelegte Bedeutung der zwei Begrifflichkeiten basiert auf einem der treffendsten Texte zu deren Abgrenzung im Kontext digitaler Entwurfs- und Planungsmethoden: Terzidis, Kostas: *Algoritmic Architecture*; Elsevier Architectural Press, Oxford, 2006, S. XI.

[ii] Eine historische Herleitung und differenzierte Darlegung von *Computation* in Wechselwirkung mit architektonischem Entwurfsdenken anhand ausgewählter Texte von 1806 bis 2010 findet sich in unserer Schriftensammlung: Menges, A., Ahlquist, S. (eds.): 2011, *Computational Design Thinking*, John Wiley and Sons, London.

[iii] Eine kompakte technische und konzeptionelle Darlegung von *Computational Construction* ist zum Beispiel folgendem Text zu entnehmen: Menges, A.: 2015, *The New Cyber-Physical Making in Architecture – Computational Construction*, Architectural Design, Vol. 85 No. 5, Wiley, London, S. 28-33.

[iv] Diese Einführung ist angelehnt an die generelle Darlegung in: Menges, A.: 2018, Digitalisierung und Normierung, in ARCH+ 233: Norm-Architektur, ARCH+, Berlin, pp. 110-111.

Zwischen Tradition & Hightech

Søren Linhart
Seiler Linhart Architekten
Luzern, Schweiz

Zwischen Tradition & Hightech

1. Einleitung

Der Titel des Vortrags nimmt Bezug auf das aktuelle Spannungsfeld zwischen den zwei Polen im zeitgenössischen Holzbau – das traditionelle, handwerkliche Bauen mit Holz auf der einen Seite und die heutigen hochtechnologischen Möglichkeiten auf der anderen Seite.
Der Vortrag beleuchtet einerseits das jahrhundertalte Wissen im Umgang mit Holz als Baustoff und zeigt an eigenen ausgewählten gebauten Projekten mit verschiedener Nutzung auf, wie dieses handwerkliche Wissen gepaart mit den heutigen innovativen Produktionsmethoden zu zeitgenössischen Holzbauarchitektur führen kann.

Abbildung 1: Kollegiumsgärtnerei, Sarnen

2. Ort und Ressourcen

Die Auswahl der gezeigten Projekte befinden sich im Raum Innerschweiz, Kanton Obwalden. Diese ländliche Region ist durch ihre voralpine Topographie und den grossen Waldanteil charakterisiert. 41% der gesamten Kantonsfläche ist bewaldet. Das entspricht einer Gesamtfläche von 20´000 ha. Der anteilsmässig grösste Baumbestand ist Fichte mit 63%, danach mit 18% Buche und 9% Weisstanne.
Es gibt in der Region eine lange Tradition in der Forstwirtschaft. Diese geht bis auf das 12.Jhd. zurück. Schon damals wusste man das dauerhafte Holzqualität abhängig ist von: der richtigen Auswahl der gewachsenen Bäume, zweitens der Holzernte zum richtigen Zeitpunkt im Jahr und drittens der richtigen Lagerung, Trocknung und Verarbeitung des Holzes.

Die Verwendung von Mondholz hat Tradition in der Region. Bei abnehmendem Mond geerntet (Winter um Weihnachten oder März), hat das Holz mehr gebundenes Wasser in seinem Inneren. Das heißt, bei der Trocknung zieht es sich stärker zusammen und schwindet geringfügig mehr. Dadurch wird das Holz dichter, druckfester und auch abwehrender gegen eindringende Pilze, gegen Insekten oder gierig fressende Flammen. (Studie ETH Zürich 2003, Prof. Ernst Zürcher)
Holz als Baustoff hatte Einfluss auf die lokale Architektur. Lokaltypische Hausformen zeichnen sich durch zwei bis drei Geschosse in Holz und einen massiven, gemauerten Sockel aus. In der Regel haben die Gebäude zudem traufseitig zwei Lauben, Holzläden (Schwingflügel oder Zugflügel) und weit auskragende Satteldächer.

Abbildung 2: Traditionelles Obwaldner Bauernhaus

3. Werkhalle Küng Alpnach, 2009-11

Am Siedlungsrand direkt neben dem Militärflugplatz wurde eine längliche Werkhalle, die 38 mal 78 Meter misst entworfen. Die Grösse sieht man ihr nicht an, da die Fassade den Massstab geschickt herunterbricht. Unten ist sie – als Hommage an die Holzbautradition – mit riesigen Schindeln verkleidet, die übereck genau verzahnt sind. Darüber ragen CNC-gefräste Holzlamellen schräg bis zur Traufe und kaschieren, dass das Dach etwa zwei Meter weit auskragt, um die sägerohen Schindeln vor der Witterung zu schützen. So denken die Architekten vom Material und der Geschichte her und schreiben sie munter weiter.
Die Werkhalle ist ein konventioneller Skelettbau und nicht mit dem eigenen System «Holz pur» umgesetzt. Zu gross sind die Dimensionen der Halle, die zudem eine Produktion des Vollholzsystems erst ermöglicht. Filigran zulaufende Fachwerkträger aus Brettschichtholz überspannen sie in Querrichtung und lagern auf schlanken Stützen. Drei Oberlichter fluten den Raum mit Nordlicht. Fotovoltaikpaneele auf dem Dach ernten einen Grossteil des Stroms, der die Maschinen antreibt, sind aber wegen der Dachschräge nur von Weitem sichtbar. Und die beim Sägen und Fräsen entstehenden Abfälle versorgen die benachbarte Holzschnitzelanlage, die Wärme erzeugt.
Das Holz spricht für sich, auch im Inneren. Alles im Gebäude ist aus unbehandeltem massivem Tannen- und Fichtenholz konstruiert. Die Tragstruktur, die Fassade, die Tore, die Fenster, ja sogar der Balken, auf dem der Kran durch die Halle rollt. Wo nicht anders möglich kommt Metall zum Einsatz, zurückhaltend grau gestrichen. Ökologisch heisst regional: Das Holz stammt aus dem Kanton, ebenso der Beton für die Bodenplatte oder die Abdichtung auf dem Dach.

Abbildung 3: Längsfassade Werkhalle

Abbildung 4: Innenraum mit Produktionsstrasse

4. Haus Hunkeler Sarnen, 2015–18

1722 errichtete der Jesuitenpater Dr. Johann Baptist Dillier unweit vom Sarner See ein Schul- und Wohnhaus für die Studenten des Seminars. Dieses historisch bedeutende Haus wurde während des 19. – und 20. Jahrhundert wiederholt umgebaut und erweitert. Der nun realisierte Umbau des denkmalgeschützten Gebäudes (Kulturobjekt von lokaler Bedeutung) klärt die innere Gebäudestruktur des Hauses, baut den wenig substanziellen, im 20.Jahrhundert erstellten Anbau zurück und erweitert das Haus nach Süden mit einer neuen hölzernen Raumschicht. Diese fügt mit einem grosszügigen Küche- und Esszimmer, sowie einer Loggia im Obergeschoss und einem Schlafzimmer mit Bad und Waschküche im Erdgeschoss die zusätzlich notwendigen Räume für eine zeitgenössische Wohnnutzung hinzu. Der Umbau entstand unter dem Motto der «ergänzenden Wiederherstellung». Dabei ging es weder um eine spurenverwischende Restitution, noch um eine pathetische Alt-Neu-Rhetorik und auch nicht um eine detailverliebte Fragmentierung räumlicher Einheiten. Das Ziel war es in der Logik des Gebäudes selbstverständlich «Weiterzubauen». Trotz der vorhandenen Varietät von Formen und Oberflächentexturen bleiben die Eingriffe untereinander verbunden.

Abbildung 5: Alt und Neu

Abbildung 6: Offene Küche

5. Das Mondhaus Alpnach, 2015–18

Optisch wurde das Projekt an die historischen Innerschweizer Holzhäuser angelehnt, für die das Schönenbühlhaus im Alpnacher Ortsteil Schoried aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts ein Beispiel ist. Charakteristisch sind der murale, z. T. in den Hang eingetiefte Sockel, das blockhafte Holzvolumen mit giebelständigem Satteldach, die auf konkav unterschnittenen Konsolen ruhende Dachauskragung und schließlich die seitlichen Lauben als Pufferzonen zwischen innen und außen. Wurden die historischen Gebäude zunächst als Blockbauten und später mit einer außen verschindelten Ständerkonstruktion errichtet, so verwendeten die Architekten die Holzpur-Elemente in ihrer massiven Vollholz-Ausbildung, also ohne Dämmung sowie innen und außen mit je einer Lage aus Weißtannenbrettern. Die nach Osten orientierte Stirnseite ist viergeschossig ausgebildet: Zuunterst der Betonsockel mit Garagentor und Kellerzugang, darüber die beiden Hauptgeschosse und zuoberst die Räume unter dem Dach. Zu den Horizontalen der Bretter treten die plastisch hervortretenden Vertikalen, welche die Raumaufteilung im Inneren andeuten, die Fenster sind gleich groß, im Bereich der Küche im EG zu einer Dreiergruppe gereiht und mit hölzernen Verdunklungen versehen, die sich im geöffneten Zustand hinter den Wandfeldern unterhalb der Fenster verbergen. Bei Bedarf werden sie auf Knopfdruck an Fahrradketten aus den Taschen nach oben gefahren – und können manuell nach vorne ausgeklappt und mit Metallstangen fixiert werden.

Die Brüstungsfelder sind ringsum mit repetitiven Ornamenten versehen; auch bei den historischen Gebäuden der Umgebung finden sich immer wieder Schnitzornamente in zurückhaltender Form. Der aus dem nahen Kriens stammenden Künstler René Odermatt hat Elemente aus den Familienwappen des Besitzerpaares separiert, in Holz geschnitzt und daraus fünf verschiedene iterative Muster entwickelt, die dann mit der CNC-Fräse auf die Bretter übertragen wurden.

Beim Betreten des Hauses über den Haupteingang unterhalb der auskragenden Laube in der Mitte der nördlichen Längsseite stößt man auf eine Stampflehnwand, die das Vestibül nach hinten begrenzt. Sie ist Teil des zentralen Erschließungskerns aus Stampflehn; dieser zieht sich durch alle Geschosse und wurde vollständig aus dem Material des Aushubs erstellt. Für die Realisierung holte man sich als Spezialisten den Vorarbeiter, der vor wenigen Jahren für Herzog & de Meuron und Martin Rauch das Kräuterzentrum in Laufen realisiert hat. Als reines Naturmaterial tritt Stampflehm zum Holz der Wände und stellt eine ideale Ergänzung des Materialkonzepts dar, bei dem konsequent auf chemische Zusatzstoffe, hybride Materialien und auch auf Stahl verzichtet wurde. So verwendeten die Architekten bei der Armierung des Betonsockels Bambus, und die Holzpur-Elemente werden grundsätzlich nur mit Holzdübeln versehen, die zunächst zusammengepresst in die Bretterlagen eingeführt werden und dann aufgrund leichter Befeuchtung aufquellen.

Im Bad kam an den Wänden Tadelakt, ein wasserresistenter marokkanischer Kalkputz, zum Einsatz, der Boden ist dort wie im Eingangsbereich mit Kasein gespachtelt. Außerdem nutzte man Kastanienholz für die Türen und Fenster sowie Eiche an der witterungsexponierten Grenze zwischen Sockel und Wandaufbau. Zur Heizung des gesamten Hauses reicht der Stückgutofen aus, der direkt an den Stampflehmkern angebaut ist und mit seinem Kamin wirkungsvoll als vertikale Dominante im Innern bis unter das Dach sichtbar ist. Stampflehm und Holzwände fungieren in idealer Weise als träge

Speichermasse, sodass es gelingt, mit einem Verbrauch von sechs Ster Brennholz über den Winter zu kommen.

Die Materialien sind in ihrer Struktur und Farbigkeit hervorragend aufeinander abgestimmt. Zurückhaltung, Modernität, Schlichtheit, ja Eleganz. Und nicht zuletzt ein räumliches Konzept, das durch den frei gestellten Kern in der Mitte und die zu den Ecken hin orientierten Wohnräume erstaunliche Grosszügigkeit atmet, zumal der informelle Wohnraum zwischen den Kinderzimmern im ersten OG sich zweigeschossig nach oben hin aufweitet.

Abbildung 7: Südfassade mit zweigeschossiger Laube

Abbildung 8: Westfassade mit hölzernen Zugläden

6. Bürohaus Küng Holzbau Alpnach, 2017–20

Der neue Firmensitz der Firma Küng in Alpnach ist Statement und Leistungsschau. Filigrane Lauben umhüllen den viergeschossigen Bau. Der Takt der Zugstangen gliedert die Fassaden. Das Hängewerk aus Eichenholz ist gesteckt und verdübelt, bloss die Bohlen sind aufgeschraubt. Die zwanzig Projektleiter, die in ihren Einzelbüros zeichnen und telefonieren, können mit Blick auf den Pilatus und das Stanserhorn Luft schnappen. Vor allem aber dienen die hölzernen Kränze als Wetter- und Sonnenschutz, der je nach Himmelsrichtung schmaler oder breiter ist und von oben nach unten abnimmt. Storen braucht das Haus nicht. Hinter den Lauben liegen armdicke Vollholzwände aus verdübelten Brettern.
2010 liess die Korporation Alpnach, der das Gewerbeareal und die lokalen Wälder gehören, einen rudimentären Gestaltungsplan erarbeiten. Auf der ersten Etappe steht ihr Holzheizwerk, das rund 650 Wohnungen und zwanzig Gewerbebetriebe wärmt. Auch die Werkhalle von Küng, die auf der zweiten Etappe steht, und das neue Bürohaus sind angeschlossen. Gegenüber parkiert ein Landmaschinenhändler seine Ware. Hier, zwischen Autobahn und Wiesenlandschaft mit Kläranlage, könnte man das Haus auch ein paar Meter verschieben. Nichts wäre anders. In diesem Kontext ist das Haus ein Stilbruch. Er beginnt mit dem ersten Schritt vom Kiesboden auf eine aufgeraute Betonplatte. Vor der Tür streift man den Dreck der Schuhe an hölzernen Vierkantstäben ab. Auf die bessere Fussmatte folgt das Entrée, dessen Detailreichtum einer Villa Genüge täte: Die Mitte des Raums ist doppelgeschossig. Seitlich stehen die Empfangstheke und ein Besprechungstisch unter den Sitzungszimmern im ersten Obergeschoss. Schlanke Holzstäbe filtern den Blick hinab. Den Boden aus Sumpfkalk stampften die Mitarbeiter an drei Samstagen selbst aus dem Aushub. Der sandgestrahlte Betonkern integriert einen Kamin und einen Einbauschrank aus dunkel geölter Eiche.
Die Büros in den Obergeschossen sind schlichter, aber durchdacht. Über nichttragenden Holzwänden sorgen Fensterbänder für ein offenes Raumgefühl. Aus einem eigens entworfenen Stecksystem können sich die Projektleiter eine Möbelwand bauen. Die Schreibtischplatten reichen von der Fassade bis zur Korridorwand. Weil einige sitzen, andere aber stehen wollen, befestigten die Architekten die Holzplatten an seitlichen Schienen.
Fast alles Holz stammt aus Obwaldner Forsten. Einzig die helle Weisstanne, die alle Innenwände bekleidet, kommt aus dem Emmental. Zwischen den Fenstern ist sie sägeroh, im Band darüber geschliffen.
An einem Strang zu ziehen, erlaubt manches Experiment. Im Bürohaus ist es die Decke – eine ungerichtete Konstruktion im beinahe quadratischen Bau. Pro Geschoss liegen vier Elemente übereck. Es sind Gitterträger aus Buchenbrettern, allerdings ist nur die mittlere Lage durchgehend. Darunter nehmen die Hohlräume Lampen, Sensoren und Akustikeinlagen aus Naturwolle auf. Darüber sorgt eine Kalkschüttung für die nötige Trittschalldämmung. Unter den Quadraten der Decke merkt man, wie akribisch alles geplant ist: Das 15 Zentimeter breite Buchenbrett ist der Taktschlag sämtlicher Räume und Achsen, mit dem auch die äusseren Lauben harmonieren.
Selbst das Treppenhaus ist eine thematisch und funktional aufgeladene Welt. Im hölzernen Bau ist sie ein willkommener Kontrast. Helles, glatt geschliffenes Holz trifft auf dunklen, sandgestrahlten Beton, orthogonale Tektonik auf die polygonale Mitte.
Aussen integriert der Kern Einbaumöbel aus Eiche, innen die Haustechnik. Auf dem Dach kommen die Leitungen zusammen, versorgt in einer nachtblau gestrichenen Laterne, die das Licht vom Treppenhaus ins Dachgeschoss lenkt. Hier präsentiert der Holzbauer seine Produkte in einer Ausstellung.

Abbildung 9: Vollholzkonstruktion mit schützender Laubenschicht aus Eiche

Abbildung 10: Zweigeschossige Eingangshalle

7. Hauptsitz OKB Sarnen, 2018–21

Das Areal nördlich des Dorfzentrums von Sarnen, zwischen dem Gewerbegebiet Feld, dem Wohnquartier Bünten und dem Bahnhof Sarnen Nord, soll sich in den kommenden Jahren zu einem neues lebendigen Arbeits- und Wohnquartier entwickeln.
Der Neubau Hauptsitz der Obwaldner Kantonalbank bildet den Anfang dieser langfristig angedachten Siedlungsentwicklung in Sarnen Nord. Es ist an der Schnittstelle zwischen Kägiswilerstrasse und der neuen Quartierstrasse «Im Feld», im Übergang zwischen dem kleinmassstäblichen, durchgrünten Wohnquartier und den grossmasstäblichen Gewerbe- und Dienstleistungsgebäuden platziert.
Mit seiner Positionierung und seiner Dimension versucht das fünfgeschossige Gebäude sowohl zwischen diesen beiden angrenzenden Quartieren zu vermitteln, wie auch seiner zukünftigen Nutzung entsprechend Präsenz zu erlangen. In naher Zukunft sollen auf dem Baubereich der Obwaldner Kantonalbank weitere Gebäude folgen und zusammen mit dem Hauptsitz ein Ensemble mit attraktiven Arbeits,-Wohn- und Freiräumen bilden.
Nach Aussen tritt das neue Bankgebäude als kräftiger, plastischer Baukörper in Erscheinung. Das Fassadenbild, eine fein gegliederte, dunkle Holzverkleidung und ein robuster Betonsockel im Erdgeschoss soll Ausdruck für Beständigkeit, Regionalität und Vielfalt sein. Die beiden Kundengeschosse und die darüber liegenden drei Mitarbeitergeschosse unterscheiden sich der Nutzung entsprechend auf subtile Weise in der Detailierung der Holzfassade, in der Gestaltung der Fenster und des Sonnenschutzes.
Die im Innern des Gebäudes sichtbar belassene Holzkonstruktion ist das entwurfsbestimmende und identitätsbildende architektonische Element. Um den in der Mitte des Gebäudes positionierten Erschliessungskern in Beton ist ein Stab-Tragwerk mit Stützen und Unterzügen aus ausschliesslich lokal gewachsenen und verarbeiteten Eschen- und Fichtenholz angeordnet. Darin sind Wände in einer Leichtbau-Konstruktion eingestellt, welche die verschiedenen Räume ausbilden. Zwischen den sichtbaren Unterzügen der Rippendecken sind die haustechnischen Einbauten platziert.
Das gewählte Tragwerkssystem führt zu einem optimierten Materialverbrauch, sowie zu einer maximalen Flexibilität bezüglich zukünftigen Nutzungen.
Ein zentraler architektonischer Entscheid wurde mit dem Projektziel der «Gewinnung und Veredelung von lokalen Baumaterialen» getroffen. Der steinige Bodenbelag in der Eingangshalle und den beiden Treppenhäusern wurde aus einer Gesteinsmischung (Brekzie) aus Giswiler Flusskies verarbeitet.
Der Bankkunde betritt das Gebäude der OKB direkt ab der neuen Erschliessungsstrasse «Im Feld». Über einen grosszügigen Kundeneingang gelangt man in die zentrale, zweigeschossige und in Holz ausgeschlagene Empfangshalle mit direktem Kontakt zum Empfang und den Beratungstheken. Hier wird man in Empfang genommen, zu einem Termin in eines der Besprechungszimmer im EG oder 1.OG geführt, gelangt zum Kundentresor oder in den Mehrzweckraum.
Die in den darüber liegenden drei Geschossen angeordneten Mitarbeiterräume werden durch separate Eingänge im Erdgeschoss und der Tiefgarage erschlossen.
Transparente Raumabschlüsse, Boden und Deckenverkleidungen aus Eschenholz und Textil und ein begrünter Innenhof erzeugen für die Arbeitsplätze eine spezifische atmosphärischer Qualität. Insbesondere der rund zehn Meter hohe Innenhof prägt diese räumliche Eigenständigkeit und erlaubt zudem eine zusätzliche innere natürliche Belichtung der Arbeitsräume.
Die spezifische Bepflanzung im Innenhof wird von der regionalen Landschaft abgeleitet. Eine Mooslandschaft als Anspielung an eines der grössten und eindrücklichsten Hochmoor-Landschaften der Schweiz im Glaubenberg und Hängepflanzen in Anlehnung an die überwachsenen Felsenhänge und Waldränder am Brünig bilden die Referenzen für die Grüngestaltung des Innenhofes.

Abbildung 11: Eingangsfassade

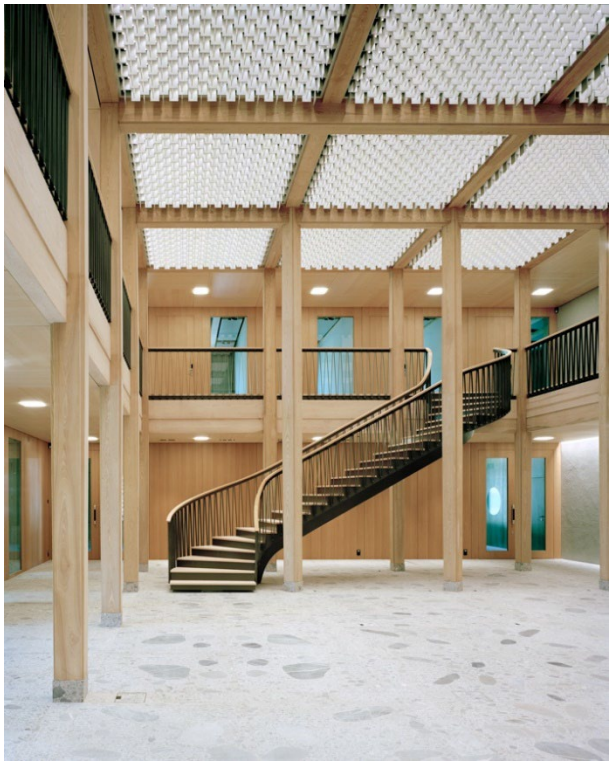


Abbildung 12: Zweigeschossige Kundenhalle

IHF-Prolog II

Fertigbau-Forum

Marktveränderungen in der
Wertschöpfungskette Holzbau.
Wie wird sich der
Holz(haus)bau verändern.

Cooperate or die – Eine Warnung an die Bau- und Zulieferindustrie

Jochen M. Wilms
W Ventures GmbH
Berlin, Deutschland

Cooperate or die – Eine Warnung an die Bau- und Zulieferindustrie

1. Die Dominanz der internationalen Plattform-Geschäftsmodelle

Das Thema Digitalisierung bestimmt trotz aller tagesaktuellen Nachrichten die tägliche grundsätzliche Diskussion. Es gehört mittlerweile zur Tagesordnung, dass renommierte Unternehmen von der Bildfläche verschwinden. Gleichzeitig werden die Schlagzeilen in den Finanznachrichten von sogenannten «Einhörnern» mit Unternehmensbewertungen in Milliardenhöhe dominiert. Mehrere hundert Einhörner soll es weltweit geben und jeden Monat werden es mehr. Nicht immer sind die Bewertungen gerechtfertigt, wie es sich zum Beispiel bei «WeWork» zeigte. Und die aktuelle Wirtschaftssituation hat zu erheblichen Korrekturen geführt bei den Unternehmensbewertungen. Grundsätzlich aber haben digitale Unternehmen die Führung in wesentlichen Industriebereichen übernommen. Und Covid-19 diente dabei in den letzten Jahren noch als Verstärker. Digitale Unternehmen übernehmen auf vielen Ebenen die Führung. Dies betrifft nicht nur die Interaktion zwischen Marken und deren Kunden, sondern auch die Prozesse und Interaktionen innerhalb der Unternehmen. Wenn die tradierten Unternehmen sich nicht in aller Radikalität, Entschlossenheit und Konsequenz mit dem Thema Digitalisierung auseinandersetzen, werden sie in kürzester Zeit keine Chance mehr haben. Die Olin School of Business prognostiziert, dass 40% aller heute führenden Unternehmen in zehn Jahren nicht mehr existieren werden.

Vor fünf Jahren hießen die wertvollsten Unternehmen der Welt Exxon oder Shell. Heute sind unter den Top Ten Unternehmen zahlreiche digitale Unternehmen. Die UNO hat mit dem Digital Economy Report eine umfassende Studie zum Internet und zur Digitalwirtschaft vorgestellt. Besorgniserregend: Die USA und China haben 90% Marktanteil an der digitalen Wertschöpfung. Es gibt sieben Superplattformen, keine davon aus Europa: Microsoft, Apple, Amazon, Google, Facebook, Tencent & Alibaba.

Und was haben diese Unternehmen gemeinsam – außer der (auffälligen) Tatsache, dass viele Namen mit «A» anfangen? Es sind Unternehmen, gegründet in der «New Digital Economy», mit einer digitalen DNA, mit Plattform-basierten Geschäftsmodellen, die das Angebot und die Steuerung von Assets und Services auf eine radikale Art neu definieren und disruptive am Markt durchgesetzt haben. Voraussetzung für diese Entwicklung war eine einfache, performante und intuitive Nutzung mit mobilem Access zu Inhalten und Services durch entsprechende Technologien. Digital Devices wie IPhone, IPad oder Laptop werden durchschnittlich mehr als 6 Stunden/Tag benutzt.

In vielen wesentlichen Branchen werden wir mittlerweile von US-Unternehmen dominiert, und das mit einer Dramaturgie, die noch vor wenigen Jahren unvorstellbar erschien. Denken Sie nur an die Marktmacht von Amazon im Einzelhandel. Und dies ist nur der Anfang! In den nächsten Jahren werden Plattformen in Europa, auch im Bereich der B2B Industrien, ihren Markteintritt umsetzen.

Was aber passiert bei den deutschen oder europäischen Unternehmen? Vereinzelt gibt es digitale Startups, die es geschafft haben, sich international zu behaupten. Oder das ein oder andere etablierte Old Economy Unternehmen, das den Move zu digitalen Geschäftsmodellen, zumindest die ersten Schritte, geschafft hat. Aber das ist die Ausnahme von der Regel.

Nur wer es versteht, Wertschöpfungsstufen übergreifender Plattformen aufzubauen oder diese für seine eigenen Zwecke nutzen kann, wird sich erfolgreich in der digitalen Welt behaupten.

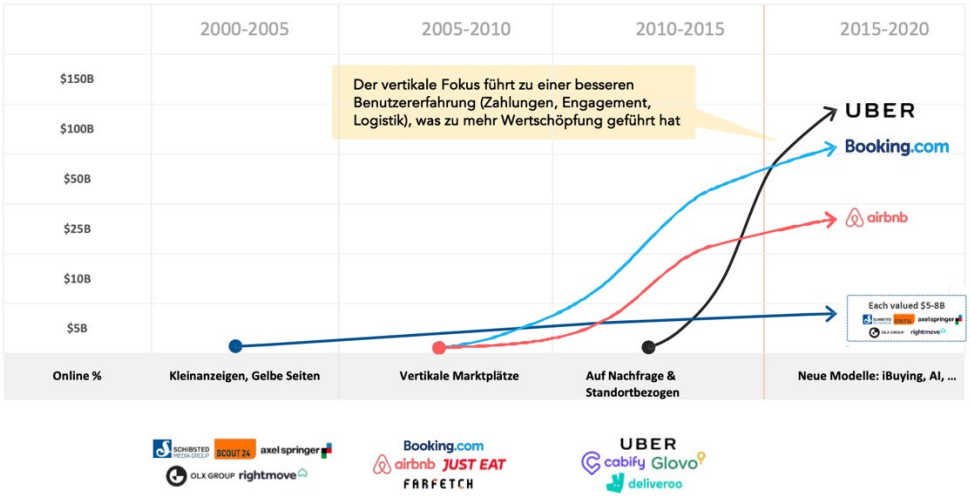


Abbildung 1: (dealroom.co)

2. Alles, was digitalisiert werden kann, wird digitalisiert

Alles, was digitalisiert werden kann, jeder einzelne Prozess, wird in Zukunft von einem heute eventuell noch gar nicht existierenden Start-Up Unternehmen über Wertschöpfungsstufen digitalisiert werden. Etablierte Unternehmen und etablierte Produkte und Services werden der Vergangenheit angehören.

"ALLES, WAS DIGITALISIERT WERDEN KANN, WIRD DIGITALISIERT!" W

Auswirkung der Digitalisierung auf...	Das waren die Tage von...	Wird heute und bald sein...
Information	Enzyklopädie Britannica	Wikipedia
Kommunikation	Geschriebener Brief	E-Mail, VOIP
Lager	Büroregal	Dropbox
Verwendung	Geplantes TV-Programm	Streaming jederzeit
Produkte	Schallplatte	MP3
Produktion	Spritzguss	3D Produktion
Verteilung	Schreibwaren und Versandhandel	E-Commerce
Werbung	Fernsehwerbung, Plakatwand	Google & Amazon Onlinewerbung
Zahlung	Bargeld	Mobiles Bezahlen
Treuhandservice	Notar	Cloud-basierte sichere Zahlungen
Transport	Ticketschalter	Fluglinien und Eisenbahn Apps
Gesundheitswesen	Blutdruckmessung	Fitness Computer und Apps

Abbildung 2: (W Ventures)

Was ist der wesentliche Erfolgsfaktor der digitalen Transformation? Unternehmen müssen die Bereitschaft haben, ihre Assets in einen neuen Kontext zu stellen und in letzter Konsequenz bereit sein, das eigene Stammgeschäft über neue Geschäfts-Modelle anzugreifen. In Branchen wie E-Commerce, Media etc. sind die Marktanteile schon an neue digitale Player vergeben. Wer wird der Gewinner sein in den noch verbleibenden Industriebereichen und insbesondere in der Bau- und Immobilienwirtschaft?

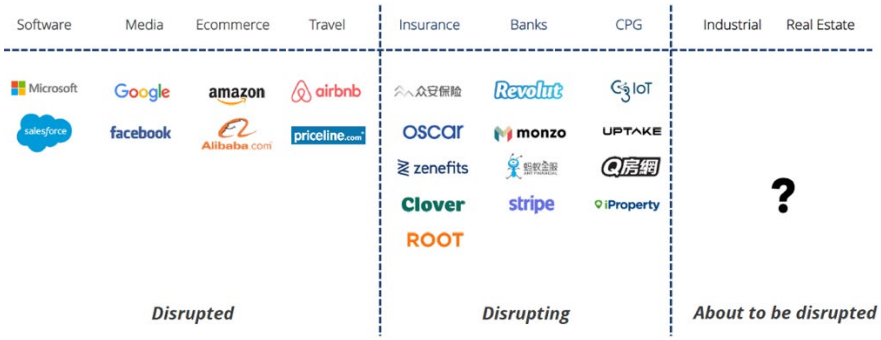


Abbildung 3: (W Ventures)

3. Bau- und Immobilienwirtschaft auf dem digitalen Abstiegsplatz

Und wo steht im Branchenvergleich die Bau- und Immobilienwirtschaft zum Thema Digitalisierung? In welcher Form arbeiten die führenden Unternehmen der Bauindustrie zusammen? Gar nicht. Keines der führenden Unternehmen beschäftigt sich übergreifend mit dem Thema Aufbau von überzeugenden Plattformen. Die Unternehmen sonnen sich noch in der derzeitigen Baukonjunktur und pflegen ihre Unternehmens- und Bereichssolitüden. Es fängt schon damit an, dass Bau- und Immobilienwirtschaft sich nicht als ein Industriebereich sehen. Das Thema Planung, Ausführung und Betrieb von Immobilien wird nicht gesamthaft und vernetzt gedacht. Die Bau- und Immobilienwirtschaft belegt im Vergleich zu fast allen anderen Industriebereichen einen Abstiegsplatz beim Thema Digitalisierung.

Abbildung 4: (McKinsey)

Genau diese digitale Unterentwicklung weckt die Begehrlichkeiten der großen digitalen Player. Amazon-, Alphabet- und Apple-Vorstände und bedeutende digitale Investoren freuen sich über jeden digital unterentwickelten Bereich und werden auch in Konstruktion und PropTech investieren. Kompetente Teams in den USA und China analysieren alle Kernprozesse in der europäischen Bau- und Immobilienwirtschaft auf der Suche nach digitalen Geschäftsideen. Die digitalen Player werden sich die Disruption der größten Industrie der Welt nicht entgehen lassen...

4. Digitale Chancen nutzen

Ein anderes Beispiel: Amazon hat vor einigen Jahren schon, so ganz nebenbei will es scheinen, für rund eine Milliarde Dollar ein Unternehmen für Türöffnungsanlagen akquiriert. Oder Google, die mit «Nest» für mehrere Milliarden im Bereich Smart Home ein Unternehmen mit mittlerweile mehr als 1.000 Engineers aufgebaut haben. Es ist naiv zu denken, dass es Google nur darum geht, ein paar Brandmelder zu verkaufen. Es sind «Trojan Horses», die den Markteintritt in die Bau- und Immobilienwirtschaft ermöglichen sollen. Wer jetzt denkt, dass diese Entwicklung in den USA für die europäischen Märkte nicht relevant sei, liegt falsch. Es wäre fatal, wenn die heute noch technologisch führenden Unternehmen der europäischen Bau- und Immobilienwirtschaft zu seelenlosen OEM-Lieferanten für chinesische oder US-Plattformen verkommen würden.

Wahrscheinlich haben wir in Europa den Kampf um das Internet schon verloren. Doch aufgrund der immer noch herausragenden Bedeutung der europäischen, zumal der deutschen Industrieunternehmen, ist zum Beispiel das Thema «Internet Of Things» eine große Chance zum Thema «Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft». Themen wie Energieeffizienz, intelligente, sich selbst steuernde Gebäudehüllen mit Weather Adaption und Geofencing auf Basis einer Gewerke-übergreifenden, plattformbasierten Zusammenarbeit der führenden europäischen Unternehmen, müssen massiv angegangen werden.

It’s time to fight back. Es gibt keine digitale Strategie, sondern es gibt nur die richtige Strategie in einer digitalen Welt. Wenn die Bau- und Immobilienwirtschaft nicht jetzt anfängt, das Thema Digitalisierung mit einer vernetzten und überzeugenden Entschlossenheit anzugehen, wird es jemand anders machen. Vorhandene Marken müssen jetzt aus diesen ihre unternehmensspezifische digitale Stärke finden und Mehrwerte für die Kunden schaffen. Sonst macht es jemand anderes.

Der Caterpillar CEO Doug Oberhelman hat es für sein Unternehmen auf den Punkt gebracht.

«Wir haben beschlossen, dass es vielleicht besser ist, uns selbst zu disrupten. Bevor jemand anders uns ubert, ubern wir uns selbst».

Neue Kette Holzbau – von der Hobelromantik zur zukunftsfähigen Branche

Roland Sitzberger
Porsche Consulting GmbH
Stuttgart, Deutschland

Neue Kette Holzbau – von der Hobelromantik zur zukunftsfähigen Branche

1. Motivation

Der Holzbau boomt derzeit spürbar. Und dennoch ist die Stimmung, die man wahrnimmt, nicht ungetrübt. Der aktuelle Aufwind ist schließlich auch auf Veränderungen zurückzuführen, die nicht durch die Branche selbst, sondern vorwiegend von außen angestoßen wurden. Um die vollen Potenziale der guten Ausgangslage auch wirklich ausnutzen zu können, gilt es nun, auf die geänderten Rahmenbedingungen richtig zu reagieren.
Gute Marktposition und positive wirtschaftliche Vorzeichen und dennoch die Notwendigkeit der Veränderung - dies haben auch bereits andere Industrien erlebt, so zum Beispiel die Automobilindustrie. Über Jahrzehnte schienen die Rollen klar verteilt und die Wertschöpfungskette etabliert und gefestigt.
Doch plötzlich sind neue Themen auf der Agenda und auch neue Kompetenzen gefragt. Es ist oft von einer Transformation die Rede: Elektromobilität, Dienstleistungen statt Hardwareprodukte, Online-Autohäuser und nicht zuletzt neue Wettbewerber, die plötzlich den Platzhirschen den Rang streitig machen. Die Automobilindustrie steckt mitten in der Veränderung. Wie man die Transformation geschickt anpackt, dazu soll die folgende Abhandlung als Inspiration dienen.
Es ist nicht die Intension, den Holzbau schlecht zu reden, Horrorszenarien an die Wand zu malen oder belehren zu wollen, sondern vielmehr einen Blick von außen (mit vernünftiger Branchenkenntnis) anzubieten, um so Ansätze und Impulse zu vermitteln, welche den Unternehmen der nicht immer veränderungsfreudigen Bau- und Holzbaubranche dabei helfen können, die sich bietenden Chancen bestmöglich zu nutzen.

2. Holzbau – eine schöne Branche

«Holz ist schön, warm und lebendig. Holz ist wertvoll, edel, natürlich und haltbar. Holz ist Zukunft, es schafft Atmosphäre, in der sich der Mensch wohlfühlen kann.» [1]

Dieses Zitat ist ein schöner Beleg dafür, was, von außen betrachtet, Chance und Risiko zu gleich für die Holzbaubranche ist – oder mit anderen Worten: Gas- und Bremspedal.
Gaspedal, weil das Material, der Werkstoff Holz sehr hochwertig und bei vielen Anforderungen dem Wettbewerb, wie Stahl, Stein oder Beton, überlegen ist. Vor allem Begriffe wie wertvoll, natürlich, nachhaltig, nachwachsend, schön oder behaglich beschreiben diesen *edlen Charakter* des Werkstoffs.
Doch gleichzeitig ist diese Sichtweise oft auch Bremse für die Branche. Das Produkt wird quasi glorifiziert und schon die Bearbeitung dieses edlen Werkstoffs fordert daher schon eine gewisse Anerkennung der Arbeit und Leistung ein. Dabei wird vor allem und zu Recht die Professionalität in der Bearbeitung und im Umgang mit dem Werkstoff hervorgehoben. Doch allzu oft ruht man sich, in meiner Wahrnehmung, auf dieser emotionalen Überlegenheit aus. Man darf bei all der Hobelromantik, wie ich es gerne beschreibe, nicht vergessenes, dass es sich dabei auch um Massenware handelt, im Markt ein deutlicher Wettbewerb herrscht und Themen wie Effizienz, Leistungsfähigkeit, Operative Exzellenz und Kundenfokus eine deutlich gesteigerte Bedeutung spielen werden und auch müssen – und dies eben nicht dem *edlen Gemüt* des Werkstoffs widerspricht.

3. Warum sich was ändern wird bzw. muss

3.1. Ausgangssituation: Guten Perspektiven und Chancen

Selten war die Perspektive für den Holzbau so positiv wie derzeit – zumindest auf den ersten Blick betrachtet. Viele Trends und Treiber, die gerade den Markt und die Rahmenbedingungen verändern, spielen dabei augenscheinlich dem Holzbau in die Karten.

Allen voran möchte ich gerne drei wesentliche Treiber nennen, die vor allem die Marktanfordern derzeit signifikant beeinflussen (siehe auch Abb. 1).

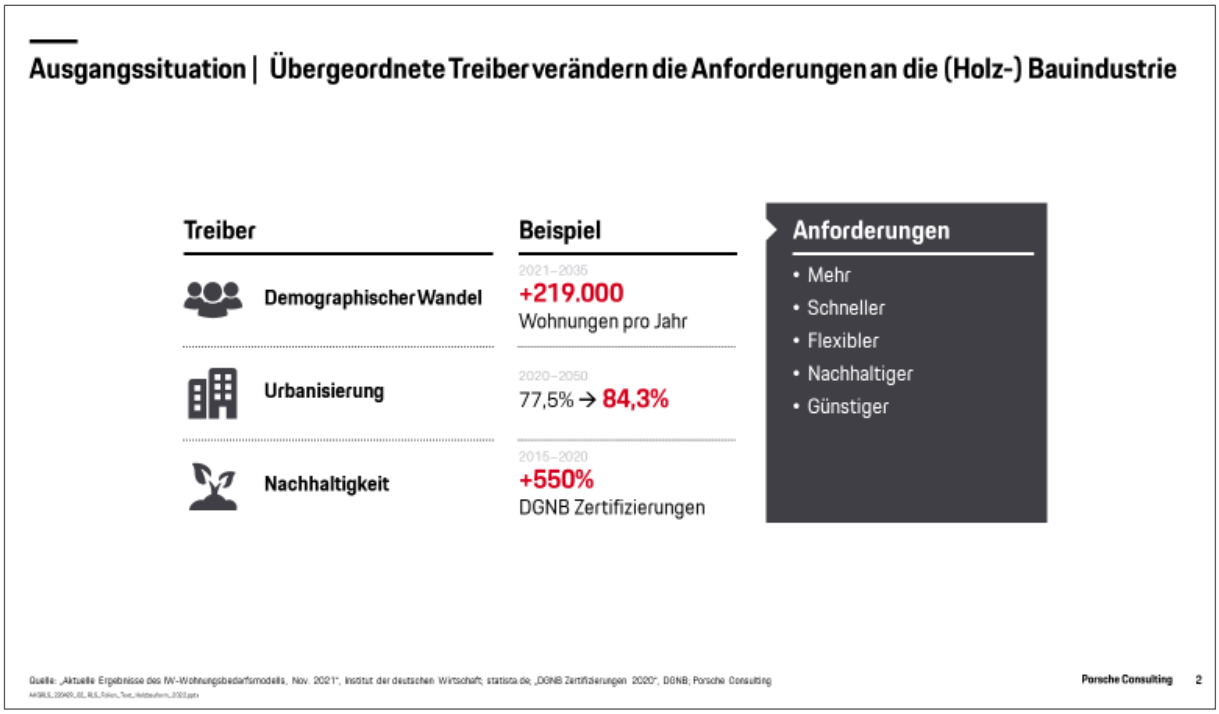


Abbildung 1: Treiber für Anforderungen

Demographischer Wandel: Das prognostizierte Bevölkerungswachstum und noch viel mehr die Veralterung der Bevölkerung lässt den Bedarf an Wohnraum und Infrastruktur in den nächsten beiden Jahrzehnten deutlich ansteigen. Allein in Deutschland entsteht bis ins Jahr 2035 ein jährlicher Bedarf von ca. 219.000 Wohnungen [2].
Urbanisierung: Der größte Bedarf entsteht dabei in den Städten, da der Urbanisierungsgrad in den nächsten 30 Jahren weiter deutlich steigen wird. Bis zu 84% der Bevölkerung sollen laut einer Untersuchung [3] im Jahre 2050 in Städten wohnen. Dies bedeutet, dass gerade dort, wo Wohnraum ohnehin schon knapp und in der Regel auch teuer ist, die Situation weiter verschärft wird. Neue bautechnische Lösungen zur Nachverdichtung sind erforderlich, wie z.B. Aufstockung oder Micro Living.
Nachhaltigkeit: Die Bedeutung von nachhaltigen Produkten und nachhaltigen Lieferketten wächst signifikant. Forderungen nach einem niedrigen $C0_2$-Fußabdruck, Zirkularität, der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus oder einem positiven ESG Rating beeinflussen spürbar den Wettbewerb in der Bauwirtschaft. Dies zeigt sich beispielhaft in der fast exponentiellen Zunahme an DGNB Zertifizierungen. Allein zwischen 2015 und 2020 ist die Anzahl der verliehenen DGNB Auszeichnung um etwa 550% gestiegen [4].
Angetrieben durch diese Trends und Einflüsse verändern sich die Anforderung an die Bauwirtschaft signifikant. Vereinfacht und plakativ ausgedrückt geht es künftig darum MEHR, SCHNELLER, FLEXIBLER, NACHHALTIGER und zugleich GÜNSTIGER zu bauen.
Kann die Bauindustrie und speziell der Holzbau diese neuen Anforderungen bedienen?
Notwendig dafür sind: Das richtige Produkt und die richtige Performance.

3.2. Risiko: Branche kann Nachfrage nicht bedienen

Eigentlich scheint es, passt der Holzbau perfekt auf diese Anforderungen: Holz als nachwachsende Ressource, gut zu bearbeiten, vorbearbeitbar, rückbaubar, flexibel nutzbar. Das Material ist also sehr gut geeignet. Nun stellt sich die Frage, ob auch die Holzbaubranche, die Unternehmen diese neuen Anforderungen bedienen können.
Um diese Frage beantworten zu können ist es wichtig, die aktuellen Herausforderungen der Holzbaubranche zu betrachten. Dabei gibt es brancheninterne, also gewachsene und externe, eher unbeeinflussbare Herausforderungen.
Ein spürbar zunehmender Fachkräftemangel, ausgeprägtes Gewerke-, Sparten- und Silodenken und -handeln, der fast ausschließliche Fokus auf Fachlichkeit und Fachkompetenz

verbunden mit einer ausgeprägten unikat-basierten Projektorientierung führen häufig zu Unternehmen, die in Ihrer Ausprägung eher Spezialisten mit einer limitierten Leistungsfähigkeit, aber einer hohen Fachkompetenz darstellen.
Dies passt allerdings nicht zu den Marktanforderungen und Kundenansprüchen und wird sogar noch durch externe Herausforderungen verstärkt. Eine zunehmende Komplexität in Projekten und Produkten, ein steigender Bedarf an Digitalisierung und Vernetzung, Materialknappheit und Lieferengpässe erfordern eigentlich integrierte Lösungen und Ansätze und kein Spezialistentum. Neue Wettbewerber haben dies bereits erkannt und stellen sich auch so auf. Teilweise werden aus Kunden oder Lieferanten sogar neue Wettbewerber für einzelne Unternehmen.

In Summe passen diese Herausforderungen oft nicht, ja widersprechen sogar häufig, dem Selbstverständnis und der üblichen Arbeitsweise der Holzbaubranche.
Dies führt dazu, dass bislang erfolgreiche Geschäfts- und Abwicklungsmodelle bzw. Arbeitsweisen *etablierter Spezialisten* nicht mehr funktionieren. Diese Unternehmen und deren Mitarbeiter werden überfordert, damit ist die Leistungsfähigkeit deutlich eingeschränkt und schon gar nicht weiter auf den gestiegenen und komplexeren Bedarf skalierbar. Wenn nun Nachfrage nachweislich vorhanden ist und diese nicht durch die etablierteren Unternehmen aus der Holzbaubranche befriedigt werden kann, werden andere Branchen, welche die Anforderungen besser erfüllen und die Herausforderungen besser abfedern können (z.B. Stahlmodulbauer oder Systembauanbieter), diese Chance ergreifen.
Es entsteht also ein Risiko, dass der Holzbau ins Hintertreffen gerät und dabei noch mehr in die Rolle des Nischenspezialisten abrutscht und so neue Umsatzströme und Erlösquellen an der Holzbaubranche vorbeifließen.

Was in der Vergangenheit zunächst scheinbar mit der Beschaffung neuer und leistungsfähigerer Maschinen und Geräten getan war, erfordert nun ein Umdenken: man braucht neue und leistungsfähigere Geschäfts-/Abwicklungsmodelle, Produktlösungen und Arbeitsweisen, um sich für Gegenwart und Zukunft erfolgreich aufzustellen. Vier Eigenschaften gilt es dabei zu erreichen: Skalierbarkeit, Kundenorientierung, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.

4. Wie erreicht man Zukunftsfähigkeit

Problem und Risiko erkannt, doch was dagegen tun? Wie stellt man sich den Herausforderungen richtig bzw. wie stellt man sich für die Zukunft richtig auf? Ein entscheidender Begriff hierfür ist *Zukunftsfähigkeit*.

4.1. Definition

Zunächst hilft folgende Beschreibung von Zukunftsfähigkeit:
Die die Fähigkeit und der Wille einer Organisation und ihrer Mitarbeiter heute die richtigen Entscheidungen zu treffen und erfolgreich umzusetzen, um künftig konkreten Mehrwert für Kunden zu generieren und so relevant zu bleiben.
Beeinflussen kann man Fähigkeit und Wille im Wesentlichen mit zwei Hebeln: Strategie und Kultur.

4.2. Strategie

Die Strategie bildet den Ordnungsrahmen für das unternehmerische Handeln, für Ziele, Initiativen, Geschäftsmodelle und Produkte sowie Organisations- und Steuerungsmodelle.
Im Grund gilt es dabei, die oft zitierten Fragen zu beantworten «Where to play?» und «How to win?».
Dazu ist es notwendig, zunächst die Ziele und Ambitionen für das Unternehmen oder Bereiche zu formulieren, um klarzumachen, was erreicht werden soll und vielleicht auch, um auszuschließen, in welche Richtung es nicht gehen soll. Chancen und Risiken für die Zukunft werden fundiert analysiert und bewertet.
Daraus abgeleitet werden unter anderem Produkte und Dienstleistungen, die einen echten Nutzen und Mehrwert für den Kunden bieten. Hilfreich ist dabei stets die Fragen: Welchen Schmerz, welches Problem möchte ich lösen und wer hat dieses Problem eigentlich?

Diese Betrachtung führt dann auch dazu, das zukunftsfähige Unternehmen ihren Wettbewerbsvorteil durch den Nutzen und ihre Kompetenz definieren und nicht über einen niedrigen Angebotspreis.
Und schließlich bedarf es flexibler und zugleich stabiler Organisationen und Partnernetzwerke, um sowohl eine stabile Abwicklung für den Kunden als auch eine Anpassungsfähigkeit des Unternehmens für die täglichen Herausforderungen und die Weiterentwicklung sicherzustellen.

4.3. Kultur

Die Kultur beschreibt vereinfacht gesagt das *Mindset* eines Unternehmens, das heißt die Haltung, Einstellung zu und den Umgang mit z.B. Gesellschaft, Mitarbeitern, Partnern, Kunden, Umwelt etc. .
Wesentlich dabei sind die Führungskräfte eines Unternehmens, welche die Kultur vorleben und so auch als Rollenbeispiel auf die Mitarbeiter wirken. Sie müssen sich ihrer Rolle bewusst sein: eine Führungskraft ist immer auf der Bühne. Sichtbares Führungsverhalten ist eines der Maßstäbe, welche bei der Beschreibung von Führungsleitlinien helfen.
Den Maßstäben zugrunde liegen typischerweise Werte, die die angestrebte Grundeinstellung eines Unternehmens definieren. Die Definition allein ist allerdings wenig hilfreich, die Werte müssen erfahrbar, sichtbar sein. Dies bedeutet auch, dass ein Dagegenhandeln korrigiert oder gar sanktioniert werden muss.
Für zukunftsfähige Unternehmen ist eine offene Kommunikation im Dialog essenziell.
(Weiter-) Entwicklung von Menschen und Organisationen kann nur geschehen, wenn Austausch, Feedback und Ideengenerierung in einem offenen, respektvollen Umfeld stattfinden.
Dabei sind stets der Mensch und seine Gesundheit als wichtigstes Gut zu sehen und zu achten. Es gilt einen Rahmen aus Arbeitsbedingungen, Entwicklungsmöglichkeiten und Anerkennung zu schaffen, in dem sich die Menschen wohlfühlen.

5. Was kennzeichnet die Neue Kette Holzbau

Der Holzbau ist, wie eigentlich die gesamte Bauindustrie, traditionell und überwiegend konservativ ausgerichtet. Es gibt eine klare und allgemein gültige Reihenfolge in der Wertschöpfungskette mit grundsätzlich anerkannten Teilnehmern, Rollen und Aufgaben.
Ebenso grundsätzlich vorgezeichnet waren über Jahrzehnte auch die Geschäftsmodelle in den einzelnen Disziplinen, Gewerken und Wertschöpfungsstufen sowie die Geschäftsbeziehungen untereinander.

5.1. Traditioneller Ansatz: Engineer-to-Order

Typischerweise startet grundsätzlich auch ein Holzbauprojekt mit einem Planungsprozess, der über die Baugenehmigung in die Bauphase überführt wird. Anschließend folgt der Betrieb des Gebäudes oder der Infrastruktur. Zu einem späteren Zeitpunkt folgt gegebenenfalls die Sanierung, die Modernisierung oder gar der Abriss (siehe Abb. 2).
Das Problem liegt hierbei nicht der Reihenfolge der Leistungen, sondern in der Art und Weise, wie diese Leistungen erbracht werden. Jeder einzelne Auftrag, jedes einzelne Projekt wird als Unikat gesehen und also solches bearbeitet (Engineer-to-Order).
In der Umsetzung bedeutet dies, dass erst mit Beauftragung durch den Kunden mit der Entwicklung und Planung begonnen wird.
Typischer Weise sind die Anforderungen des Kunden zu diesem Zeitpunkt nicht mit den Leistungsmöglichkeiten der gesamten Kette abgestimmt, sondern werden von ihm vorgegeben. Sämtliche Planungen müssen unter den Beteiligten synchronisiert werden, was besonders herausfordernd ist, da gleichzeitig das Produkt/die technische Lösung entwickelt und der Auftragsabwicklungsprozess, die Lieferkette und der Bauablauf mitentwickelt werden müssen – und dabei noch eine Vielzahl unterschiedlicher Beteiligter, die alle ihre eigene Sichtweise auf die *beste Lösung* haben.
Schnittstellenprobleme, fehlende oder mangelhafte Ausarbeitungen, fehlendes Material oder Entscheidungen und unklare Abläufe resultieren daraus und wirken sich meist deutlich negativ auf den Projektverlauf aus: Terminverzug und Kostensteigerungen. Das passt nicht zu den künftigen Anforderungen MEHR, SCHNELLER, FLEXIBLER, NACHHALTIGER und GÜNSTIGER.

Ist das normal im Bau? Muss man sich damit abfinden? NEIN!
Es gibt Ansätze und Lösungen, die dabei helfen Projekte besser zu realisieren und andere Disziplinen der Bauwirtschaft wenden diese bereits erfolgreich an (z.B. Modulbau, Systembau, Fertigteile & vorgefertigte Bauelemente). Für den Holzbau gibt es diese Möglichkeiten ebenfalls.

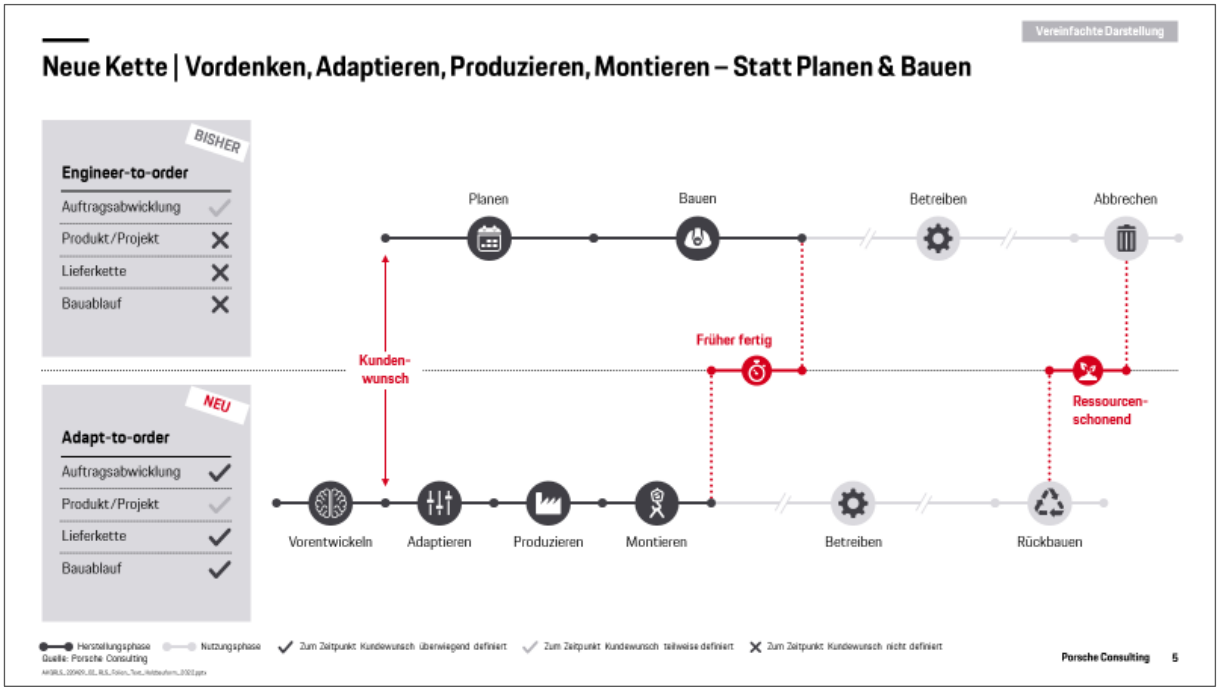


Abbildung 2: Wertschöpfungskette Holzbau, bisher und neu

5.2. Neue Kette Holzbau: Adapt-to-Order

Die Hauptursache für die häufigen Abweichungen im Projektgeschäft liegt also in der Bearbeitung als Unikat, wobei alles von Beginn an und neu entwickelt und geplant wird.
Eine neue Kette könnte wie folgt aussehen: Vorgedachte und vorentwickelte Komponenten oder Elementen werden im Projektfall kundenwunschgerecht auf das Projekt adaptiert. Dort, wo es keine Standardlösung gibt, wird im bekannten Lösungsraum nachgeplant bzw. ergänz. Von dort geht es zur Genehmigung anschließend in die Produktion abseits der Baustelle (auf Basis der standardisierten Komponenten), diese werden zur Baustelle geliefert und dort in deutlich kürzerer Zeit montiert, anschließend folgt der Betrieb des Objekts und am Ende einer geplanten Nutzung dann der strukturierte Rückbau und die Wiederverwertung (siehe Abb. 2).
Statt einer klassischen Engingeer-to-Order Abwicklung handelt es sich hier um eine Adapt-to-Order Abwicklung. Großer Vorteil hierbei ist, dass individuelle Projekte überwiegend mit Hilfe von standardisierten Komponenten, Bauteilen oder gar ganzen Modulen spezifisch zusammengestellt und errichtet werden. Es wird also eine Lösung für die Anforderungen des Kunden angeboten und nicht die vertragliche Erbringung einer Leistung.
Somit sind können auch Auftragsabwicklung, Lieferketten und Bauabläufe bereits vorab aufgesetzt werden, zum Zeitpunkt des Kundewunsches (Auftragserteilung) sind diese Themen bereits überwiegend geregelt. Man konzentriert sich auf die technische Lösung durch Adaption. Störungen durch mangelnde Synchronisation, fehlendes Material und langwierige Bauabläufe werden so signifikant reduziert.
Überspitzt formuliert wird ein Gebäude wird nicht mehr *gebaut*, sondern *produziert* und *montiert*.
Damit trifft man die Anforderungen SCHNELLER, GÜNSTIGER und MEHR ist durch die kürzeren Bearbeitungszeiten ebenfalls möglich.

5.3. Chance für den Holzbau

Dass diese eine derartige Vorgehensweise funktioniert, zeigt u.a. der Bau mit Betonfertigteilen. Projekte werden hier ähnlich der beschriebenen Vorgehensweise umgesetzt – außer, dass in der Regel nur wenige Standardteile Anwendung finden.
Zudem erfüllt ein klassischer Rohbau aus Fertigteilen oder Fertigmodulen nicht die Anforderungen nach FLEXIBILITÄT und NACHHALTIGKEIT.

Hierin liegt die große Chance des Holzbaus: Richtiges Produkt und richtige Performance.
Das Material Holz erfüllt sehr gut die Anforderungen an Nachhaltigkeit und Flexibilität.
Die Branche Holzbau kann über die NEUE KETTE auch die Leistungsfähigkeit deutlich verbessern, um schneller, günstiger und mehr zu liefern.

Darüber hinaus können im Rahmen von Standardbauteilen auch deutliche Effizienzgewinne realisiert werden, z.B. durch Automation. Durch den geringeren Aufwand aufgrund der Skaleneffekte von standardisierten Elementen kann auch der Fachkräftemangel ausgeglichen werden.

6. Mehrwert schaffen – Zukunftsfähigkeit sichern

Wenn der Holzbau nun also grundsätzlich in der Lage ist, die Kundenanforderungen besser zu treffen als Wettbewerbsbranchen, heißt das für die Unternehmen, dass sich überlegen sollten, wie sie an dieser Chance erfolgreich teilhaben können, um zukunftsfähig zu sein.
Das bedeutet, dass sie ihre Position in der Wertschöpfungskette überdenken müssen und auch das Geschäftsmodell, also welche Produkte sie wem anbieten, welche Wertschöpfungstiefe sie erbringen wollen, welche Partner sie haben und was, wie vergütet wird.
Warum nicht meinem Kunden oder Abnehmer künftig Lösungen anbieten, statt dem reinen Ausführen von Werkleistungen oder dem Liefern von Produkten? Doch welche Lösungen sucht er? In welche Richtung entwickle ich mich am besten? Integriere ich künftig Leistungen meiner Lieferanten oder meiner unmittelbaren Abnehmer? Führt das dann nicht zu einer Kannibalisierung der ganzen Lieferkette? Auch im Holzbau gibt es bereits Veränderungen, die weit über erste Anzeichen für diese Entwicklungen hinausgehen.

Eine fertige Standardantwort auf diese Fragen gibt es selbstverständlich nicht. Sicher ist nur, dass sich die bisher sehr linear geprägte Liefer- und Vertragskette, welche überwiegend durch 1:1 Geschäftsbeziehungen und oft sehr kleinteiligen Leistungsanteilen mit hohem Spezialistentum gekennzeichnet ist, zu einem integrierten bzw. netzwerkorientierten Ökosystem entwickeln wird (siehe Abb. 3).
Diese Ökosysteme sind in der Regel geprägt von Kooperationen und Arbeitssystemen zwischen Unternehmen, wobei das Erzeugen eines spezifischen Kundennutzen unter Zuhilfenahme zugeordneter Technologien im Fokus steht.
Das klingt zunächst vielleicht verwirrend bedeutet aber im Wesentlichen, dass sich diese Unternehmen über die unter 4.2 beschriebenen Themen zu Produkten, Dienstleistungen und Kundennutzen intensiv Gedanken machen, um integrierte Lösungen anzubieten, welche einen signifikanten Mehrwert für den Kunden bieten.
Genau hier müssten die Unternehmen aus dem Holzbau ansetzen, um ihre Zukunftsfähigkeit abzusichern.

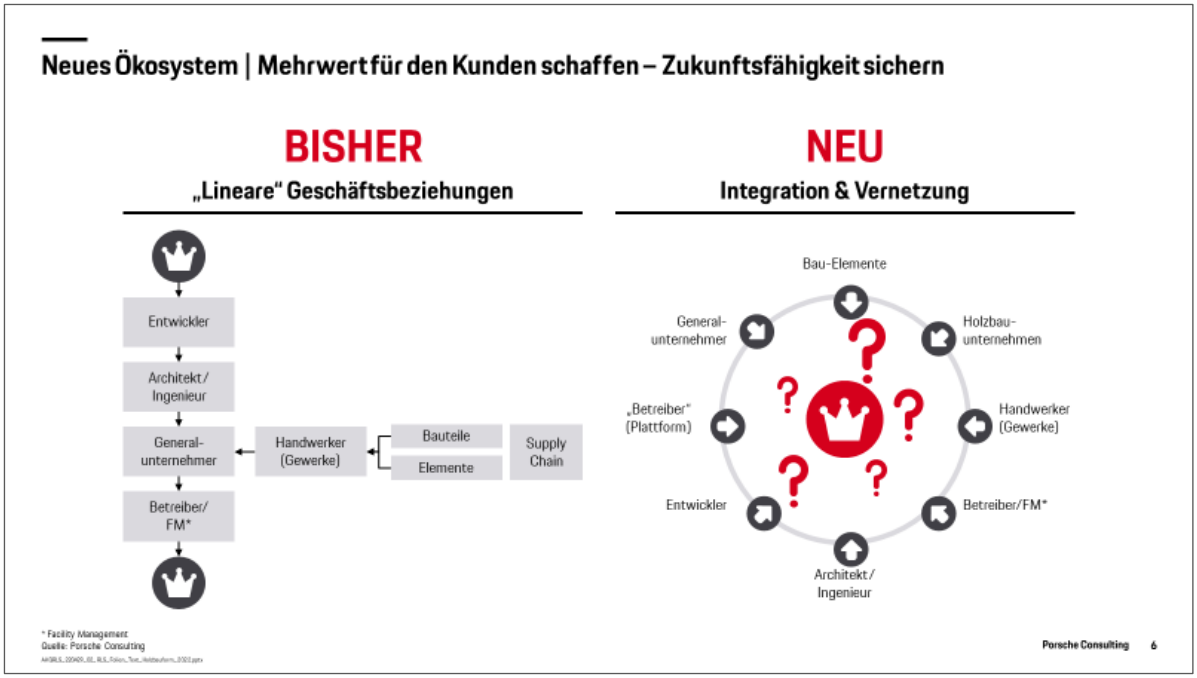


Abbildung 3

7. Fazit

1. Der Werkstoff Holz ist als Material vielen anderen Werk- und Baustoffen überlegen
2. Die Holzbaubranche muss ihre Leistungsfähigkeit als Ganzes neu ausrichten, um den Vorteil des Materials auch zukunftsfähig umzusetzen
3. Eine Neue Kette Holzbau hilft bei der kundeorientierten Neuausrichtung
4. Die Unternehmen müssen sich Gedanken um ihre Rolle und Position in der Kette bzw. im Ökosystem machen

8. Literaturverzeichnis

[1] Maximilian Glas, Anselm Spring (2005), *Holz, das fünfte Element*; Frederking & Thaler Verlag, München

[2] Ralph Henger / Michael Voigtländer (2021), *Weiterhin hohe Wohnungsbedarfe – vor allem in Großstädten*, https://www.iwkoeln.de/studien/ralph-henger-michael-voigtlaender-weiterhin-hohe-wohnungsbedarfe-vor-allem-in-den-grossstaedten.html

[3] J. Rudnicka (2022), *Anteil von Stadt- und Landbewohnern in Deutschland von 1990 bis 2015 und Prognose bis 2050*, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167166/umfrage/prognose-des-bewohneranteils-nach-wohnstandort-seit-1990/

[4] Anders, Bethke, Buenger, Feyl, Hettinger, Jansen, Kreißig, Dr. Lemaitre, von Gemmringen (2021), *DGNB Zertifizierungen 2020*, https://www.dgnb.de/de/verein/publikationen/index.php#iframe-2

Baukultur mit System – Nachhaltig Bauen mit Element und Modul

Kathrin Merz
Bauart Architekten und Planer AG
Erweiterte Geschäftsleitung
Leitung Modulart
Bern – Zürich – Neuchâtel, Schweiz

Baukultur mit System – Nachhaltig Bauen mit Element und Modul

1. Ausgangslage

Mit der Einführung zum Prolog wird festgehalten, die Ressource Holz ist politischer Wille und die serielle Fertigung liegt im Trend. Anbieter beginnen offenbar umzudenken, um den Kernzielen der Politik hin zu einer klimaneutralen Zukunft zu folgen. Und ja, grundsätzlich vereint der moderne Holzbau wichtige Aspekte, mit welchen diese Ziele – hoffentlich noch rechtzeitig – erreicht werden können.
Doch 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 CO2-Reduktion effektiv entgegentreten können.
Laut Prognosen (UN World Population Prospects) soll die Weltbevölkerung 2023 die 8 Milliarden-Grenze erreichen. 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 schnell wechselnden 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. 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, 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. Vertiefung: Beispiel 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 Brünnengut-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 Gebäudeende 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

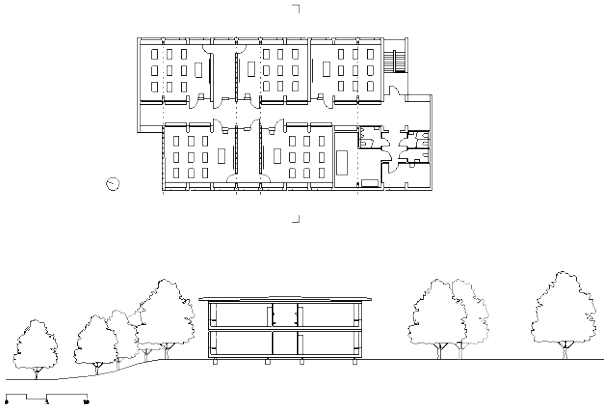


Abbildung 5: Regelgeschoss und Schnitt, Brünnen Bern

4.1. 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

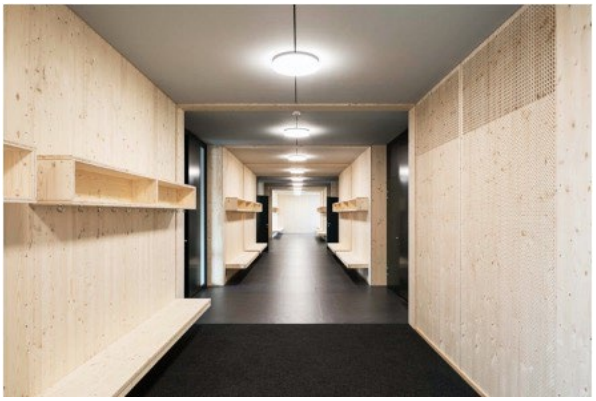


Abbildung 5: Gangsituation nach Fertigstellung

4.2. 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.

4.3. 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 danke einem vielfältigen Raumprogramm sowohl für die Grund- als auch für die Oberstufe eignet. Die auf den ersten Blick von aussen identisch daherkommenden 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 Brünnengut-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 Brünnen exemplarisch für die Planung und Erstellung von Schulraum aufgezeigt wurden, gilt es auch auf Wohn- und andere Nutzungen zu übertragen. Am Beispiel einer Entwicklung für eine Genossenschaft in Bern erläutern wir die Potenziale eines Wohnbausystems für die temporäre Belebung von urbanen Brachen. Auch hier sind die Anforderungen an das System hoch und auch hier gilt es, 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) und Innovation in Studien wie auch Mitarbeit in und Unterstützung von Forschungstätigkeiten.

Optimierte und flexible Fertigungssysteme der Zukunft

Jörg Groß
WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH
St. Johann-Lonsingen, Deutschland

Optimierte und flexible Fertigungssysteme der Zukunft

1. Anforderungen

Die Anforderungen an Fertigungssysteme für den Holzbau sind sehr groß und vielfältig. Um diese zu verstehen ist es notwendig die einzelnen Märkte und Kundensegmente mit ihren Eigenschaften und Unterschieden zu kennen.
Der Holzbau erlebt aktuell eine Dynamik wie lange nicht. Dies wird auch durch die Politik in vielen Ländern verstärkt.

Es gibt hierzu mehrere Faktoren, die von den Holzbaubetrieben beachtet werden müssen:

- Markt
- Kundensegment
- Bauweise (Einfamilienhausbau, Mehrfamilienhausbau, Gewerbebauten, Nichtwohngebäude etc.)
- aktuelle Fertigungstechnik
- Digitalisierung
- Kundenerwartungen
- Materialentwicklungen
- Demographische Entwicklung
- Software-Schnittstellen
- Logistik
- etc.

Nachfolgende Grafiken zeigen auf welche Materialien in den unterschiedlichen Gebäudeklassen eingesetzt werden.

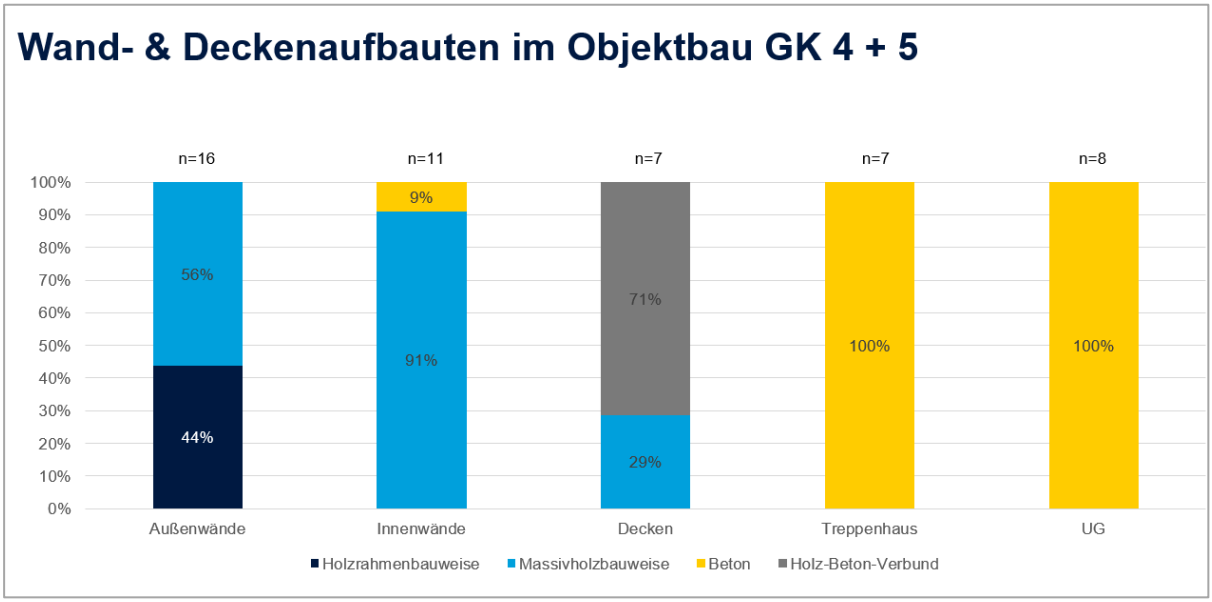


Abbildung 1: Wand- und Deckenaufbauten im Objektbau

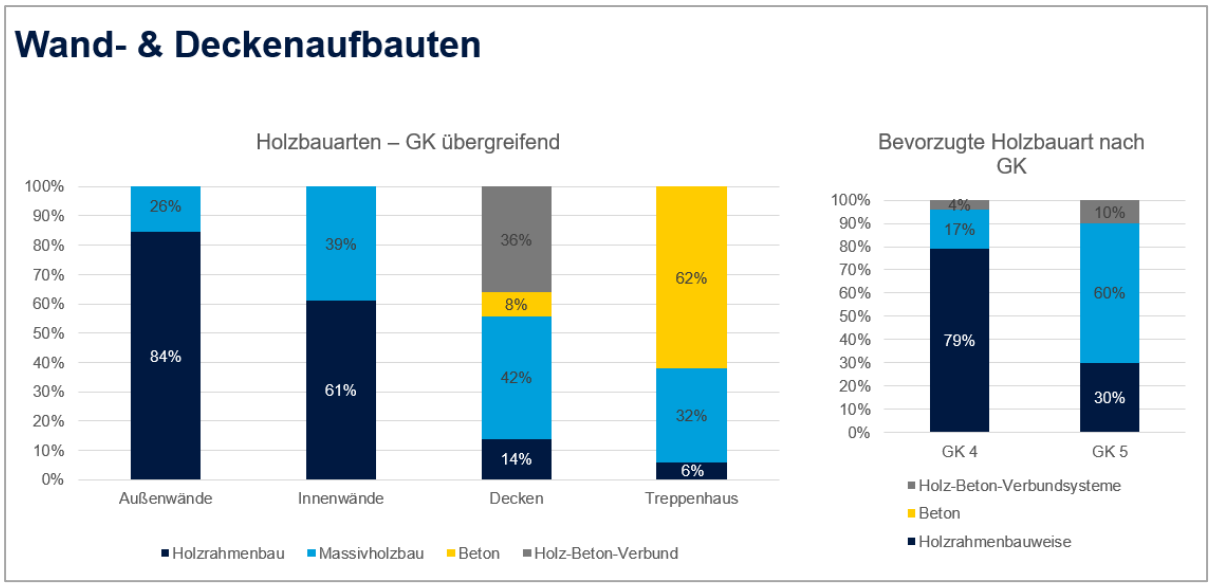


Abbildung 2: Wand- und Deckenaufbauten GK übergreifend

Ein Fertigungssystem muss möglichst viele der Varianten bei Wand- und Decken- und Dachaufbau abdecken können.
Optimierte und flexible Systeme sind zunächst ein Widerspruch in sich selbst. Dieser lässt sich auch nicht komplett auflösen, sondern viel mehr nur verschieben. D.h. eine extrem flexible Fertigung wird sich in Bezug auf Leistung und Qualität nicht so optimieren lassen wie eine rein nach Optimierungsgesichtspunkten ausgelegte Fertigung, die eine begrenzte Varianz an Produkten fertigt.

2. Zukunft

Als ein flexibles Fertigungssystem der Zukunft kann ein Fertigungssystem bezeichnet werden, dass es auch in den nächsten 10 bis 15 Jahren erlaubt, ohne die Notwendigkeit von Umbau oder umfangreichen Nachrüstungen, die bis dahin geforderten Bauteile zu fertigen.
Dabei geht es nicht darum, den aktuellsten Stand der Technik zu nutzen, sondern darum zukünftige Anforderungen an Bauweisen sowie Veränderungen bei der Verfügbarkeit von Fachkräften zu berücksichtigen und abzubilden.

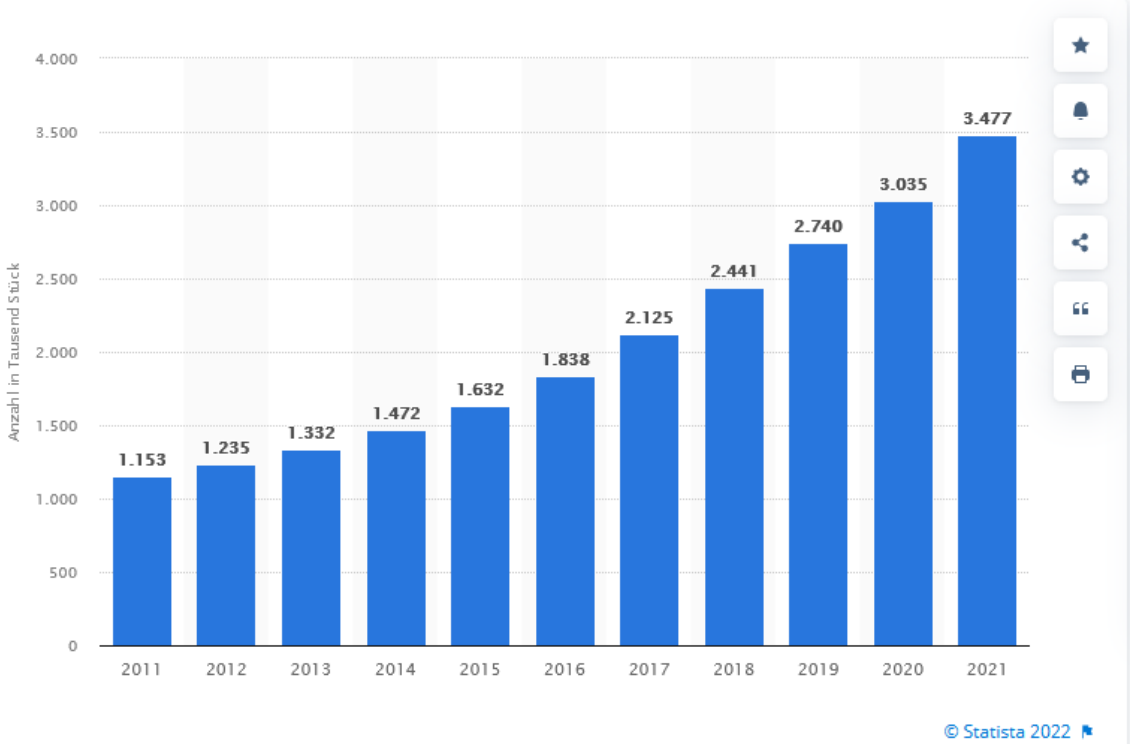
Daher ist es essenziell, sich vor der Entscheidung für ein Fertigungssystem, ein eigenes Zielbild zu generieren wie die Zukunft des Betriebes ausgerichtet sein soll.
Das Fertigungssystem ist ein «Werkzeug» mit dem dieses Ziel optimal verwirklicht werden kann und muss daher eng an der Vision des Unternehmens ausgerichtet sein.

3. Robotik

Häufig werden zukunftsgerichtete und flexible Systeme in Verbindung mit Robotik gesehen. Im Holzbau wird Robotik vereinzelt im Bereich der CLT Bearbeitung sowie bei der Erstellung von Riegelwerken und beim Plattenauflegen im Holzrahmenbau eingesetzt.
Generell ist die Robotik im Holzbau aktuell nach wie vor im Entwicklungsstadium, auch wenn es vor allem im Holzrahmenbau bereits mehrere Anlagen mit vermehrtem Einsatz von Industrierobotern gibt.

Vorteile:
- Sehr hohe Verfügbarkeit
- Lange Wartungsintervalle
- Schmutzunempfindlich
- Durch Schnellwechsler viele Aufnahmemöglichkeiten von Aggregaten
- Hohe Maschinenstandardisierung
- Viele Hersteller

Nachteile:
- Keine Kollaboration Mensch-Roboter derzeit möglich
- Sehr hohe Sicherheitsanforderung
- Begrenzte Reichweiten
- Begrenzte Lasten
- Begrenzte Geschwindigkeit
- Genauigkeit und Last sinkt mit der Ausladung/Reichweite



Geschätzter Bestand von Industrierobotern weltweit in 1000 stk.

Abbildung 3: Industrieroboter weltweit

(https://de.statista.com/statistik/daten/studie/250212/umfrage/geschaetzter-bestand-von-industrierobotern-weltweit/)

Die derzeitige Robotik im Holzhausbau arbeitet ähnlich einer CNC-gesteuerten Anlage. Die klassischen 6-Achs Roboter werden häufig aufgrund ihrer Bewegungsmöglichkeiten eingesetzt, da einfache Portalroboter zu aufwändig werden.
Grundsätzlich haben Roboter Einschränkungen in der Reichweite, Last und Genauigkeit. D.h. hohe Reichweiten mit hohen Lasten und hoher Genauigkeit sind zunächst eine Einschränkung für einen Roboter.

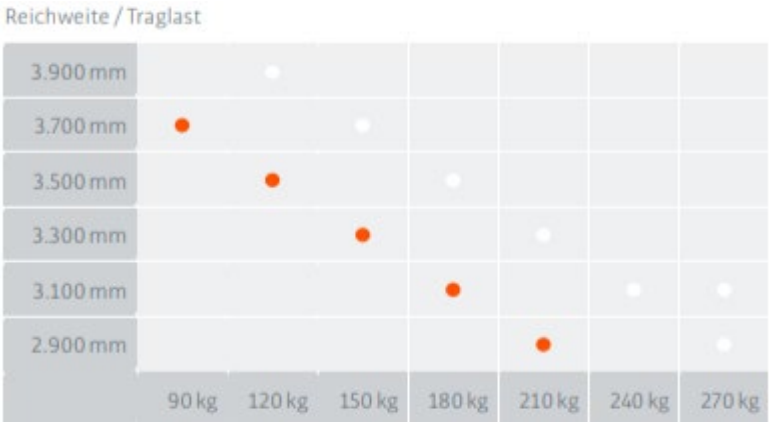


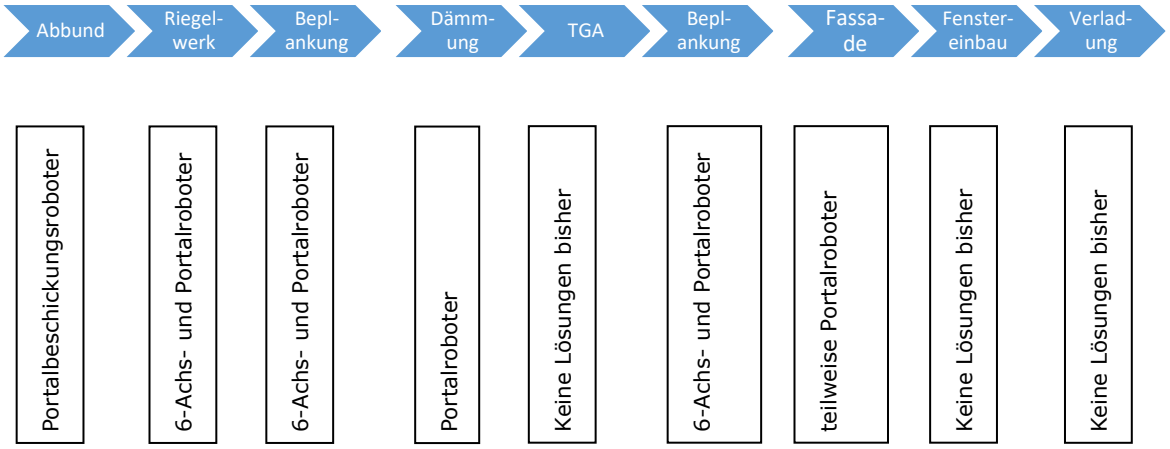
Abbildung 4: Reichweite-Traglast Diagramm

(https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/9cb8e311bfd744b4b0eab25ca883f6d3/kuka_pb_hohe_tl_de.pdf?rev=19ec2937d59342d8a5f7a6481a3279aa&hash=4B84A80DB594228C2F31292D5B91EF2F)

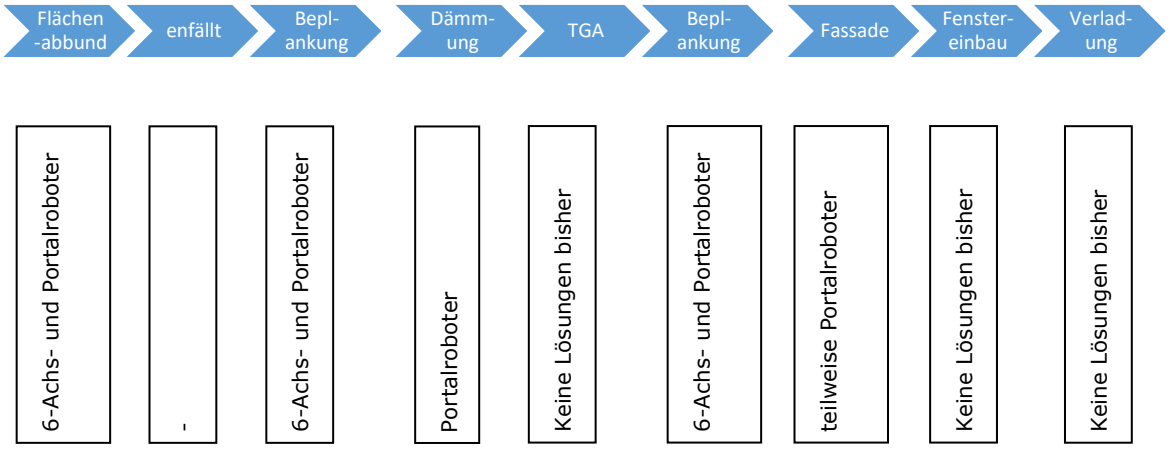
Ist es notwendig große Reichweiten und große Lasten abzudecken, muss von zwei Seiten gearbeitet werden. Dies wiederum hat einen hohen Kosteneinsatz und Platzbedarf zur Folge. Daher werden beispielsweise für das Handling von 13m Balken vorrangig Portalanlagen eingesetzt.
Ein weiteres Thema ist die Kollaboration Mensch/Roboter. Bisher ist es nicht möglich Roboter und Mensch nebeneinander arbeiten zu lassen – ausgehend von großen 6-Achs-Robotern, die ein Eigengewicht von ca. 1200 kg aufweisen bei einer Nennlast von rund 200 kg.
Aufgrund der Bewegungsradien bedingt dies zwingend einen großen Sicherheitsbereich und eine stark eingeschränkte Zugänglichkeit für Menschen. D.h. die Roboter müssen immer in einem sicheren Bereich stehen, damit keine Gefahr für Mitarbeiter entsteht.
Für den Holzhausbau bedeutet dies, dass die vorgelagerten Prozesse so präzise sein müssen, dass der Prozess, der durch den Roboter ausgeführt werden soll, dadurch nicht beeinflusst wird.

3.1. Roboterlösungen in der Prozesskette Holzhausbau

Betrachtet man die Prozesskette im Holzhausbau zunächst grob, fällt auf, dass heute im industriellen Produktionsumfeld bereits häufig Robotik-Automationslösungen eingesetzt werden.



3.2. Roboterlösungen in der Prozesskette CLT basierte Elemente



Auch bei CLT-Elementen sind Roboterlösungen in den verschiedenen Prozesschritten möglich. Allerdings wird sehr häufig nur der erste Prozess, der Flächenabbund, in der Produktionshalle durchgeführt. Die nachfolgenden Prozessschritte werden meist bauseits durchgeführt. Daher beschränken wir uns in der weiteren Ausführung auf den Holzrahmenbau.

4. Lösungen für flexible und optimierte Fertigungssysteme – Praxisbeispiele

Für den idealen Einsatz eines Fertigungssystems, muss das System immer im Kontext der gesamten Fertigung betrachtet werden:

- Notwendige Fertigungsdaten
- Gesamter Maschinenpark
- Logistik
- Mitarbeiter

Zukunftsgerichtete Produktionssysteme im Holzbau werden geplant und gesteuert, die Produktionsreihenfolge ist fixiert und die Materialdisposition orientiert sich daran.
Weiterhin sind die notwendigen Prozess- und damit Fertigungsschritte eindeutig und nicht dem Werker überlassen. Nur so kann die geforderte Qualität und Leistung erreicht werden.
Ein Fertigungssystem soll zudem auch Rückmeldungen geben: was wird an welcher Stelle gerade gemacht, mit welcher Qualität, in welcher Zeit und zu welchen Kosten.
Heruntergebrochen auf Maschinenebene zeigen die folgenden Beispiele optimierte Fertigungssysteme mit hoher Flexibilität.

4.1. Plattenzuschnitt: Portalroboter

Abbildung 5: Portalroboter als Flächenlager für Plattenzuschnitt

(https://www.homag.com/produktdetail/kommissionier-lager)

Für den Zuschnitt von Plattenwerkstoffen, fast aller Art, eigenen sich liegende Plattensägen als auch CNC-gesteuerte Maschinen die im Nestingverfahren das Plattenmaterial optimal ausnutzen und den Verschnitt möglichst gering halten.
Zur automatischen Zufuhr der unterschiedlichsten Materialien werden meist Portalanlagen eingesetzt, die völlig flexibel in der Größe verfügbar sind. Damit lassen sich unterschiedlichste Formate und Materialien einlagern und der Bearbeitungsmaschine zuführen.

4.2. Beschickung Abbundanlage: Portalroboter

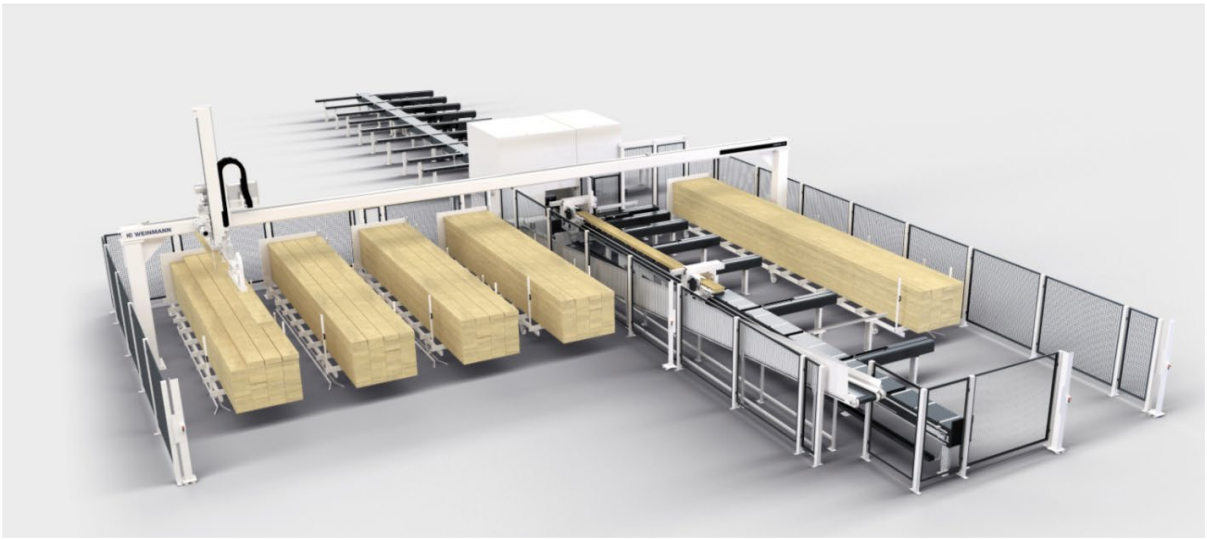


Abbildung 6: Portalroboter für die Beschickung einer Abbundanlage (Paketware)
(https://www.homag.com/produktdetail/linienportal-storeteq-h-300)

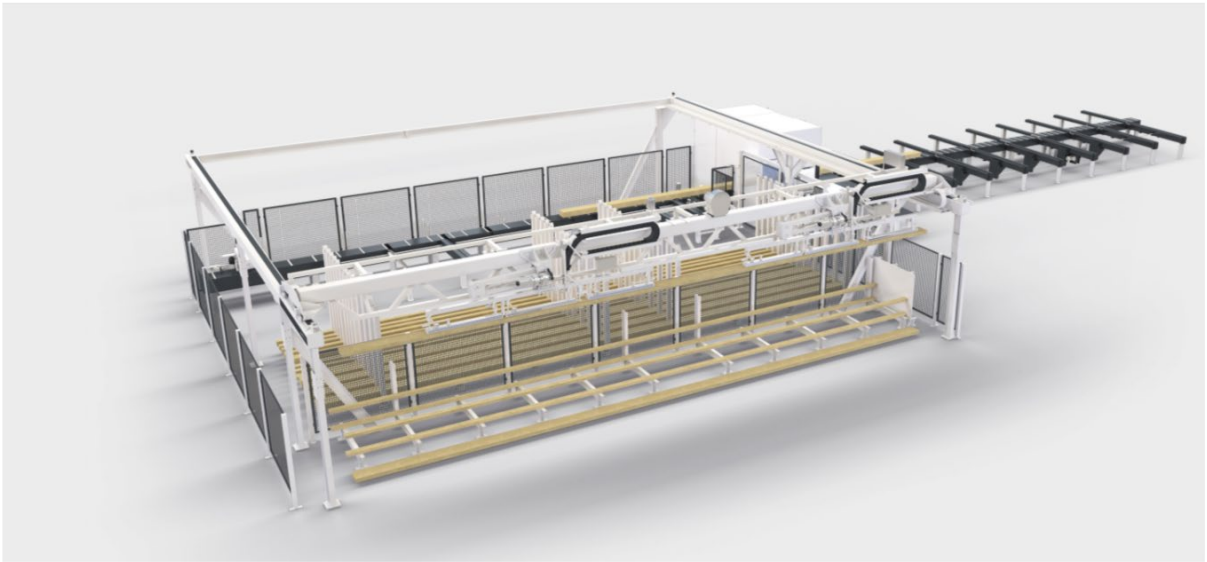


Abbildung 7: Portalroboter für die Beschickung einer Abbundanlage (Rungenlager)
(https://www.homag.com/produktdetail/beschickungsportal-storeteq-h-700)

Für den Abbundbereich gibt es mehrere Systeme, um das Rohmaterial zuzuführen. Die Abbundanlagen selbst optimieren entweder nach verfügbarer Rohwarenlänge oder können entsprechend der vorgenerierten Holzliste die Bauteile bearbeiten.
Die Zuführung erfolgt mit Linearportalen, die je nach Anforderung entweder aus Paketware entstapeln oder sofern viele unterschiedliche Querschnitte benötigt werden, aus sogenannten Rungenlagern automatisch das richtige Material zuführen.

4.3. Riegelwerk: Roboter

Abbildung 8: Roboter für den Stieleinbau Riegelwerkstation

(https://www.homag.com/fileadmin/product/houseconstruction/brochures/WEINMANN-Gesamtprogramm-fuer-den-Holzbau-DE.pdf)

Der Einsatz eines Roboters im Bereich der Herstellung von Riegelwerken erfordert eine Reihe von weiteren Maschinen und Software, um möglichst effizient fertigen zu können.
Die Mindestanforderung ist eine automatische Beschickung von sogenannten Standardstielen. Diese werden über Linearportale und Rollbahnen auf den Abholplatz des Roboters gefördert. Damit sind jedoch nur rechteckige Elemente zu produzieren. Sollen Giebel und Kniestockwände erstellt werden, müssen weitere Systeme integriert werden.
Dazu gehört eine Abbundanlage mit Sortierspeicher der alle Abbundteile, die bearbeitet werden müssen, da nicht aus den Standardstielen zu nehmen, just in time an die Riegelwerkstation liefert. Die Bauteile werden dabei über die Zuschnittsoptimierung der Abbundanlage gefertigt, chaotisch eingelagert und in der Fertigungsreihenfolge wieder ausgelagert. Ebenso müssen die Unter -und Obergurte passend zugeschnitten und bearbeitet sein und in der richtigen Reihenfolge der Riegelwerkstation zugeführt werden.
Um solch ein System zu steuern bedarf es eines sogenannten MES Systems, das sicherstellt, dass die Produktionsdaten zum richtigen Zeitpunkt bereitgestellt werden. Da sich in solch einem System immer mehrere Wände befinden, ist es notwendig zumindest immer einen Tag im Vorfeld die Produktionsreihenfolge komplett festgelegt zu haben.

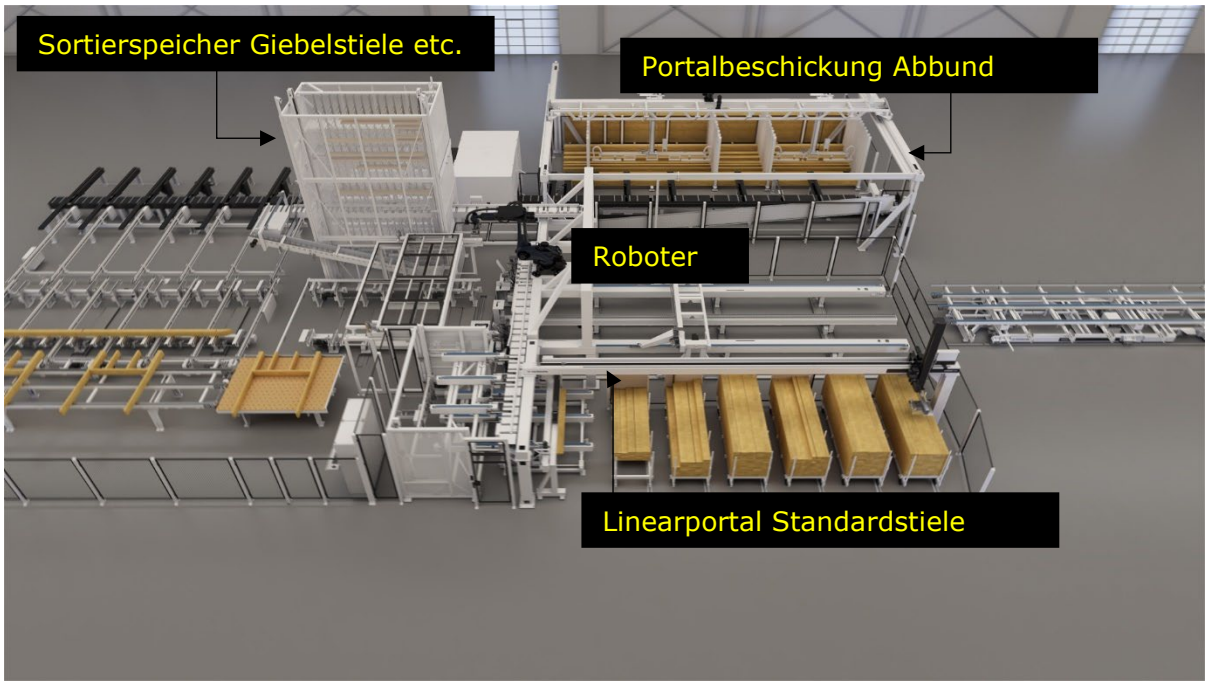


Abbildung 9: Flexible automatisierte Fertigungszelle für die Riegelwerkserstellung
Quelle: Weinmann Holzbausystemtechnik GmbH

Abbildung 10: Roboter für den Stieleinbau Riegelwerkstation

(https://www.randek.com/de/robotic-system/auto-wall-system-s3000-2)

4.4. Weitere Anwendungen: Beplankung, Dämmung und Fassade

Abbildung 11: Roboter für das Auflegen von Platten

(https://www.youtube.com/watch?v=yEPjDE35gng)

Abbildung 12: Roboter für das Auflegen von Platten in Kollaboration mit einer CNC Portalanlage

(Quelle: Weinmann Holzbausystemtechnik)

Abbildung 13: Roboter für das Dämmen von Gefachen

(Quelle: Weinmann Holzbausystemtechnik)

Abbildung 14: Roboter für den Grundputzauftrag

(Quelle: Weinmann Holzbausystemtechnik)

5. Logistik

Das Produktionsumfeld ist immer nur so gut wie die Logistik. Sehr häufig findet die Leistungssteigerung einer Anlage nicht in der Produktionsanlage selbst statt, sondern in der Logistik der zu verbauenden Teile.
Ist das Rohholz zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Menge am richtigen Ort? Sind die Platten vorhanden die gebraucht werden, ist die Dämmung vorhanden usw.?
Es gibt eine Vielzahl an Fragen, die beantwortet werden müssen und viele Prozesse müssen richtig ablaufen, damit eine flüssige Produktion überhaupt ohne Unterbrechung zustande kommen kann.
Um das sicher zu stellen, können heute automatische gesteuerte Systeme, sogenannte FTS/AGV (Fahrerlose Transport Systeme) eingesetzt werden. Diese werden über eine MES-Software gesteuert (**M**anufacturing **E**xecution **S**ystem).
Diese Transport-Systeme stellen genau obiges sicher. Es gibt verschiedenste Ausführungen für unterschiedliche Transportaufgaben. Beispielhaft sind im Folgenden zwei Systeme zu sehen, einmal für den Plattentransport und einmal für Ein-Auslagerungsaufgaben aus dem Hochregal.

Abbildung 15: Fahrerloses Transport System von HOMAG

(Homag-Fahrerlose Transportsysteme)

Abbildung 16: FTS Stapler von Jungheinrich

(https://www.jungheinrich.de/systeme/automatisierte-flurfoerderzeuge/fahrerlose-transportsysteme/eks-215a-988726)

Für den Transport der kompletten Elemente (Wand-, Dach-, Deckenelemente) werden derzeit immer noch Krananlagen und schienengebundene Transportsystemen verwendet. Zukünftig kann auch hier die Kombination von Basiskomponenten aus FTS Systemen mit intelligenten Ladesystemen, den Transport und die Verladung der großen Elemente deutlich vereinfachen.
Allerdings darf an dieser Stelle nicht vergessen werden, dass das Thema Sicherheit im Produktionsumfeld immer höhere Anforderungen an die Automatisierung stellt. Und dies umso mehr bei großen und schweren Bauteilen.

6. Fazit

Die Möglichkeiten einer optimierten und flexiblen Fertigung sind sehr groß und umfangreich. Inwiefern man alle technischen Möglichkeiten ausschöpfen kann und möchte, orientiert sich an vielen Faktoren. Diese hier aufgeführten Punkte sind dabei nur ein Auszug. Wichtig ist es immer den Gesamtkontext mit in Betracht zu ziehen.
Grundsätzlich gilt es zu berücksichtigen, dass mit steigendem Automatisierungsgrad eine gewisse Standardisierung notwendig wird.
Liegt der Schwerpunkt darauf, in der Fertigung eine maximale Flexibilität für unterschiedliche Bauteile zu erreichen, ist die Verbindung einer Automatisierung mit manuellen Arbeitsplätzen das optimale System.
Ob hierbei Portalroboter, Industrieroboter oder andere Systeme gewählt werden, muss sich an der Automatisierungsanforderung orientieren.
Grundlage aller Automatisierung bleiben jedoch die Produktionsdaten. Damit ist die Qualität der Arbeitsvorbereitung grundsätzlich der Start und Schlüssel zum Erfolg.

Nachhaltiges Wohnen für alle – Warum die Bauindustrie einen Technologieschub braucht

Bernd Oswald
GROPYUS AG
Wien, Österreich

Nachhaltiges Wohnen für alle – Warum die Bauindustrie einen Technologieschub braucht

1. Die Schwächen der Industrie

Der Bausektor ist im Vergleich zu anderen Sektoren wie dem Automobilbau technologisch veraltet. Gleichzeitig hat er eine enorme volkswirtschaftliche, ökologische und soziale Bedeutung. Das Bauvolumen in Deutschland allein beträgt jährlich 430 Mrd. €. Weltweit erwirtschaftet der Bausektor 13% des Bruttoinlandsprodukts. Die wirtschaftliche Bedeutung zeichnet sich überdurchschnittlich in der Höhe der CO2-Emissionen der Branche ab. Die Zementproduktion steht für 8% der weltweiten CO2-Emissionen und die Bauwirtschaft für 35% des Müllaufkommens in der EU. Trotz des hohen Stellenwerts fehlt in den meisten führenden Volkswirtschaften fehlt bezahlbarer, qualitativ akzeptabler Wohnraum. Trotz dieser Größe und Bedeutung ist es nicht absehbar, wann ausreichend leistbare Wohnungen verfügbar sein werden.
Die gegenwärtige Bauindustrie ist fragmentiert, intransparent, unproduktiv und konsumiert große Mengen an Ressourcen. Pro Bauprojekt sind viele, teilweise schlecht koordinierte und nicht ausreichend ausgebildete Parteien damit beschäftigt, nicht wiederholbare «Unikate» ohne Skaleneffekte zu schaffen. Software, Automatisierung und Industrialisierung sind wenig implementiert und wenn überhaupt, dann nur in Teilen der Wertschöpfungskette. Die Arbeitsproduktivität pro Stunde der internationalen Bauwirtschaft ist seit 1990 um 50% gesunken, während der Maschinenbau seine Produktivität verdoppelt hat. Gleichzeitig beschleunigt sich der Kostenanstieg immer weiter (67% preisbereinigt 1997 bis 2017), u.a. durch einen Fehlerkostenanteil von 14%.
Das Geschäftsmodell von GROPYUS adressiert diese Defizite, indem wir die überaus fragmentierten Prozesse der Baubranche konsolidieren, indem wir die komplette Prozesshoheit über alle Schritte vom Grundstückserwerb bis zum Betrieb des Gebäudes besitzen und damit die gesamte Wertschöpfungskette bedienen. Damit wird die Anzahl der Stakeholder, Systembrüche und generell der Ineffizienzen der Branche dramatisch reduziert, was zur Optimierung der Produkte und der Prozesse führt. Dies schlägt sich unter anderem in der hohen Nachhaltigkeit, in der Planungssicherheit, in einer akkurateren Kostenplanung und in der Reduktion der Zeiten auf der Baustelle nieder.

2. Ein möglicher Lösungsansatz

GROPYUS adressiert mit seinem Unternehmenskonzept ein zentrales und immer akuter werdendes Problem unserer Zeit: leistbaren, qualitativ hochwertigen Wohnraum für alle Menschen bereitzustellen und dabei verantwortungsbewusst mit Natur und Umwelt umzugehen. Über 340.000 neue Wohnungen pro Jahr fehlen aktuell in Deutschland. Bis zum Jahr 2030 wird sich der Nachholbedarf an bezahlbarem Wohnraum auf 2 bis 4,4 Mio. allein in Deutschland belaufen.
Da die klassische Wertschöpfungskette der Bauindustrie in der Regel zum einen sehr stark projektorientiert (das einzelne Bauprojekt) und zum anderen hochgradig fragmentiert (Vielzahl an Beteiligten von der Planung bis zu den ausführenden Gewerken) ist, braucht es zur Problemlösung eine völlig neue Herangehensweise: ausgehend von den Bedürfnissen der Nutzer*innen muss ein ganzheitlicher und nachhaltiger Ansatz verfolgt werden. Hohe Standardisierung, hohe Vorfertigungsraten, digitalisierte voll automatisierte Prozesse sind dazu ebenso wichtig wie ein eigens entwickeltes Gebäude-Betriebssystem mit optimalem Nutzen für die Kund*innen. Denn schon der Ökonom Peter Drucker meinte, «was man nicht messen kann, kann man nicht verbessern».
Mit dem Einsatz modernster Technologien in der Softwareentwicklung/Robotik und mit dem Fokus auf die gesamte Wertschöpfungskette entwickelt, baut und betreibt GROPYUS Mehrfamilienhäuser (ab 50 Wohneinheiten) in serieller Holz- bzw. Holz/Hybridbauweise.

Dazu muss die Industrie in folgenden Bereichen innovativer sein:

- Dem Grundstücksankauf sowie der Immobilienplanung und -entwicklung
- Der Entwicklung von Technologien und Fertigungsanlagen, welche die komplette Wertschöpfungskette von Planung, Fertigung und Bestandshaltung abdecken
- Eigene, hochautomatisierte Fertigungsanlagen zur Modulherstellung mittels Roboterzellen-Fertigung statt klassischer manueller oder Linienfertigung
- Der durchgehenden Digitalisierung des gesamten Gebäudeerstellungs- und Betriebsprozesses, unter anderem durch einen selbstentwickelten Konfigurator zur Erstellung vorgefertigter, modularer Gebäude und
- Datengetriebener Smart Building Technologien und Services.

GROPYUS zB, konsolidiert die überaus fragmentierten Prozesse der Baubranche und reduziert die Anzahl der Stakeholder, Systembrüche und generell der Ineffizienzen der Branche dramatisch, was zur Optimierung der Produkte und der Prozesse führt. Dies schlägt sich unter anderem in der Planungssicherheit, in einer akkurateren Kostenplanung und in der signifikanten Zeitersparnis auf der Baustelle nieder.

3. Die erforderlichen Produktschwerpunkte

Aus der Sicht auf das Gesamtunternehmen lässt sich der Leistungsumfang bzw. das Produkt am besten durch die Zielsetzung des Unternehmens beschreiben, nämlich – im Fall von GROPYUS – leistbaren, nachhaltigen und qualitativ hochwertigen Wohnraum zu schaffen. Zu diesem Zweck werden Gebäude in Systembauweise geplant, die wesentlichsten Gebäudekomponenten selbst hergestellt, die Gebäude montiert und diese entweder selbst betrieben oder veräußert – in jedem Fall wird zum Betrieb des Gebäudes die von GROPYUS entwickelte Smart Building Lösung (BOS = Building Operating System) eingesetzt. Essenziell ist dabei die im Gesamtprozess durchgängige digitale Integration, was zur uneingeschränkten Prozesshoheit führt, auch wenn einzelne Prozessschritte durch Dritte ausgeführt werden.
«Building as a product» bedeutet für GROPYUS, dass die Gebäude nicht wie klassische Gebäude Unikate, sondern Produkte sind, die zwar regelmäßig anders aussehen und konfigurierbar sind, aber nicht neu geplant werden müssen. Der dahinter liegende, «legoartige» Systembaukasten eröffnet die Möglichkeit, Fertigung, Qualität und Kosten zu optimieren. Basierend auf Markt- und Kund*innenforschung (user centric approach) muss universelles und integratives Design angewandt werden, um die Gesundheit und das Wohlbefinden der Mieter*innen zu fördern. Ebenso notwendig ist die Schaffung von qualitativ hochwertigen Wohnräumen, z.B. mit optimierten Grundrissen, verbesserter Akustik, Zugänglichkeit für alle oder gemeinschaftsförderndem Design.
Nachhaltigkeit ist Teil der DNAaller Produkte und fließt in jeden Schritt unserer Prozesse ein. Wir setzen eine Vielzahl an Maßnahmen um, z.B. stellen wir sicher, dass wir den Lebenszyklus des verwendeten Materials verstehen, wählen diejenigen aus, die sich positiv auf die Gesundheit unserer Mieter*innen und unseres Planeten auswirken, respektieren die biologische Vielfalt vor Ort, arbeiten an der Abfallvermeidung und verwalten Trinkwasser effizient.

Die GROPYUS Produkte lassen sich in drei Bereiche bzw. Module gliedern:

1. Digitaler Prozess vom Grundstückserwerb über die Planung, die Komponentenfertigung bis hin zur Inbetriebnahme des Gebäudes
2. Das Bausystem im Sinne der technischen Ausgestaltung der Gebäude
3. Building Operating System – das Betriebssystem des Gebäudes

3.1. Digitaler Prozess

Bereits bei der Prüfung des Grundstückserwerbs werden die Bebauungsmöglichkeiten unter Nutzung des Bausystems mittels Konfigurators überprüft. Dabei werden die gegebenen Rahmenbedingungen der Bebauungsmöglichkeiten und die im System vorhandenen Grundrisstypen übereinandergelegt. Das Ergebnis ist im ersten Schritt eine Bewertung des

Grundstücks aus betriebswirtschaftlicher und technischer Sicht. Wenn es zum Erwerb kommt, können die Daten aus dem Konfigurator in den Fertigungs- bzw. Bestellprozess überführt werden – sämtliche erforderlichen Materialkenngrößen sind zu dem Zeitpunkt bereits vorhanden und erlauben eine Fertigung der Komponenten (Decken- und Wandelemente) im eigenen Produktionswerk. Das geschieht ohne die sonst üblichen manuellen Interventionen wie Programmierung der Fertigungsaggregate. Die Robotersteuerungen werden somit direkt vom MES (Manufacturing Execution System), das Teil der Technologielandschaft von GROPYUS ist, mit allen Daten versorgt. Die automatisierte Ansteuerung der Roboterzellen ist bereits im Einsatz und wurde im Rahmen der Fertigung der Gebäudekomponenten für das erste Projekt in Weißenthurm (Projekt «Nette») erfolgreich eingesetzt. Je nach Bauteil konnten Automatisierungsgrade der Fertigung von bis zu 76% erreicht werden. Durch weitere Ausbauschritte wird der Automatisierungsgrad auf bis zu 85% angehoben.

3.2. Das Bausystem

Das Bausystem beschreibt das Zusammenspiel der einzelnen Gebäudekomponenten mit der Ausrichtung auf industriell fertigbare und replizierbare Teile. Die Nutzung von Holz bzw. anderen nachhaltigen Materialien steht dabei im Vordergrund, wobei besonderes Augenmerk auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bewohner*innen gelegt wird. Entsprechend den Bedürfnissen der zukünftigen Mieter*innen wurden optimierte Grundrisse und Materialien definiert, die sämtlichen Anforderungen der Barrierefreiheit entsprechen, um auch hier möglichst inklusiv zu sein. Durchschnittliche Wohnungsgrößen bewegen sich je nach Projekt zwischen 60 und 70 Quadratmetern und werden als leistbare Wohnungen positioniert. Durch systemunterstützte Rückmeldungen aus der Planung, Fertigung, Montage und dem Betrieb wird das System permanent weiterentwickelt und optimiert. Daraus ergeben sich deutliche Einsparungspotenziale, die die Leistbarkeit des zur Verfügung gestellten Wohnraums nochmals positiv beeinflussen.

3.3. Das Betriebssystem

Das Betriebssystem der Gebäude besteht im Wesentlichen aus den beiden Komponenten Hardware und Software. Hardwareseitig wird im Gebäude durch die aus Industriekomponenten aufgebauten Controller ein Bluetooth-Mesh erzeugt, mittels Sensoren und entsprechender Aktoren ausgesteuert und für die Benutzer*innen bedienbar. Die Software für die Bedienung ist auf Smart Devices wie Tablets und Mobiltelefonen einsetzbar. Sämtliche Bedienfunktionen sind im Hinblick auf ihre Verwendung auch für Personen mit Beeinträchtigungen optimiert – für Gehörlose, Blinde oder in ihren Bewegungsmöglichkeiten eingeschränkte Personen. Damit wird das Ziel verfolgt, möglichst inklusiv und für alle Bevölkerungsgruppen zugänglich zu sein. Durch die genutzte Wireless-Technologie werden auch Verkabelungen etc. minimiert, was am Ende den Mieter*innen im Rahmen niedrigerer Mieten zugutekommt. Gleichzeitig eröffnet das eigene BOS (Building Operating System) auch die Möglichkeit, weitere Dienstleistungen wie Internetzugang oder Zugang zu TV-Programmen über die gleichen Interfaces anzubieten und zu steuern. Darüber hinaus bietet die Plattform auch die Integration in die Systeme der Betreiber bzw. Hausverwaltungen an. Eine potenzielle Nutzung in nicht von GROPYUS errichteten Gebäuden ist ebenfalls möglich und in der Ausgestaltung des Systems vorgesehen.

4. Nachhaltigkeit im Fokus

Ein Schwerpunkt bei der Errichtung der Gebäude ist eine ökologisch effiziente Holz-Leichtbau-Konstruktion. Sie zeichnet sich durch den Einsatz von Holz als primären und nachwachsenden Baustoff aus. Andere Materialien werden beispielsweise nur dort eingesetzt, wo es notwendig ist, z.B. bei der Dämmung oder dem Fundament. Auch hier wird mit Partnern und Forschungseinrichtungen daran gearbeitet, möglichst viele mineralische Baustoffe durch Materialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe zu ersetzen, um die Umwelt und das Klima zu schützen und Ressourcen regenerativ einzusetzen. Die Gebäude erfüllen den sogenannten Null-Energie-Standard und verfügen über moderne Technologien zur Energieerzeugung wie den Einsatz von Fotovoltaik-Fassaden. Selbstverständlich schenkt GROPYUS angesichts zunehmenden regionalen «Wasserstresses» in Europa auch

dem Wasserkreislauf besondere Aufmerksamkeit: die Gebäude und ihre Nutzer sollen Frisch- und Trinkwasser so effizient wie möglich verwenden. Dieses Ziel erreicht GROPYUS über eine Kombination aus sehr effizienter Haustechnik, wassersparenden Armaturen und der Nutzung von Regenwasser als Brauchwasser. Die Optimierung der Wertschöpfungskette durch Automatisierung trägt ebenfalls dazu bei, möglichst viel CO2 einzusparen. Geplant ist ebenfalls, dass die Standorte der Produktion nicht mehr als 300 Kilometer vom Bau eines Gebäudes entfernt sind, um künftig die Transportwege kurz zu halten.

BoKlok – Skanska & Ikea's innovative and sustainable wood building concept for the many people in Sweden, Norway, Finland and the UK

Jerker Lessing
BoKlok Housing AB
Malmö, Sweden

BoKlok

BoKlok was founded in 1995 as a joint-venture between the construction company Skanska and the furniture company IKEA, with the aim to build qualitative, affordable homes for small households, with normal incomes. Two individuals were instrumental for the collaboration, Ingvar Kamprad, founder of IKEA and Melker Schörling, chairman of Skanska.

Figure 1: BoKlok's founders Melker Shörling and Ingvar Kamprad

Today, BoKlok is active on four markets: Sweden, Norway, Finland and the UK. On each market we offer market specific products, single family homes and apartments in multi-family residential buildings. These products (building types) are produced in the same way, based on wood-based volumetric elements, produced in factories, but with market specific configurations.

BoKlok builds around 1000 homes annually, adding to the approximately 15.000 homes that have been built since the start.

Already from the start, it was clear that BoKlok should be a concept based on a product approach, industrialized production and using a wood-based structure for the building of the homes.

1. BoKlok's development in three steps

The development of the BoKlok concept followed three main steps:

1. Investigation of the customer and market segment
2. Developing the products
3. Developing and establishing the production system

1.1. Investigation of the customer and market segment

The development started with customer investigations and analyses of cost limits and the target customers' needs and priorities. Further, insights regarding demography, customer groups and segments, cities' expansion plans etc gave important input to what BoKlok should focus on and answering the questions for whom shall we build? where do they want to live? what do the need in their home?

A result of these investigations was a target customer identification, illustrated by a single pre-school teacher with one child, who always shall be able to afford a home from BoKlok. This method has been part of BoKlok's continuous processes ever since, meaning that we constantly investigate our customer group's financial ability, needs and priorities, to make sure we develop customer offerings in line with our customers.

1.2. Developing the products

The second step in developing BoKlok was to use the customer insights as input to product development.
The chosen formula was a narrow range of highly defined products, consisting of the homes, the buildings and surrounding green spaces.
The products are structured in a Product Platform with a very high degree of pre-definition of included solutions. This enables a fast and reliable configuration of the projects, with well-known solutions that are suitable for production, transportation and assembly all the while high-quality homes and buildings are built.
An important part of the Product Platform is the choice to build with volumetric elements. Standardized apartments are divided into standardized volumetric elements, to be factory-produced. Rules define how these volumetric elements can be combined. For example, our multi-family buildings in Sweden can be combined into 2-, 3-, or 4-storey buildings with a variation in length. Facades, and roofs can be varied and in that way project-specific solutions are created, but with very high level of pre-definition. The apartments are standardized with a range of different apartment sizes that can be combined according to the need in the project.
The apartments have few customization options, however the apartments are designed for high functionality giving high utilization of space. Experts from IKEA are involved in the design, contributing with knowledge about furnishing to get the layout flexible with different furnishing combinations, making the compact apartments fit different family structures and needs.

Figure 2: A BoKlok apartment in Sweden, here with furniture from IKEA.

As mentioned above, BoKlok is specialized in building affordable homes for its selected customer segment. This specialization affects the whole company, from marketing and sales, through product development, manufacture, sourcing, land acquisition etc., by setting cost limits that need to be managed in order to successfully deliver according to the selected customer segment.

1.3. Production System

The third step in the development was to develop the production system for the developed products. Since BoKlok is specialized in a narrow range of products, the production system could be optimized to deliver only these products. In Sweden, BoKlok has our own factory, producing modules only for Swedish BoKlok-projects. This means that the factory is optimized for this and nothing else.
The factory produces flat panels for walls, floors and ceilings. These panels are then put together into volumetric elements (modules) that are completed to a very high degree of prefabrication. Approximately 85% of the total production work is executed in the factory, including the structural frame, insulation, windows, doors, electrical and HVAC installations, flooring, painting, complete kitchen, bathroom, external cladding, etc. Selected parts of the factory production utilize digitally controlled machines and robots that enable automated production and highly efficient processes. This is achieved through a strict structure of the building system which is managed in a software connected to the production equipment as well as to traditional CAD software. In the factory Lean Production methods are used to achieve high efficiency, quality, safety and engagement.

Figure 3: Automated machine producing wall elements in BoKlok's factory

Figure 4: Robots working on wall panels

Figure 5: Elements are put together to a volumetric element

After completion in the factory, the volumetric elements are transported to the building sites for assembly. This is a fast operation and in 3-5 days a 4 storey building is assembled.

Figure 6: Wood-based volumetric elements are assembled fast on the building site

The building sites have the nature of final assembly sites. After ground works and foundation follows assembly of the volumetric elements, roof elements and external structures are assembled. Complementing works and connection of installations and finishing works follows along with finalizing the site into a housing area with gardens, parkings, complementing buildings, play grounds etc. All site work follows standardized processes.

Figure 7: After assembly complementing work and installations follow

BoKlok's own factory has not enough capacity to build all modulesneeded in BoKlok's complete operations, whereas additional, external factories are producing for BoKlok, as suppliers. This complex flow of modules from different suppliers is managed by a supply chain management team within BoKlok.

2. Vertically integrated value chain

BoKloks business model is vertically integrated. Already from the start it was decided that BoKlok is a project development company, meaning that we acquire land that is turned into housing areas built up with the company's predefined «products» (the homes, buildings and the housing areas).
To achieve a high-productive and scalable production, BoKlok has established a vertically integrated value chain including land acquisition, in-house product development, technical department and a factory producing volumetric elements with a high level of prefabrication. BoKlok controls the whole process from land acquisition, through product development, factory production, site works and direct sales to customers. This has enabled us to optimize the processes.

Product- and building system development is executed by BoKlok´s engineers and long-term hired architects and consultants. The product platform is reviewed annually, following a structured program, and based on continuously collected experience and follow-ups throughout the company's processes as well as through

3. Sustainability

For BoKlok, sustainability is about making it possible for the many people to own a sustainable, quality home in a safe and prosperous community. We have set out a goal to be climate neutral by 2030, throughout the entire value chain. Building with wood is our starting point, but we are increasing our efforts in terms of installing solar PV on all our buildings since 2018, minimizing waste in factories and on sites, changing materials to lower carbon alternatives etc.
We are also planning for a full-scale pilot-project with innovative solutions for decreased water usage (60% decrease), local energy harvesting (solar PV, solar heat, geo thermal solutions, wind turbines) and improved thermal insulation. This project will be our test-bed for solutions that will be standard in BoKlok's product platform in the coming years, contributing to being climate neutral.

Figure 8: BoKlok's planned pilot-project «Grönhult» with innovative solutions for energy and water

4. Architecture and design quality

BoKlok has initiated a partnership with one of Sweden´s most influential architects, Tomas Sandell. This collaboration has resulted in a new version of our residential buildings with a distinct BoKlok identity and care for details and design. Tomas Sandell has a background as both architect and designer which shows in the way he has worked with the BoKlok buildings, treating them as products that can be varied in many different ways, but re-using the solutions and giving the details extra care.

Figure 9: Details and architecture in BoKlok's latest product version in Sweden

Vielfalt mit System – Einsatzmöglichkeiten der Holzrahmenbau-weise im mehrgeschossigen Objektbau

Stefan Anderl
ELK BAU GmbH
Wien, Österreich

Vielfalt mit System – Einsatzmöglichkeiten der Holzrahmenbauweise im mehrgeschossigen Objektbau

1. Einleitung

Die Holzrahmenbauweise ist seit mehreren Jahrzehnten als dominierende Bauweise für Fertighäuser im Einsatz. Der hohe Vorfertigungsgrad im Werk, die schnelle Montagezeit auf der Baustelle und ein sehr gutes Kosten-/Nutzenverhältnis haben dafür gesorgt, dass die große Mehrheit der Fertighäuser in Österreich und Deutschland in Holzrahmen ausgeführt werden.
Gleichzeitig war die Erfüllung von Brand- und Schallschutzauflagen und die statischen Anforderungen bei größeren Bauvorhaben in Holzrahmenbauweise immer mit Herausforderungen verbunden, die sich rasch in einem verringerten Kosten-Nutzen-Verhältnis niederschlagen können.
Viele Hersteller schrecken vor diesen zusätzlichen Herausforderungen bei größeren Bauvorhaben zurück, weshalb der überwiegende Teil der bisher in Holzrahmenbauweise errichteten Gebäude aus ein- oder zweigeschoßigen Einfamilienhäusern besteht.
Die ELK Fertighaus Gruppe ist der mit Abstand größte österreichische Fertighaushersteller und einer der europaweit größten Errichter von Gebäuden in Holzrahmenbauweise. In dem eigenen Produktionswerk in Schrems im nördlichen Niederösterreich werden seit dem Jahr 1973 Gebäude in Holzrahmenbauweise produziert. Aufgrund der hohen Nachfrage erfolgt die Produktion inzwischen in einem Dreischichtbetrieb, bei dem pro Tag ca. fünf Einfamilienhausequivalente produziert werden.

Abbildung 1: ELK Produktionshalle in Schrems, Niederösterreich

Im Gegensatz zu vielen anderen Fertighausherstellern setzt die ELK Fertighaus Gruppe die Holzrahmenbauweise aber nicht nur bei Einfamilienhäusern, sondern auch im mehrgeschoßigen Objektbau ein. Das Portfolio umfasst dabei mehrgeschossige Wohngebäude, Hotels, Büros sowie andere Gebäude wie beispielsweise Kindergärten oder Gesundheitseinrichtungen.

2. Einsatzmöglichkeiten

2.1. Mehrgeschoßiger Wohnbau

Die ELK Fertighaus Gruppe errichtet derzeit das größte österreichische Wohnbauprojekt in reiner Holzbauweise. In Ober-Grafendorf, wenige Minuten südlich der niederösterreichischen Landeshauptstadt St. Pölten, werden dabei 168 Wohnungen mit ca. 11.300 m² Wohnnutzfläche gebaut.
Die Anlage besteht aus vier baugleichen (teilweise gespiegelten) Baukörpern mit jeweils vier Geschoßen. Sie wurde gemeinsam mit dem Bauträger Mitras Immobilien Investment GmbH entwickelt und vom Badener Architekturbüro architurbo Architekturgesellschaft m.b.H. geplant.
Wesentlich dabei war, dass von Beginn an auf die für die Holzrahmenbauweise notwendigen Planungsgrundsätze eingegangen wurde, womit ein sowohl architektonisch attraktives als auch preislich sehr konkurrenzfähiges Gebäude entwickelt werden konnte:

- Die Grundrisse wurden so angelegt, dass trotz der durch die Bauweise vorgegebenen Spannweiten von 4,5 m attraktive Wohnungsgrundrisse angelegt werden können.
- Die ersten drei Geschoße sind als Regelgeschoße ausgeführt, aber das Dachgeschoß musste aufgrund der vorgegebenen Gebäudehöhe (Bauklasse III in Niederösterreich) als zurückversetztes Staffelgeschoß geplant werden. Um kostenintensive statische Maßnahmen zu vermeiden, liegen die Wände im Dachgeschoß großteils auf Wänden in den unteren Geschoßen auf. Gleichzeitig wurde die Gelegenheit genutzt, um in den Dachgeschoßen eine attraktive, umlaufende Dachterrasse zu schaffen.

Abbildung 2: Wohnpark Ober-Grafendorf – Grundrisse 2. OG und 3. OG/DG

Abbildung 3: Wohnpark Ober-Grafendorf – beispielhafter Grundriss Top 39

– Für die Freiflächen wurde mittels einer Loggia-/Balkon-Kombination aus Brettsperrholzplatten, die an drei Seiten im Gebäude verankert werden, eine optisch attraktive als auch baulich gut ausführbare Lösung gefunden.

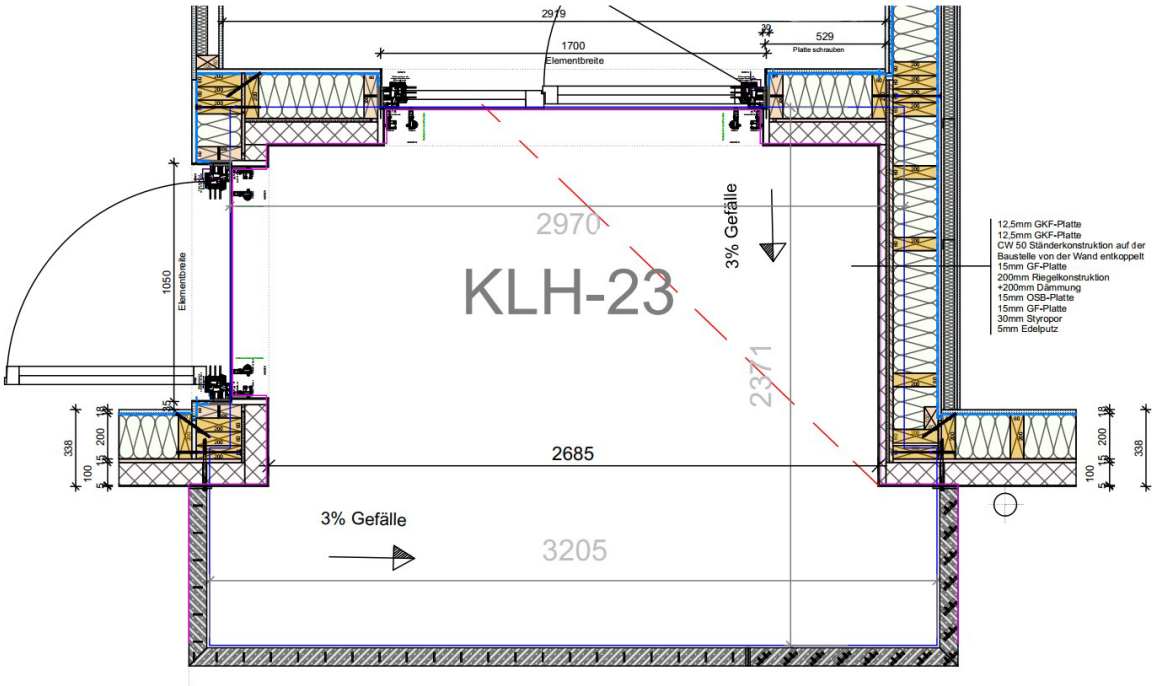


Abbildung 4: Wohnpark Ober-Grafendorf – Balkondetail

– Gleichzeitig war es für den Bauträger sehr wichtig, in der Ausnutzung der Liegenschaft und der Festlegung des Wohnungsmix nicht durch einen vorgegebenen Raster eingeschränkt zu sein. Dies konnte durch die ELK Bauweise verwirklicht werden, da die Wände in beliebiger Länge ausgeführt werden können. Die Planung sieht daher unterschiedliche Wohnungstypen zwischen 55-105 m² Wohnnutzfläche mit zwei bis vier Zimmern vor. Die von den Behörden vorgegebene Bebaubarkeit des Grundstücks konnte mit der ELK Bauweise zu 99% ausgenutzt werden.

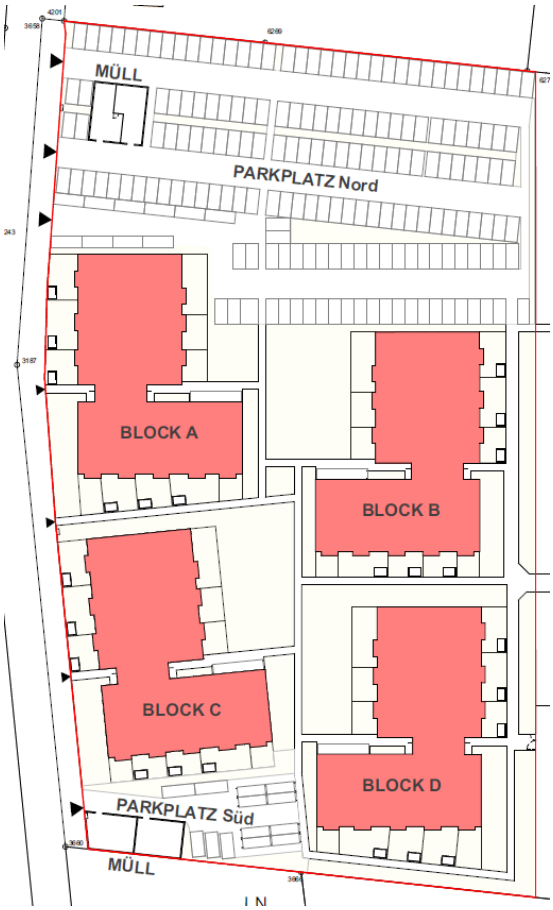


Abbildung 5: Wohnpark Ober-Grafendorf – Lageplan

Aufgrund der abgestimmten Planung war es möglich, dass Gebäude weitestgehend in der Standardbauweise der ELK Fertighaus Gruppe zu produzieren und montieren:

- Die Außen- und Innenwände werden in Holzrahmenbauweise ausgeführt.
- Die Wohnungstrennwände sind als eine Kombination aus einer Holzrahmenwand und einer entkoppelt vorgesetzten Metallständerprofilwand ausgeführt.
- Die Decken in den Wohnungen sind als Tram-Decken ausgeführt.

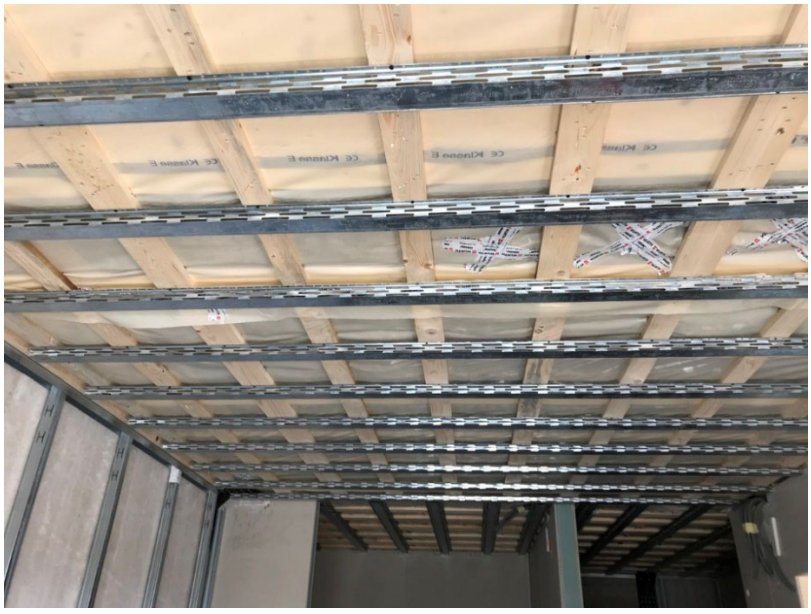


Abbildung 6: Wohnpark Ober-Grafendorf – Tram-Decken in den Wohnungen

- Die Decken in den Allgemeinbereichen sowie im Bereich der Dachterrassen sind in Brettsperrholz ausgeführt, um die notwendigen Leistungsführungen zu ermöglichen.
- Das Treppenhaus ist ebenfalls mit Holzrahmenwänden ausgeführt; der Treppenlauf ist aus Betonfertigteilen (das einzige Betonelement im Gebäude).
- Der Aufzugsschacht ist aus Brettsperrholz.

Beim ersten Gebäude startete ELK mit den Arbeiten (Holzbau ab Oberkante Fundament) am 08. März 2021, bereits im Dezember 2021 wurden die Wohnungen schlüsselfertig übergeben. Beim zweiten Gebäude begannen die ELK Hochbauarbeiten am 07. Juni 2022, im Frühsommer nächsten Jahres werden die Wohnungen schlüsselfertig übergeben. Nahezu zeitgleich starten die Arbeiten für das dritte von insgesamt vier Gebäuden.

Abbildung 7: Wohnpark Ober-Grafendorf Gebäude A – Montagebeginn im März 2021

Abbildung 8: Wohnpark Ober-Grafendorf Gebäude A – Dachgleiche im Juni 2021

Abbildung 9: Wohnpark Ober-Grafendorf – das fertiggestellte Gebäude A

Abbildung 10: Wohnpark Ober-Grafendorf Gebäude B – kurz nach der Dachgleiche im Oktober 2022

2.2. Hotel

Die oben skizzierte Ausführung eignet sich neben dem Wohnbau auch sehr gut für die Errichtung von Hotels. Die ELK Fertighaus Gruppe hat in den vergangenen Jahren über 25 Hotels und Motels in unterschiedlichen Größenordnungen und Preisklassen gebaut. Die kleinsten Ausführungen reichen von zweigeschoßigen Motels mit ungefähr 20 Zimmern, bis hin zu Vier Sterne-tauglichen Hotels mit über 100 Zimmern.
Aufgrund der hohen Wiederholbarkeit von gleichartigen Zimmern eignet sich der Hotelbau auch für den Einsatz von einzelnen Modulelementen, insbesondere von Sanitärzellen, die baulich in die flexiblere Holzrahmenbauweise eingefügt werden.
Exemplarisch sei hier das Hotel Am Essigmanngut in Anif bei Salzburg vorgestellt. Es handelt sich um einen Zubau an ein Bestandsgebäude aus dem 17. Jahrhundert. Der vom Büro 4juu Architekten, Hrn. DI Karl Gruber, geplante Neubau weist eine Nutzfläche von 1.560 m² auf drei Geschoßen auf und verfügt über 76 Betten.
Wichtig für die Bauherren war, dass sich das neue Gebäude harmonisch in die Umgebung und insbesondere in das bestehende historische Ensemble einfügt, aber gleichzeitig aktuellen technischen Standards entspricht. Der Neubau schließt mit einer als Frühstücksbereich genutzten Wintergartenkonstruktion an das Bestandsgebäude an und ist in einer modernen Holzoptik gehalten.

Der Montagebeginn für das Gebäude erfolgte im Oktober 2019 und das Gebäude konnte trotz einem sehr harten Winter plangemäß im Mai 2020 schlüsselfertig übergeben werden. Aktuell finalisiert ELK zwei Hotelprojekte: In Bruchsal, Baden-Württemberg wird das bestehende Gebäude des Seehotels Forst von ELK um ein 3-stöckiges Gebäude mit 83 Zimmern erweitert. Das Gebäude wird im Dezember 2022 nach rund 10 Monaten Bauzeit schlüsselfertig übergeben. In Waidhofen/Thaya, Niederösterreich errichtet ELK ein modernes Motel mit 28 Zimmern, das nach nur 5 Monaten Bauzeit Anfang Februar schlüsselfertig übergeben werden wird.

Abbildung 11: Hotel Am Essigmanngut während der Bauphase (innen)

Abbildung 12: Hotel Am Essigmanngut nach Fertigstellung (außen, links im Bild das Bestandsgebäude)

Abbildung 13: Hotel Am Essigmanngut nach Fertigstellung (innen)

2.3. Büro

Die Holzrahmenbauweise eignet sich auch für die Errichtung von Bürogebäuden. Entscheidend ist auch hier, dass bei der Konzeption und Planung des Gebäudes auf die Besonderheiten der Bauweise eingegangen wird.
Exemplarisch sei hier ein viergeschossiges Bürogebäude in der niederösterreichischen Bezirkshauptstadt Horn vorgestellt, dass die ELK Fertighaus Gruppe von März 2022 bis September 2022 für eine große Steuerberatungskanzlei errichtet hat.
Das Gebäude verfügt über ca. 1.100 m² Nutzfläche, die sich über vier Geschoße verteilen. Die ersten drei Geschoße sind Büros, während im vierten Geschoß zwei Dachgeschoßwohnungen mit Dachterrasse ausgeführt werden.
Die benötigten Spannweiten werden über auf Säulen bzw. Innenwänden aufliegenden Leimbindern ermöglicht. Durch den Einsatz von nicht tragenden Innenwänden kann aber auch genügend Flexibilität für spätere Anpassungen der Raumaufteilungen ermöglicht werden.

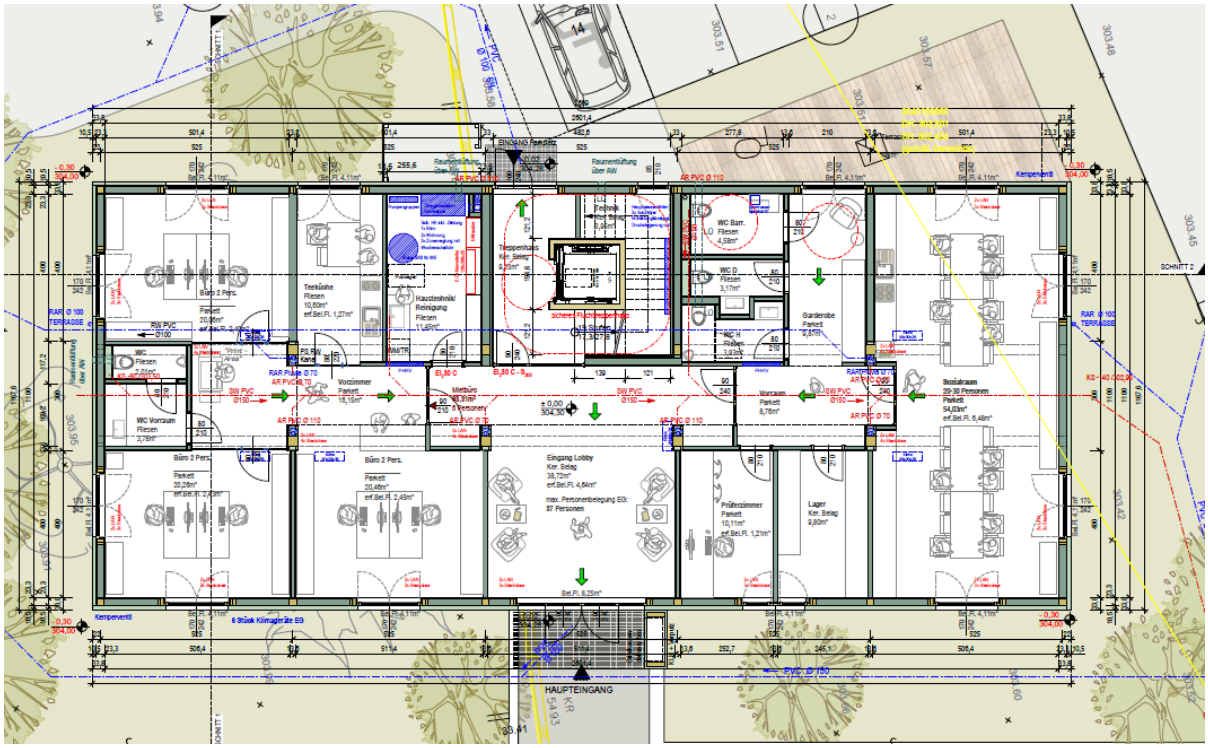


Abbildung 14: Bürogebäude Horn – Regelgeschoß

Abbildung 15: Bürogebäude Horn – Ansicht

Abbildung 16: Bürogebäude Horn

3. Kritische Faktoren

3.1. Planungsgrundsätze

Wie bereits skizziert, ist die richtige Planung maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit und Attraktivität des Gebäudes.
Allerdings ist es nicht notwendig, dass die planenden Architekten Holzbauexperten sein müssen, es ist lediglich von Vorteil, sich Grundkenntnisse anzueignen und sich mit dem Baustoff Holz und dessen Eigenschaften auseinandersetzen. Die ELK Fertighaus Gruppe hat eine vorbereitete Architektenmappe, in der die Planungsgrundsätze für die Holzrahmenbauweise kompakt zusammengefasst sind und in welcher auch Tipps für eine attraktive Ausführung gegeben werden. Damit können sich auch nicht mit der Bauweise vertraute Architekten rasch zurechtfinden.
Weiters beraten die Experten der ELK Fertighaus Gruppe auf Wunsch Bauherren und Architekten auch bereits vor oder während der Planungsphase in der Konzeption des Gebäudes. Jedenfalls erfordert die Holzrahmenbauweise bei Bauträgern und Architekten ein Umdenken im Planungsprozess, um ihre Vorteile voll nutzen zu können.

3.2. Schallschutz

Wie in allen Holzbauweisen ist Schallschutz ein kritischer Punkt, auf den in der Planung und Ausführung sehr viel Wert gelegt werden muss. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf dem Fußbodenaufbau und den Wohnungstrennwänden.
Sämtliche von ELK verwendeten Wandaufbauten verfügen über entsprechende Zertifizierungen. Zusätzlich werden bei jedem Projekt auch Schallmessungen von unabhängigen Instituten durchgeführt.
Beim oben vorgestellten Wohnbau in Ober-Grafendorf wurden beispielsweise an 15 repräsentativen Messpunkten Messungen auf Tritt- und Luftschall durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die maßgeblichen Normwerte deutlich übererfüllt werden konnten. Zusätzlich ist positiv zu bemerken, dass zwischen den Messpunkten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt wurden, was für eine konstant hohe Ausführungsqualität spricht.

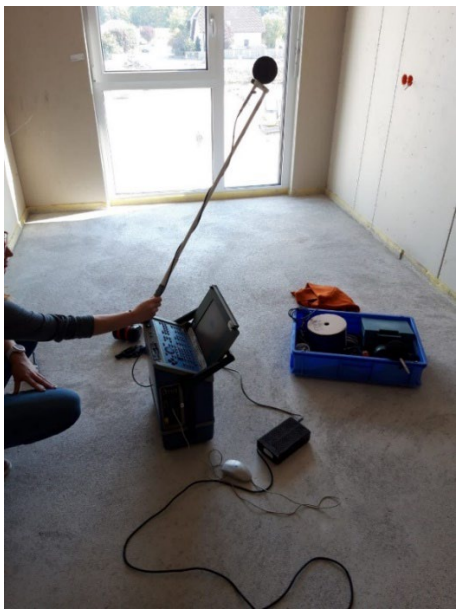


Abbildung 17: Schallmessung beim Wohnpark Ober-Grafendorf

3.3. Brandschutz

Ähnlich wie beim Schallschutz gilt auch beim Brandschutz, dass ELK grundsätzlich zertifizierte Bauteile verwendet, deren Brandschutzeigenschaften damit eindeutig dokumentierbar sind.
Die Brandschutzauflagen sind im deutschsprachigen Raum regional unterschiedlich geregelt. In der ELK Standardbauweise, bei der die Aufbauten im Wesentlichen den ELK Einfamilienhäusern entsprechen, können derzeit in Deutschland und Österreich je nach Bundesland drei- bis fünfgeschossige Gebäude umgesetzt werden. Höhere Gebäude sind mit entsprechend angepassten Bauteilen oder Kompensationsmaßnahmen möglich.

3.4. Witterungseinflüsse

Während die Vorfertigung der Wände witterungsunabhängig in der Produktionshalle erfolgt, sind die Bauteile auf der Baustelle selbstverständlich der Witterung ausgesetzt und müssen im Falle von Regen entsprechend geschützt werden.

Die ELK Fertighaus Gruppe entgegnet diesem unter anderem mit:

- Entsprechender Montageplanung – Unterteilung in kleinere Bauphasen
- Aufbringung einer Bautenschutzfolie auf der Decke
- Eigens konstruierten Notdachelementen mit denen das noch offene Gebäude während der Bauphase bei kurzfristigen Regenfällen rasch abgedeckt werden kann.

Zusammenfassend kommt es daher auch bei schwierigen Wetterverhältnissen im Regelfall zu keinen nennenswerten Verzögerungen oder Qualitätsproblemen.

Abbildung 18: Winterliche Montageverhältnisse beim Wohnpark Ober-Grafendorf

4. Vorteile und Ausblick

Alle Holzbauweisen verfügen im Vergleich zu konventionellen Bauweisen über folgende Vorteile, die selbstverständlich auch für die ELK Bauweise gelten:

- Überragende CO2-Bilanz im Vergleich zu Stahlbeton oder Ziegel.
- Sehr rasche Montagezeit auf der Baustelle.
- Geringe Belastung der Anrainer mit Schall- und Staubemissionen.
- Konstante Qualität durch hohe Vorfertigung im Werk.

Zusätzlich dazu hat die von ELK angewendete Holzrahmenbauweise aber noch spezifische Stärken:

- Sehr hohe Skaleneffekte im Materialeinkauf und in der Produktion, da im Wesentlichen die gleichen Bauteile wie für Einfamilienhäuser verwendet werden können.
- Einfacher Planungsablauf als in vielen anderen Holz-/Holzhybrid-Bauweisen, da ELK ausschließlich zertifizierte Bauteile verwendet und für viele Details bereits Standardlösungen entwickelt hat, die nicht mehr vom ausführenden Planer neu definiert werden müssen.
- Größere Flexibilität als bei modul- oder rasterbasierten Holzbauweisen, so dass individuelle Gebäudekonzeptionen und eine optimale Ausnutzung des Grundstücks möglich sind.
- Über 60 Jahre Erfahrung in der Planung und Ausführung von Gebäuden in Holzrahmenbauweise bieten den Bauherren die Sicherheit für die termin-, qualitäts- und kostentreue Umsetzung ihres Projekts.

Die ELK Fertighaus Gruppe ist überzeugt, dass die Holzrahmenbauweise für viele Einsatzbereiche sehr gut geeignet ist und wird daher weiter in die Entwicklung von Lösungen für den mehrgeschoßigen Objektbau investieren. Unter anderem werden für zukünftige Projekte Lösungen für die standardisierte Einbindung von Sanitär- und Küchenmodulen sowie Lösungen für den Brandschutz in höheren Gebäudeklassen erarbeitet.

IHF-Prolog III

Holzhausbau-Forum

Bauen im Bestand:
Alte und neue Potentiale für den Holzbau

Zwischen Denkmalschutz und Urbaner Nachverdichtung – Potenziale für den Holzbau

Christof Schremmer
Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR)
Wien, Österreich

Zwischen Denkmalschutz und Urbaner Nachverdichtung – Potenziale für den Holzbau

1. Einleitung – Überblick

Der Beitrag versucht, das Potenzial für den Holzbau in einer rasch wachsenden Großstadt einzuschätzen, indem anhand des Beispiels Wien auf die verschiedenen Faktoren der Stadtentwicklung und insbesondere des Wohnbaus eingegangen wird. Dabei werden folgende Faktoren dargestellt:

- Die Entwicklungsdynamik in Stadt und Umland und der daraus erwartete Wohnungszuwachs
- Die Struktur des Wohnungsbestandes und des Wohnungsneubaus in der Stadt mit der Differenzierung in großflächige Entwicklung und die Integration in bestehende Bebauung
- Limitierungen und fördernde Ansätze, die bei der Bestandsintegration von Bedeutung sind.

Der Fokus der Darstellung liegt dabei darauf, grundsätzlich bestehendes Potenzial für den Holzbau aus Sicht der Stadtentwicklung darzustellen. Die spezifischen Herausforderungen bei der Veränderung einer bestehenden «Stein-, Ziegel- und Betonbau-Kultur» können hier nicht thematisiert werden.
Es wird hier davon ausgegangen, dass in Hinblick auf die Erreichung der Klimaziele die Holzbauweise deutlich günstiger liegt als die gängigen Bauweisen und dass es deshalb zu einer neuen Ausrichtung der Bauträger und der technischen Standards in diesem Sinne kommen wird – ohne dies hier substanziell darstellen zu können.

2. Faktor 1: Klimapolitik und Stadtentwicklung

Der EU-Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 gibt eine Emissionsreduktion von mindestens 55% vor, um das übergeordnete Ziel - die Einhaltung oder Unterschreitung der 2°C-Erwärmung Ziels -zu erreichen. Für Industrieländer bedeutet dies einen weitgehenden Verzicht auf den Einsatz fossiler Energieträger bis Mitte des Jahrhunderts.

In Übersetzung für die Stadtentwicklung bedeutet dies,

- eine kompakte und ÖV-orientierte Raumstruktur und eine höchst effizientes Verkehrssystem zu entwickeln
- die Nachverdichtung und prioritäre Entwicklung von Standorten mit guter ÖV-Erschließung
- daher auch die effiziente Nutzung vorhandener Bausubstanz, Infrastruktur und Flächenreserven in jenen Standorten
- eine Transformation der Energiesysteme, v.a. in Hinblick auf Heizung, Kühlung sowie die Erzeugung und Verteilung erneuerbarer Energie (PV- und Solarthermieanlagen auf Dächern, Ersatz von Öl- und Gasheizungen)
- die Anpassung an Hitze und Starkregenereignisse im städtischen Kontext, d.h. möglichst Durchgrünung und Beschattung im öffentlichen Raum, Fassadenbegrünung und hohe Kapazitäten bei der Regenwasserversickerung und -ableitung. (zusammenfassend aus [1] [5] [6] [7])

Unter all diesen Anforderungen kann Holzbau relevante Beiträge leisten – nicht nur wegen des Materials selbst, sondern auch durch die mit der Bauweise verbundene Flexibilität und Einpassung bei der Veränderung des Baubestands. Die besondere Herausforderung besteht darin, Sektorziele bei der Raumentwicklung für Wohnen und Wirtschaft zu verknüpfen mit der Versorgung durch erneuerbare Energie und den Anforderungen der Klimaanpassung. Hier bieten sich große Chancen, aber auch Interessenskonflikte und das Beharrungsvermögen bestehender Systeme.

In Bezug auf eine künftig stärkere Nutzung der Holzbauweise in der Stadtentwicklung ist auf die extremen Wohnungskostensteigerung der letzten Jahre hinzuweisen, die im Wettbewerb der Anbieter auch neue Rahmenbedingungen schafft: So müssen etwa im Segment des sogenannten «leistbaren Wohnbaus», v.a. des geförderten und gemeinnützigen Wohnbaus die sehr engen Kostengrenzen eingehalten werden können – dies könnte auch neue Chancen eröffnen. Bei den über den eigentlichen Wohnbedarf hinausgehenden Errichtungen von teureren, freifinanzierten Wohnungen ist der Spielraum größer, v.a. wenn damit ein darstellbarer qualitativer Mehrwert einhergeht.

2.1. Integrierte Raumentwicklungsstrategie im Hinblick auf die Klimaziele (Sektoren Siedlungsentwicklung und Energie)

Zur Erreichung der Ziele der nationalen Klimastrategie und der Strategien der Länder, die auch in Hinblick auf die Erfüllung des völkerrechtlich bindenden Pariser Abkommens erarbeitet wurden, sind substanzielle Fortschritte bei der energetischen Effizienzsteigerung im Gebäude- und Mobilitätssektor sowie bei der Erzeugung erneuerbarer Energien notwendig. Im Bereich der Stadtentwicklung bedeutet dies, dass es notwendig ist, die Beiträge aus den Sektoren Siedlung, Mobilität und Wirtschaft neu und integriert zu quantifizieren und dann abzuschätzen, was zur Erreichung dieser quantifizierten Emissionsziele an Maßnahmen in den jeweiligen Sektoren erforderlich ist (Gebäude/ Siedlungsentwicklung, Wirtschaft, Mobilität). Die Ergebnisse aus dieser strategischen Analyse sind dann in weiterer Folge in konkrete räumliche Planungen, ordnungspolitische Maßnahmen und Entwicklungsprojekte zu übersetzen.
Darunter sind z.B. konkrete Zielsetzungen für die Lokalisierung und Dichte von Neubebauungen, Sanierungsraten im Gebäudesektor mit energetischen Standards, Heizungs- und Kühlungssysteme etc. zu verstehen, die in einem bestimmten Zeitraum zu realisieren sein werden. Derzeit erreichen z.B. die aktuellen Sanierungsraten nur ein Drittel der in Hinblick auf die Klimaziele erforderlichen Höhe erreichen und dass bei diesen Sanierungen weder die erforderlichen Wärmewerte erreicht noch die Heizungssysteme in ausreichendem Maß auf nachhaltige Systeme umgestellt werden (von fossilen Energieträgern weg).
Trotz der über nahezu 50 Jahre gesammelten Erfahrung der Stadt Wien mit der Förderung und Umsetzung der Bestandssanierung in über 400.000 Wohnungen wird dieser neuerliche Bestandsumbau, der weit mehr erfordert als eine herkömmliche Gebäudesanierung zu einer großen Herausforderung für alle beteiligten Akteur*innen: Stadtverwaltung, Eigentümer*innen, Energieversorgungsunternehmen, Bevölkerung.
V.a. die im bereits gebauten Siedlungsbestand erforderliche Umstellung auf erneuerbare Energieträger einschließlich lokaler Erzeugung und Speicherung wird nur gelingen, wenn dort gleichzeitig auch eine substantielle Verbesserung der Energieeffizienz der Bestandsbauten erfolgt. Dieser Vorgang wird möglicherweise auch weit über die bisher verfolgten Planungsparameter hinaus gehen müssen, etwa die im Zuge einer Gebäude- oder Wohnungssanierung zu erreichenden technischen Standards betreffend.

3. Faktor 2: Bevölkerungswachstum und Wohnbaudynamik in der Stadtregion

Wien und die Stadtregionen in Österreich erfahren v.a. seit 2005 anhaltendes und starkes Bevölkerungswachstum, das nach aktuellen Prognosen noch länger anhalten dürfte. Für Wien und das Umland wird trotz der Abflachung der Zuwachsraten ein weiteres Bevölkerungswachstum erwartet – etwa um 16 % bis 2040, d.s. um ca. 400.000 EinwohnerInnen insgesamt.
Dies bedeutet das Erfordernis, weiter intensiv Wohnungsneubau voranzutreiben, wobei in Wien der Druck auf die sogenannten Flächenbezirke (21-23) extrem groß sein wird, mit Bevölkerungszuwächsen von bis zu 30%, auch wenn in den bereits dicht verbauten Bezirken ein weiteres «Zusammenrücken» der Bevölkerung stattfinden wird.
Als Reaktion könnte dies aber – gemeinsam mit den stark gestiegenen Immobilienpreisen – auch dazu führen, dass der Siedlungsdruck verstärkt in immer weiter von der Kernstadt entfernte Randlagen eines «Zweiten Suburbanisierungsrings» ausweicht, nicht zuletzt verstärkt durch die Corona-Home-office-Erfahrungen.

All dies ergibt auch einen erheblichen Bedarf an neuer sozialer Infrastruktur (Bildung, Gesundheit), der teilweise, etwa im Bildungsbereich, auch Potenzial für Bauten in Holzbauweise darstellen kann.
Die Wohnbauleistung in Wien hat in den vergangenen 5 Jahren einen historischen Höchststand erreicht, mit bis zu 17.000 Wohnfertigstellungen im Jahr 2020 (bis dahin waren maximal 11.000 Wohnungsfertigstellungen Ende der 90er Jahre erreicht worden). Dies wurde durch die dynamische Bevölkerungsentwicklung ab 2010 ausgelöst, einen großen Anteil an der explosionsartigen Zunahme der freifinanzierten Wohnungen privater Bauträger hat allerdings das nach Bewältigung der Finanzkrise veränderte Zinsregime beigetragen, das in einem – im internationalen Vergleich – niedrigpreisigen Wohnungsmarkt wir Wien große Möglichkeiten der Vermögensgewinnung im Immobiliensektor eröffnet hat.
Das ÖIR hat im Auftrag der Erste Bank der österreichischen Sparkassen AG eine Wohnungsbedarfsprognose für die Region Ost-Österreich (Wien, Niederösterreich und dem Nordburgenland) erstellt, die Schätzungen in regionaler Gliederung beinhaltet. [8]
Während die Wohnbauleistung in den vergangenen beiden Jahrzehnten – zwar mit periodischen Schwankungen – weitgehend im Einklang mit der dynamischen Bevölkerungsentwicklung verlief haben in den letzten Jahren v.a. die oben erwähnten finanzwirtschaftlichen Faktoren dazu beigetragen, dass zusätzliche Bauvolumen errichtet wurden und auch die Preisentwicklung stark vorangetrieben haben.
Insgesamt kann aus den oben genannten Indikatoren der Bevölkerungsentwicklung und aus der aktuellen (finanzwirtschaftlichen) Situation auf dem Wohnungsmarkt abgeleitet werden, dass auch in den nächsten Jahren erhebliche Neubauvolumen entstehen werden, trotzdem aber das darin enthaltene, für weite Bevölkerungsteile leistbare Angebotssegment knapp bleiben wird.
Für die Abschätzung des Wohnungszuwachsbedarfs 2020 bis 2030 wurden auf der Basis von Bevölkerungs- und Haushaltsprognosen **zwei Szenarien** gebildet, die (1) eine Wohnungsentwicklung entsprechend der langfristig beobachteten Proportion zwischen Hauptwohnsitzhaushalten und Wohnungen (= Langfristtrend) und (2) der in den jüngsten 5 Jahren beobachteten absoluten Differenz von Haushalts- und Wohnungszuwächsen (= Kurzfristtrend) ausgehen.

Hauptergebnisse zum Wohnungsbedarf bis 2030

- Der aus dem Zuwachs an Hauptwohnsitz-Haushalten resultierende Wohnungsbedarf wird bis 2030 im Vergleich zum vorangegangenen Jahrzehnt generell um ca. ein Viertel geringer liegen, v.a. verursacht durch niedrigere Bevölkerungszuwächse und Haushaltsgründungen als in der vergangenen Periode
- Im dichtverbauten Gebiet Wiens wird zwar noch weiter «aufgefüllt», aber weiterhin geringere Wohnungs- als Haushaltzuwächse erzeugen noch mehr Druck auf ein höheres Wachstum in der Gruppe der rasch wachsenden Bezirke Wiens
- Das nahe Wiener Umland in Niederösterreich weist insgesamt eine fast gleich starken Wohnungszuwachs auf wie Wien insgesamt, wenn das Szenario 2 zugrunde gelegt wird, das den Trends der vergangenen Dekade bei der sehr dynamischen Zweitwohnungsentwicklung entspricht

3.1. Erforderliche Neubauleistung – Fertigstellungen pro Jahr

Die künftig erforderliche Neubauleistung berücksichtigt auch die gleichzeitig erfolgenden Wohnungsverluste durch Abbrüche, Zusammenlegungen oder Umwidmungen. Dies führt zu den folgend dargestellten Jahresdurchschnittswerten für Wohnungsfertigstellungen in den Bezirksgruppen:

	Fertigstellungen Jahresdurch-schnittswert 2011-2020	2021-2030 Szenario 1 (Überschuss proportional)	in % von 2011-20	Szenario 2 (Überschuss absolut)	in % von 2011-20
Wien stark wachsend	7.707	4.853	63,0%	4.195	54,4%
Wien schwach wachsend	3.097	3.062	98,9%	1.312	42,4%
Wiener Umland	7.824	5.919	75,7%	6.105	78,0%
Wien weiteres Umland	1.810	1.242	68,6%	1.739	96,1%
Übriges NÖ	1.676	924	55,1%	1.729	103,2%
Nordburgenland	1.519	1.069	70,4%	1.210	79,7%
Gesamt	23.633	17.070	72,2%	16.290	68,9%

Abbildung 1: Wohnungsfertigstellungen Ostregion – Periodenvergleich 2011-2020 und 2021-2030
Quelle: [8] Eigene Berechnungen

Für Wien liegt das Szenario 2, das die Entwicklung der letzten 5 Jahre fortsetzt und niedriger liegt plausibler, da aufgrund der Flächenknappheit und der sehr hohen Baulandpreise auch für die nächste Zukunft eher mit einer Verlagerung ins Umland gerechnet wird.
Das Szenario 2 ist auch für die rasch wachsenden Umlandregionen, wo in den vergangenen Jahren der gesamte Wohnungszuwachs noch höher lag, als es dem langfristig entstandenen Anteil an Zweitwohnungen entspräche, adäquater. Denn dieser zuletzt beobachtete noch stärkere Zweitwohnungs-Zuwachs könnte auch durch die post-Covid-Faktoren und die Kostenentwicklung zusätzlich verstärkt werden, v.a. in den stadtferneren Teilen, der äußeren suburbanen Zonen.

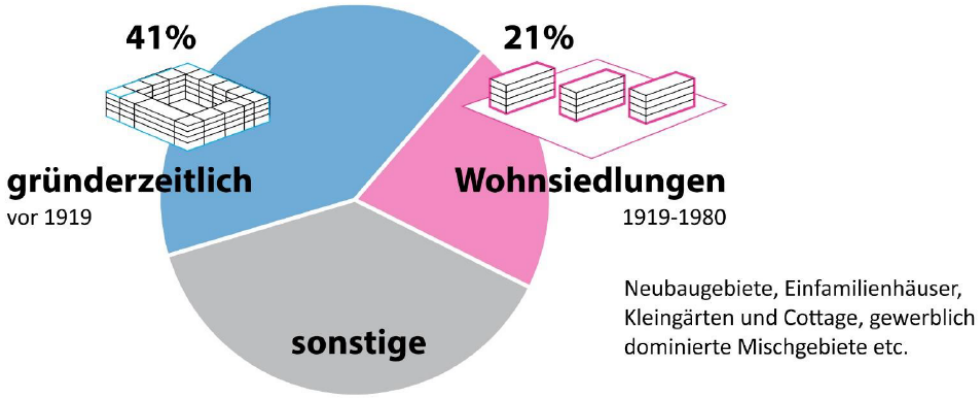
4. Wohnungsneubau, Nachverdichtung und Bestandsumbau – unterschiedliche Segmente und Potenziale für den Holzbau

Ausgehend von den beiden oben dargestellten Hauptfaktoren für die Stadtentwicklung im Bereich Wohnen, nämlich Neubaubedarf und Bestandsumbau zur Erreichung der Klimaziele, können im Folgenden einige Überlegungen zur Einschätzung des Potenzials für die verstärkte Anwendung der Holzbauweise getroffen werden. Dazu ist eine Differenzierung insbesondere des Gebäudebestands nach Alter und Bautypologie sowie nach den Möglichkeiten zur baulichen Bestandsveränderung erforderlich. Dies ist vor dem Hintergrund der Klimaziele dahingehend zu erfolgen, wie

- ein baulicher Zuwachs möglichst kompakt unter Nutzung vorhandener Bauflächen und Infrastruktur eingefügt werden kann und
- das Schwergewicht der dafür erforderlichen Neubauvolumen auch für die bestehende Bevölkerung verträglich eingepasst werden kann.

Die Verfolgung dieser beiden Ziele ist in der Umsetzungspraxis nicht einfach zu bewerkstelligen, da es insbesondere bei der dabei oft erforderlichen baulichen Nachverdichtung großer Planungs- und Kommunikationsaufwendungen bedarf, um allfällige Konflikte und Widerstände seitens der ansässigen Bevölkerung zu überwinden. Dies kann eigentlich nur dann nachhaltig gelingen, wenn bei der Projektierung ein gesamthaft darstellbarer Mehrwert entsteht.
In der Ausgangslage ist für den Bestandsumbau wichtig, die Grundstruktur des vorhandenen Wohnungsbestandes zu kennen (der im Falle Wiens v.a. auch in Hinblick auf die hohen Anteile an genossenschaftlichen Wohnungen und an Gemeindewohnungen im internationalen Vergleich außergewöhnlich ist).
Hier ist wesentlich darauf hinzuweisen, dass im gründerzeitlich entstandenen Wien sehr hohe Dichten bestehen und deshalb im Wesentlichen Dachgeschossausbauten und kleinere Ergänzungsbauten in Frage kommen. Demgegenüber bestehen in den nach 1919 bis etwa 1980 entstandenen Wohnsiedlungen in größerem Maße Nachverdichtungspotenziale, die sowohl eine Ausbauten der Dachgeschosse als auch Ergänzungsbauten und neue

Siedlungsteile einschließen. Die nach 1980 entstandenen Neubaugebiete und übrigen Mischformen mit niedriger Dichte werden demgegenüber in den nächsten Jahren noch wenig Potenzial zur baulichen Nachverdichtung bieten, jedoch ebenfalls für die energetische Umstellung herangezogen werden müssen.



Grafik: wohnbund:consult. Zahlenquellen: Gründerzeitlicher Bestand auf Grundlage der "Bevölkerung nach Gebietstypen", Stand: 2011, Materialien der Stadtentwicklung, S 48. Wohnsiedlungen: Eigene Schätzung auf Basis der "Gebietstypen 2016" und der Angaben zum Gemeindebaubestand und von Luftbildanalysen des "Stadtplan Wien", wien.gv.at (abgerufen am 20.1.2017)

Abbildung 2: Verteilung der Wiener Bevölkerung nach Wohngebietstyp

Die obige und die folgende Grafik sind der Studie «Leistbaren Wohnraum schaffen – Stadt weiter bauen - Potenziale der Nachverdichtung in einer wachsenden Stadt: Herausforderungen und Bausteine einer sozialverträglichen Umsetzung» entnommen, die im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien 2018 veröffentlicht wurde [2]. Sie zeigt auch, dass entsprechend der historischen Stadtentwicklung die gründerzeitlichen, dichtverbauten Gebiete und die mit der Stadterweiterung später (v.a. nach 1945) entstandenen Bebauungstypen räumlich klar getrennt sind.

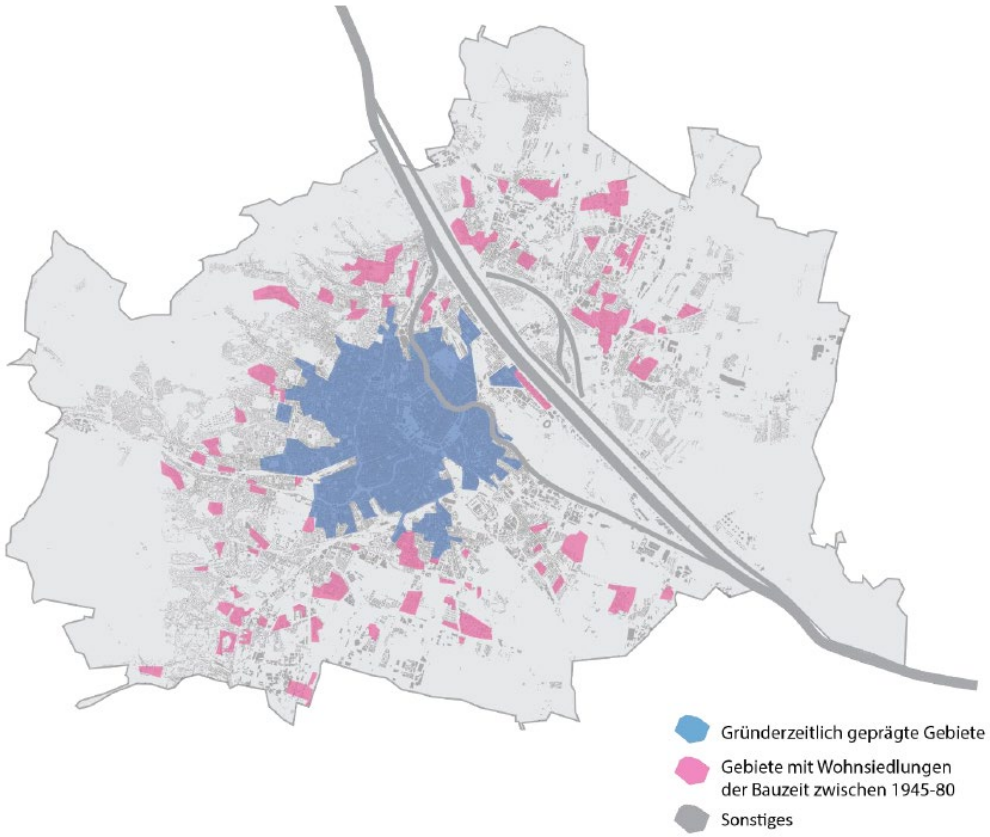


Abbildung 3: Stadträumliche Verteilung Wohngebietstypen. Quelle: [2]

Wie oben erwähnt, ist diese Unterscheidung in der Bestandstypologie für die Einschätzung des Potenzials für den Einsatz der Holzbauweise wesentlich:

- Nachverdichtung im Bereich der gründerzeitlichen Stadt wird im Wesentlichen kleinvolumig sein, wenn es um die Einfügung in den bestehenden Baublock geht; bei der Schaffung von Ersatzbauten könnten zwar Holzbauten in Frage kommen, doch stellen sich hier Fragen nach der Einfügung in ein bestehendes Ensemble in größerem Maße, quantitativ weit über den denkmalgeschützten Bestand hinausreichend (siehe unten)
- Nachverdichtung in den locker bebauten Wohnsiedlungen hat hingegen ein weit größeres mengenmäßiges Potenzial, da hier Neubauten auf vorhandenen Flächen errichtet werden könnten und gleichzeitig eine gestalterische und funktionelle Aufwertung geschaffen werden könnte.

Schematisch werden in der Studie die folgenden Maßnahmentypen beim Bestandsumbau näher untersucht, die typologisch auch für die Frage nach dem Einsatz von Holzbauweise relevant sind:

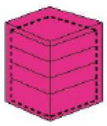
TYP	BESCHREIBUNG DER MASSNAHME
 **Ersatz**	Unter „Ersatz“ werden Maßnahmen zusammengefasst, die sich auf eine horizontale oder auch vertikale Erweiterung mit Verdichtung bestehender Bausubstanz beziehen. Voraussetzung ist in jedem Fall ein unmittelbar vorangegangener Abbruch. Differenziert wird weiters zwischen dem Ersatz auf einem Bauplatz und bauplatzübergreifendem Ersatz.
Erweiterung	Unter „Erweiterung“ werden Maßnahmen zusammengefasst, die sich auf eine horizontale Erweiterung bestehender Bausubstanz beziehen. Bestandsobjekte bleiben davon unberührt. Beispiele sind Erweiterungen durch die Bebauung von Grundflächen nach einer Widmungsänderung, wie beispielsweise Flächen von Großwohnsiedlungen, die vormals für Stellplätze genutzt wurden.
Aufstockung	Unter „Aufstockung“ werden Maßnahmen zusammengefasst, die sich auf eine vertikale Erweiterung bestehender Bausubstanz beziehen. Der Bestand bleibt davon unberührt. Beispiele für Umsetzungen und Anwendungsgebiete sind Ausbauten von Dachgeschossen oder Aufstockungen bestehender Gebäude.

Abbildung 4: Maßnahmen des Bestandsumbaus in der Stadt (Auswahl). Quelle: [2]

Grundsätzlich sind für die Holzbauweise alle drei dargestellten Maßnahmen des Bestandsumbaus relevant, aber, wie oben erwähnt, unterliegen sie im Bereich der gründerzeitlichen Stadt stärkeren Beschränkungen sowohl hinsichtlich des Volumens als auch hinsichtlich der Gestaltung und Erscheinungsweise, insbesondere in ausgewiesenen Zonen des Ensembleschutzes.

4.1. Denkmal- und Ensembleschutz

Zusätzlich zum traditionellen denkmalpflegerische Grundraster legt sich das System der Wiener Schutzzonen, denen ein sehr differenzierter Blick auf die historische, kulturell und sozial bedeutende Stadtsubstanz zugrunde liegt. Insbesondere hervorzuheben ist, dass die Wiener Schutzzonen eine Art dynamische Kartierung darstellen, das heißt auf die laufenden Veränderungen beziehungsweise bisher nicht wahrgenommene Qualitäten reagieren (zusammenfasssende Darstellung nach [4]).
Mit der «Altstadterhaltungsnovelle» der Wiener Bauordnung wurde bereits 1972 die Schaffung von Schutzzonen in Altstadtgebieten beschlossen und die systematische Entwicklung und Ausweitung in Wien eingeleitet. Seit damals wurden schrittweise historische wertvolle und zeittypische Gebäude und Ensembles in die Schutzzonen aufgenommen. Durch das

Schutzzonenmodell in den 90er Jahren konnten in den folgenden Jahrzehnten beinahe flächendeckende Gebäudeinventarisierungen vorgenommen und damit Erkenntnisse über erhaltenswerte Bausubstanz gewonnen werden. Bis 2016 wurden in 127 Schutzzonen etwa 15.000 Einzelobjekte mit dieser Schutzkategorie belegt, was etwa 10 % des Gesamtbestands in der Stadt entspricht. Die UNESCO-Weltkulturerbe ist in praktisch allen Kern- und Pufferzonen durch Schutzzonen nach der Wiener Bauordnung abgedeckt sind. Darüber hinaus sind große Bereiche der Gründerzeit wie auch alte Stadtkerne als Schutzzonen ausgewiesen.
Neue Ausweisungen von Schutzzonen erfolgen, wenn sie durch die Abteilung Architektur und Stadtgestaltung (MA 19) vorgeschlagen werden, wobei davor eine fachliche Begutachtung und die Einbeziehung der relevanten Dienststellen und der Bezirke erfolgt. Systematisch wird auch in Abstimmung mit der dafür federführenden MA 21 bei jeder Änderung des Bebauungsplans geprüft, ob ein schutzwürdiges Ensemble oder Bausubstanz vorliegt.
Gegenstand der Erklärung zur Schutzzone sind gem. § 7 WBO (1) die «... wegen ihres örtlichen Stadtbildes in ihrem äußeren Erscheinungsbild erhaltungswürdigen Gebiete», wobei gem. Abs. 1a «... bei der Festsetzung von Schutzzonen … die prägende Bau- und Raumstruktur und die Bausubstanz sowie auch andere besondere gestaltende und prägende Elemente, wie die natürlichen Gegebenheiten oder Gärten und Gartenanlagen, zu berücksichtigen (sind)».
Nähere Bestimmungen zur Gestaltung und Erhaltung in diesen Schutzzonen können im Bebauungsplan festgesetzt werden, u.a. auch etwa nach Abs. (4) «… Kataloge oder planliche und bildliche Darstellungen (Fassadenpläne, Fotos u. dgl.) zur Präzisierung …». Insgesamt ist es durch das Instrument Schutzzone möglich, sehr detaillierte und individuell auf die jeweiligen Objekte und Ensembles abgestimmte Bebauungsvorschriften zu definieren und danach im Verwaltungsvollzug (als Baubehörde) zu kontrollieren. Das Instrument betrifft die gesamte Liegenschaft und deren Erscheinungsbild und erlaubt bauliche Adaptierungen und Ergänzungen, nicht jedoch den Abbruch von als wertvoll eingestufter Bausubstanz.
Mit dem Instrument sind die historische Innenstadt sowie weite Teile der Bebauung innerhalb des Gürtels, die Bereiche der Schlösser Schönbrunn und Belvedere sowie viele historische Ortskerne und Ensembles außerhalb der gründerzeitlichen Stadt geschützt (siehe Abb. 5).

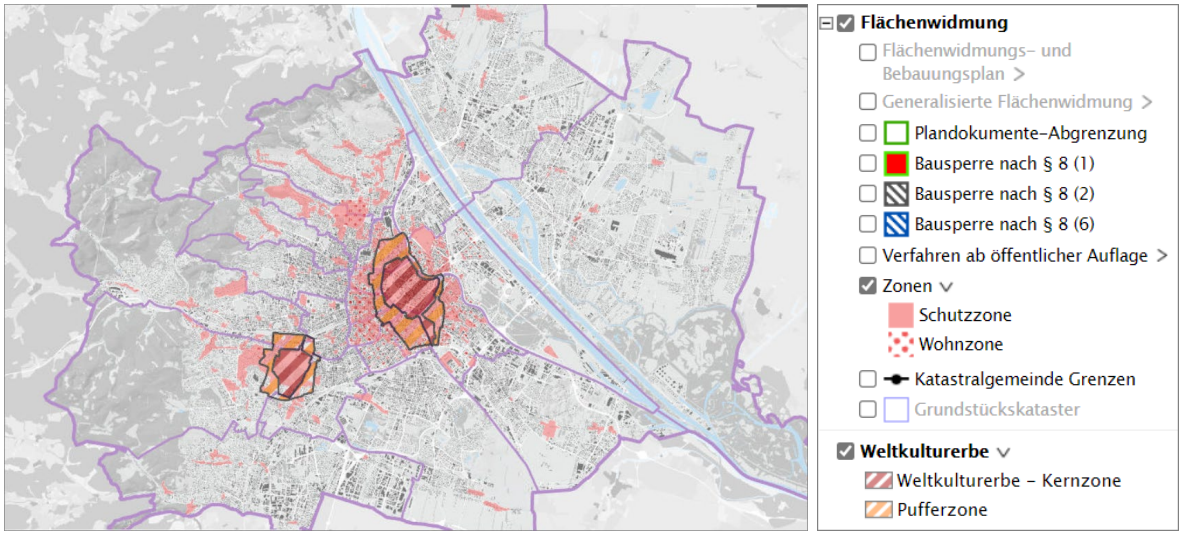


Abbildung 5: Schutzzonen in Wien: Wohnzonen, Ensembleschutz und Weltkulturerbe

Quelle: https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/start.aspx?bookmark=vscsRroKCUZmpQFGviqURW3-ceAju1ZHrYndscnPSng-b-b&lang=de&bmadr=

4.2. Dachausbau, Bestandserweiterung und Sanierung im dichtverbauten Gebiet

Beispiele aus der jüngsten Zeit weisen darauf hin, dass trotz dieser umfassenden, das historischen Stadtbild schützenden Regulierungen Dachgeschossausbau auch mit Holzbauweise relevant sein können. Immerhin schätzt die oben zitierte Studie aus der Zusammenführung unterschiedlicher Daten und Quellen, dass allein Wiens Gründerzeitdächer noch Platz für – in realistischer Weise ausbaufähigen – etwa 23.000 Wohnungen bieten.
Die Praxis der Sanierungsförderung in Wien, die für eine Generalsanierung erhebliche öffentliche Zuschüsse bietet, macht eine solche Aufstockung und den Ausbau der Dachgeschosse höchst attraktiv – Schaffung attraktiven neuen Wohnraums wird kombiniert mit der baulichen und energetischen Verbesserung von Bestandsgebäuden, dem Einbau von Lift und der Erneuerung der sonstigen technischen Infrastruktur (die Förderung der Stadt im Rahmen der sogenannten «Sockelsanierung» bedeutet öffentliche Mittel für die umfassende Substanzverbesserung des Gebäudebestands) .

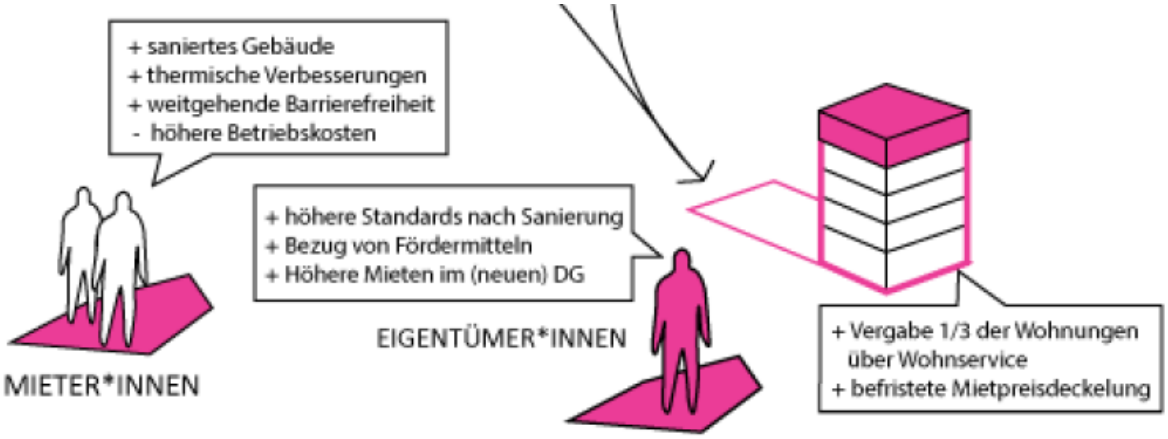


Abbildung 6: Bestandsanierung und Aufstockung. Quelle: [2]

Die vom wohnfonds_wien geförderte und begleitete **Förderung der Sockelsanierung** hat zum Ziel, alte Bausubstanz mit bestehenden Wohnungen zu modernisieren und zeitgemäßen Wohnraum zu schaffen geht dabei weit über das reine Gründerzeitgebiet hinaus. Insgesamt wurden zwischen 1985 und 2013 annähernd 300.000 Wohneinheiten saniert, davon mit 73% Privatbesitz, 17% Gemeindewohnungen und 10% Gemeinnützige Bauvereinigungen ([2]). Verbunden ist die Zusicherung von Fördermitteln eine zeitliche Befristung einer Mietpreis- und Belegungsbindung über einen Zeitraum von 15 Jahren. In den letzten Jahren ging die Sanierungsleistung etwas zurück, mit weiteren rund 61.500 Wohnungen, wurden etwa 6.100 Wohnungen pro Jahr erreicht. (Archivmeldung der Rathauskorrespondenz vom 04.10.2020: Gaal/Franz: 107 Jahre altes Gründerzeithaus im Herzen von Favoriten erstrahlt in neuem Glanz).

4.3. Blocksanierung als Zukunftsaufgabe

Die bereits als spezielle Maßnahme durchgeführte **Blocksanierung**, bei der ganze Häuserblöcke mit zusammenhängenden, konzeptionell integrierten Verbesserungsmaßnahmen aufgewertet werden, stellt eine große organisatorische, rechtliche und logistische Herausforderung dar. Für die Zukunft wird dieser Bereich im Zusammenhang mit den Umstrukturierungen des Energiesystems, dem Ersatz von Gas- und Ölheizungen, der Nachrüstung mit Photovoltaik, Erdwärme und Energiespeichern eine noch größere Komplexität erhalten. Während die bisherigen Anwendungsfälle nur etwa 1% des gesamten Sanierungsvolumens ausmachten – mit einer Beteiligung der Hauseigentümer auf freiwilliger Basis – könnte die in Zukunft geförderte (und erforderliche) Bildung von lokalen Energiegemeinschaften einen neuen Impuls auslösen.
Auch hier zeigt das Anwendungsgebiet, dass der Einsatz für Holzbauweise für Aufbauten, Ergänzungsbauten oder Ersatzbauten im Gesamtkontext der Transformation eines Baublocks (oder, genereller, eines Quartiers) durchaus attraktiv sein kann und für die ansässige

Bevölkerung einen hohen Mehrwert bieten kann – v.a. auch in der zusammenhängenden Gestaltung des Wohnumfelds und des öffentlichen Raums.

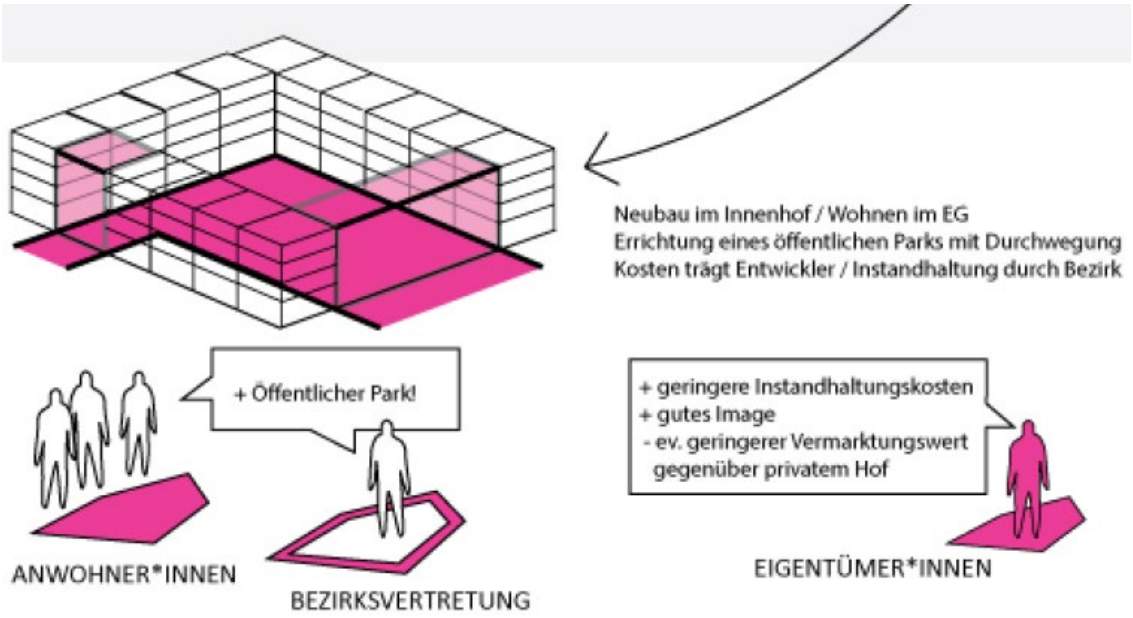


Abbildung 7: Bestandsumbau bei Blocksanierung. Quelle: AK Wien (Hrsg.) … S. 30.

Abbildung 8: Blocksanierungsförderung in Wien. Quelle: http:/wohnfonds_wien

4.4. Nachverdichtung in Großwohnsiedlungen nach 1945

Das neben dem Neubau bei weitem größte Potenzial für den künftigen Einsatz der Holzbauweise besteht bei der durch Nachverdichtung und Erneuerung der Großwohnsiedlungen der Nachkriegszeit. Allein für den in Wien gegeben Bestand an 220.000 Gemeindewohnungen

wird das Nachverdichtungspotenzial auf theoretisch 130.000 Wohneinheiten geschätzt (zusammenfassend nach [2]). Davon ein großer Teil auf bisher unbebauten Flächen, Garagen und Parkplätzen.
Analoge ökonomische Spielräume für Nachverdichtung bieten auch die annähernd ähnlich großen Bestände der gemeinnützigen Wohnbaugesellschaften: Insbesondere durch den weitgehenden Entfall der mittlerweile in der Stadt extrem angestiegenen Grundstückskosten würde es ermöglicht, neuen «leistbaren» Wohnraum im Stadtgebiet zu schaffen. Zusammengenommen könnte das so erzielbare Potenzial jedenfalls einen großen Anteil des für leistbaren Wohnraum in den nächsten 10 -20 Jahren erforderlichen Volumens abdecken – wenn es gelänge, einen nennenswerten Anteil davon zu realisieren.
Die entscheidende Frage ist hier die einer überzeugenden Transformationsstrategie, die es erlaubt, die darin Wohnenden zu überzeugen und «mitzunehmen», etwa durch die Verbesserung der Wohnqualität und des Umfelds, durch die Schaffung einer attraktiven Nutzungsmischung oder durch die Integration von altersgerechten Neubauten im nahen Umfeld.
Wie oben für den Bereich der Blocksanierung beschrieben, ist auch hier ein gutes Potenzial für die Holzbauweise gegeben, da sie zu dieser Verbesserung der Umfeldqualität beitragen können und ev. auch kostenseitig und in der Bauphase selbst Vorteile haben kann, z.B. durch eine raschere und weniger störende Umsetzung.

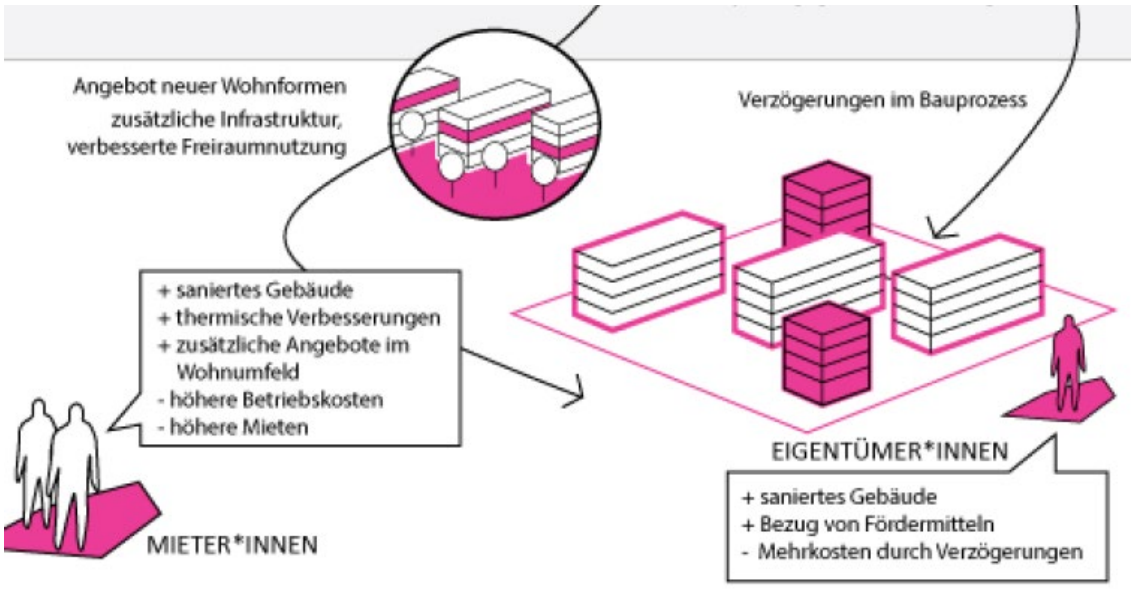


Abbildung 9: Nachverdichtung in bestehenden Großwohnsiedlungen. Quelle: [2]

5. Ausblick

Insgesamt benötigt die Metropolregion Wien – wie auch andere rasch wachsende Stadtregionen – eine intensiv koordinierte Strategie, um moderne Infrastruktur, nachhaltige Mobilität und die Umstellung auf nachhaltige Energieversorgung zu verwirklichen und dabei gleichzeitig Stadtteile mit hoher Lebensqualität zu «leistbaren» Konditionen zu schaffen. Die (finanz-)wirtschaftlichen Rahmenbedingungen tragen jedoch – aktuell und auf absehbare Zeit – neben dem Bevölkerungswachstum dazu bei, dass «leistbares» Wohnen» eine besondere gesellschaftliche Herausforderung bleiben wird.
Vor diesem Hintergrund, sind die Potenziale für die Holzbauweise in der Stadt durchaus groß, da sie für die dargestellte Kombination der beiden bestimmenden Entwicklungsfaktoren im positiven Sinn hochwirksam werden kann:

- Der Bestandsumbau als zentrale Aufgabe der künftigen Stadtentwicklung muss den Gebäudebestand thermisch effizienter nachrüsten und gleichzeitig die Voraussetzungen für die Integration erneuerbarer Energiesysteme schaffen
- Nachverdichtung im gesamten, infrastrukturell gut erschlossenen Stadtgebiet steht auch vor der Herausforderung, Grundstücken und Flächen für den «leistbaren» (geförderten und gemeinnützigen) Wohnbau bereitzustellen; dies kann am ehesten im Bereich des Bestands der Gemeindebauten und genossenschaftlichen Siedlungen der

Nachkriegsära erfolgen, wo es in großem Ausmaß Flächenreserven zu geringen Kosten gibt und gleichzeitig der Nachholbedarf bei der energetischen Effizienzsteigerung sehr groß ist
- Die Sanierungsförderung und insbesondere das Instrument der Blocksanierung werden in Kombination mit der Umstellung des Energiesystems von zentraler Bedeutung für die Transformation im dichtverbauten (u.a. gründerzeitlichen) Gebiet sein – blockweise Energiegemeinschaften erfordern objektübergreifende Entwicklungskonzepte für Gebäude und lokale (erneuerbare) Energieerzeugung
- Wenn es gelingt, Bauträger, Wohnbaugenossenschaften und die Stadtverwaltung zu mehr kreativen und gestalterisch ansprechenden Projekten beim Bestandsumbau und bei Neubau in Holzbauweise zu bewegen und zu «überzeugen», dann könnte ein erheblicher Anteil des in den nächsten Jahren absehbaren Bauvolumens künftig so errichtet werden. Aktuell sind die Neubauvolumen zwar extrem schwierig einzuschätzen, nach einer Stabilisierung der Rahmenbedingungen würde ein jährlicher Neubau von rund 10.000 Einheiten für Wien realistisch sein. Davon könnte künftig ein deutlich größerer Anteil als bisher in Holzbauweise entstehen – sowohl im Bereich des Bestandsumbaus als auch bei Neubauten auf der grünen Wiese.
- Die Vorteile der Holzbauweisen können in diesem sich wie dargestellt ändernden städtischen Umfeld sowohl in den Faktoren Kosten, Flexibilität und Schnelligkeit bei der Errichtung als auch bei den vielfältigeren Gestaltungsmöglichkeiten liegen, etwa bei den Übergängen zwischen gebauten und unbebauten Räumen, den Freiflächen. Nachhaltigkeit bei der CO2-Bilanz, bei der Herstellung und Wiederverwertbarkeit sind generelle Faktoren, die künftig bei der Erreichung der Klimaziele aber noch stärker ins Gewicht fallen werden.

Die Integration der Holzbauweise in eine Stadt, die bisher fast ausschließlich mit Ziegel und Betonbauweise errichtet wurde, stellt sicher eine Herausforderung dar – sie könnte aber zu einer großen Bereicherung und Belebung führen. Der Ansatzpunkt der Stadtentwicklung, die als Hauptziel eine kompakte Siedlungsentwicklung mit hoher ÖV-Qualität anstrebt, wird künftig zusammenzuführen sein mit dem Gesamtumbau des Energiesystems, bestehend aus baulicher Sanierung, Energieerzeugung und effizienter Nutzung. In einer Phase so weitreichenden Umbruches des «Systems Stadt» könnte die Integration der Holzbauweise zu einer nachhaltigen Stadterneuerung im umfassenden Sinn führen.

6. Quellen

[1] Club of Vienna (Hg.) (2019): Brennpunkt Wohnbau – System im Umbruch, ISBN: 978385476-682-7; Wien, Mandelbaum Verlag

[2] Gruber Ernst/Gutmann Raimund et al. (2018): «Leistbaren Wohnraum schaffen – Stadt weiter bauen – Potenziale der Nachverdichtung in einer wachsenden Stadt: Herausforderungen und Bausteine einer sozialverträglichen Umsetzung»; Stadtpunkte 25, Kammer für Arbeiter und Angestellte Wien (Hrsg.), 182 S

[3] ÖROK (Hrsg.) (2019): Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2018 bis 2040 mit einer Projektion bis 2060 und Modellfortschreibung bis 2075 (ÖROK-Prognose); Projektleitung Alexander Hanika, Wien

[4] Luchsinger, Christof/ Schremmer, Christof (2017): Städtebauliches Erbe und Stadtentwicklung – Ansätze zu einer retroprogressiven städtebaulichen Strategie für Wien; Ergebnisbericht i.A. der MA 19, Abt. Architektur und Stadtgestaltung Wien.

[5] Schremmer, Christof (2015): «Wie wohnt Wien künftig – was sind die größten Herausforderungen?», in: Stadtpunkte 14, Kammer für Arbeiter und Angestellte Wien (Hrsg.), S. 12 – 26.

[6] Schremmer, Christof et al. (2016): Transform+ – Lokale Transformationsagenda Wien, AG: Klima- und Energiefonds (Gesamtkoordination)

[7] Schremmer, Christof et al. (2011a): SUME – Sustainable Urban Metabolism for Europe; AG: Europäische Kommission, 7. Forschungsrahmenprogramm (2008-2011), Gesamtkoordination (umfassend die Städte Stockholm, München, Newcastle, Porto, Athen, Marseille, Wien)

[8] Schremmer, Christof et al. (2021): Wohnungsbedarfsprognose für die Region Ost-Österreich, Ergebnisbericht i.A. der Erste Bank der oesterreichischen Sparkassen AG, Wien

Neue Nutzungskonzepte im Bestand: Neue Chancen für den Holzbau

Maximilian Luger
Architekten Luger & Maul ZT-GmbH
Wels, Österreich

Neue Nutzungskonzepte im Bestand: Neue Chancen für den Holzbau

Holzbau in seinen vielfältigen Ausformungen stellt von der Vergangenheit bis ins Heute eine Möglichkeit dar, Bauen im Bestand zu optimieren. Von kleinteiligen Ergänzungen bis zu großen, strukturellen Konzepten zählt der Holzbau sicher zu den Ressourcen schonendsten und nachhaltigsten Bauweisen, die Bestände sicherstellen, aufwerten und ergänzen. Dies beginnt bei Anpassungen der statischen Komponenten und endet beim Erzeugen von Stimmung und Atmosphäre.
Anhand von vier gebauten Beispielen möchte ich dies untermauern und sichtbar machen. Vier Beispiele unterschiedlichster Aufgabenstellungen im Kontext zu Bestandsbauten mit hoher Aufwertung dieser Bestände.

1. Dragonerhöfe in Wels

Abbildung 1: Dragonerhöfe Wels

Für eine nachhaltige Stadtentwicklung sind Erhalt, Wiederbelebung und Weiterentwicklung innerstädtischer Leerstände von zentraler Bedeutung. Vor allem, wenn es – wie bei der ehemaligen Dragonerkaserne – gelingt, die Besonderheiten des Bestandes nicht als Zwang, sondern als Inspiration zu sehen. Seit rund 15 Jahren entsteht Schritt für Schritt in dem denkmalgeschützten Ensemble ein neues Stadtquartier, das vielfältigste Nutzungen beherbergt, von Wohnungen und betreuten Wohngruppen über kleine und mittlere Gewerbebetriebe bis hin zur exklusiven Tanzschule.
Der lange Entstehungszeitraum ist sowohl der Größe des Objektes wie auch dem sorgsamen Umgang mit der denkmalpflegerischen Aufgabe geschuldet. Mit dem Ziel, den Eindruck der historischen Raumvolumina zu erhalten, wurden in einem durchgängigen Gestaltungsprinzip alle Einbauten und Ergänzungen als «Raum im Raum» eingebracht. Die Differenzierung der verschiedenen Nutzungen erfolgt durch Variationen in Materialität und Dimension. In den ehemaligen Stallungen wurden Wohnungen eingebaut, die in

schlichtem Weiß gehalten sind. Im Gegensatz dazu wurden für eine Tanzschule und ein Fitnessstudio mehrgeschoßige Holzbauten aus sichtbarem Brettsperrholz frei in das riesige Raumvolumen der ehemaligen Reithalle gestellt. Die Ausbildung der notwendigen Anschlüsse an den Bestand mit klar ablesbaren Fugen ermöglicht, dass die historischen Innenfassaden erlebbar bleiben und lässt weiterhin erkennen, wo Altes aufhört und Neues anfängt.
Ergänzt wird das Areal durch mehrgeschoßige Wohnbauten, die das etwas abseits stehende ehemalige Pferdehospiz einfassen und mit 66 geförderten Wohnungen das Nutzungsspektrum der Dragonerkaserne abrunden. Von einem Forschungsprojekt begleitet, wurden für dieses Projekt Konstruktionen, Aufbauten und Details so optimiert, dass ein qualitativ hochwertiges Bauen mit Holz auch im Rahmen der Wohnbauförderung möglich wurde.

2. JKU Linz - Zirkus des Wissens

Abbildung 2: JKU Linz – Zirkus des Wissens

2.1. Manege frei für Kunst und Wissenschaft

Auf dem Campus der Johannes-Kepler-Universität Linz öffnete im April 2022 der «Zirkus des Wissens», ein Ort, an dem Kinder, Jugendliche und neugierig gebliebene Erwachsene die Welt der Wissenschaft mit allen Sinnen entdecken können. Untergebracht ist er in einem neu errichteten, dezent gestalteten Holzbau, der – passend zum Ort – einer typischen Scheune nachempfunden ist.
Die meisten Kinder und Jugendlichen haben uns Erwachsenen eines voraus: Sie lassen sich schnell von Neuem begeistern, sind wissbegierig und probieren Dinge aus, ohne Schranken im Kopf zu haben. Deshalb nimmt es nicht wunder, dass die Johannes-Kepler-Universität Linz es sich zur Aufgabe gemacht hat, diese potenziellen Studierenden bereits in jungen Jahren insbesondere für die MINT-Fächer zu begeistern. Eigens dafür entstand der «Zirkus des Wissens», ein Herzensprojekt von Meinhard Lukas, dem Rektor der Universität, und seinem Vorgänger Richard Hagelauer. Holz als Baustoff war dabei schnell gesetzt: wegen des historischen Kontexts ebenso wie aus Gründen der Nachhaltigkeit und der vielfältigen Möglichkeiten der Vorfertigung. So konnte, das sei vorweggenommen, die Montagezeit auf nur drei Wochen reduziert werden.

Der Neubau mit Platz für rund 220 Gäste entstand in enger Abstimmung mit dem Bundesdenkmalamt auf dem Gelände des Schlosses Auhof, einem ehemaligen adeligen Landsitz im Stadtgebiet von Linz. Süd- und Ostflügel, die heute das Rektorat und die Verwaltung der Universität beherbergen, wurden seinerzeit im Norden durch eine als Wirtschaftstrakt dienende Scheune ergänzt. Diese wurde allerdings im Zuge des Aufbaus des Campus in den 1960er Jahren abgerissen, weshalb der Innenhof nicht mehr begrenzt war und infolgedessen auch nicht mehr als solcher wahrgenommen wurde. Mit dem Neubau des Zirkus des Wissens bot sich nun die Möglichkeit, das Ensemble wieder zu komplettieren, den Raum zu schließen und dabei gleichzeitig den bis dato nicht nutzbaren Innenhof so umzugestalten, dass er dem Veranstaltungsraum als Außenfläche dienen kann und sich die Aufenthaltsqualität für alle erhöht. Zwei großzügig angelegte Freitreppen an den Giebelseiten des Gebäudes ermöglichen weiterhin den Zugang zum Hof und füllen gleichzeitig den Zwischenraum zwischen Neubau und Bestand, der über die Materialität hinaus für die nötige optische Distanz zwischen alt und neu sorgt.
Beim Anblick des Zirkus des Wissens, der die Kubatur der ehemaligen Scheune aufgreift, bleibt vieles im Verborgenen. Mit seiner schlichten Form und der silbrig-vergrauten Holzfassade nimmt sich das Gebäude nach außen sehr zurück und lässt die weißen Fassaden und das rote Dach des Schlosses noch heller erstrahlen. Lediglich die Eingangstür und das große Schiebetor, über das sich der Innenraum großflächig öffnet und den Hof zur Bühne werden lässt, sind mit geschliffenem Aluminium beplankt und weisen den Besucherinnen und Besucher den Weg hinein. Das Herzstück ist der 300 Quadratmeter große multifunktional nutzbare Raum, der sich für klassische Theateraufführungen ebenso eignet wie für Konzerte, Akrobatik und vieles mehr. Dort kontrastieren die ebenfalls dunklen Oberflächen mit dem naturbelassenen Holz des Dachstuhls, den Klappsitzen und dem Teil des Fußbodens, der die dunkle Bühnenfläche einfasst. Uplights an der Traufkante und ein leuchtendes Kunstwerk, das frei im Raum zu schweben scheint, tauchen das Innere in ein angenehmes Licht. Ihm vorgelagert ist ein großzügiges Foyer mit Garderobe und den Besuchertoiletten. Auf der Ostseite schließen sich die dienenden Räume für das Theater und die Technik an. In der oberen Etage sind rechts und links der Bühne die Galerien platziert mit dahinterliegenden Technik- und Regierräumen.

Optimiert für den vorgefertigten Holzbau

Dass der Kostenrahmen von nur 2,4 Millionen Euro eingehalten werden konnte, liegt auch an der interdisziplinären Zusammenarbeit, die von Beginn an wichtig war. Bereits im Stadium des Vorentwurfs wurde das Team von Obermayr Holzkonstruktionen eingebunden, das in diesem Fall sowohl für den Holzbau als auch für die Tragwerksplanung verantwortlich zeichnete. So ließ sich alles bestens aufeinander abstimmen und das Gebäude wurde so geplant, dass die Wand-, Decken- und Dachelemente in Riegel- und Brettsperrholzbauweise optimal vorgefertigt werden konnten. Die Bodenplatte, der Aufzugsschacht und die Stützmauern zu den Außentreppen sowie zur Tiefgarageneinfahrt bestehen aus Ortbeton. Die Außenwand zum Hof hin und das Obergeschoss sind als konstruktiver Holzbau mit unterschiedlichem Aufbau der tragenden Elemente und einer einheitlichen vorgehängten Fassade ausgeführt.
Bei der zum Hof zeigenden Südwand übernehmen über die gesamte Gebäudehöhe hinweg dunkel lasiertes Brettsperrholz mit einer Dicke von 12 Zentimetern und 16 Zentimeter messende Holzständer die tragende Funktion. Die Zwischenräume sind mit Mineralwolle gedämmt und nach außen hin mit einem Windpapier abgeschlossen. Eine horizontale Lattung mit 3 Zentimetern sorgt für die nötige Hinterlüftung und dient gleichzeitig der vertikalen Sichtschalung als Unterkonstruktion. Diese besteht aus 2 und 5 Zentimeter dicken Latten aus Tannenholz, die jeweils abwechselnd angebracht sind und der Außenfassade ihre vertikale Struktur verleihen. Die Sichtschalung und die horizontale Lattung finden sich bei den nach Westen, Norden und Osten zeigenden Außenwänden des Obergeschosses wieder. Die tragende Funktion übernehmen hier allerdings 32 Zentimeter tiefe Riegel, deren Zwischenräume mit Steinwolle gedämmt sind. Eine 15 Millimeter dicke OSB-Platte schließt diese Wände zum Innenraum hin ab, eine regensichere und winddichte Unterdeckplatte mit ebenfalls 15 Millimetern zur Fassade hin. Die 30 Zentimeter dicke Ortbetonwand zur Tiefgaragenrampe, die dem Feuer 90 statt 60 Minuten standhaltenmuss, ist mit 10 Zentimetern Steinwolle gedämmt. Die äußerste Schicht bildet eine

Zementplatte auf einer Unterkonstruktion. Da ihre Innenseite hinter der Tribüne verschwindet bzw. zu Nutzräumen wie den Toiletten zeigt, kamen hier Fliesen zum Einsatz.

Handarbeit toppt Industrieprodukt
Die vorgefertigten Dachelemente sind folgendermaßen aufgebaut: 12 Zentimeter Brettsperrholz, 20 Zentimeter hohe Kontersparren, deren Zwischenräume mit Mineralwolle gedämmt sind, 15 Millimeter Unterdeckplatte, 5 Zentimeter hohe Konterlattung für die nötige Hinterlüftung des Dachs und 3 Zentimeter Rauschalung. Im Bereich des Veranstaltungsraums wurden auf der Innenseite zur Optimierung der Raumakustik graue Holzwolle-Leichtbauplatten aufgebracht. In der Lüftungszentrale kamen aus Gründen des Schallschutzes 5 Zentimeter Mineralwolle und eine einlagige Gipskartonplatte zum Einsatz. Diese Dachelemente wurden dann vor Ort kraftschlüssig mit den hellen, 35,5° geneigten Kehlbalken verbunden, wodurch die gesamte Dachkonstruktion ausgesteift ist. Mit ihrem natürlich-hellen Holzton setzen die Kehlbalken einen gelungenen Kontrast zur dunklen Dachinnenfläche. Bei der Dachdeckung wurde die Struktur der Fassade aufgegriffen und das Profilblech mit exakt den gleichen Maßen, also 3 Zentimeter in der Tiefe und 5 Zentimeter in der Breite, gefalten – und das zu einem günstigeren Preis als ein Standardprodukt.
Die Innenwände, die den Zuschauerraum von den dienenden Nebenräumen abtrennen, sind ebenfalls in Holz ausgeführt mit 16 oder 18 Zentimeter messendem Brettsperrholz. Für die anderen Innenwände wurde je nach Nutzung der Räume sowie Schall- und Brandschutzvorschriften eine von sechs weiteren Aufbauvarianten gewählt – entweder ebenfalls in Holz oder als Gipskartonständerwand.

Baukulturell und nutzungstechnisch überzeugend
Dass sich die Investition in den Zirkus des Wissens gelohnt hat, ist schon nach den ersten Monaten klar. Seit der Eröffnung im April 2022 besuchten bereits mehr als 4500 interessierte Menschen die verschiedenen Veranstaltungen, an denen man entweder kostenlos teilnehmen kann oder so viel bezahlt, wie man kann und möchte. Airan Berg, der als Zirkusdirektor engagiert wurde, und sein Team zeigen sich ebenso überzeugt von diesem Neubau mit seiner tollen Akustik und seiner Variabilität. Die Möglichkeiten für das weitere Programm scheinen somit (fast) grenzenlos zu sein.

3. Verwaltungsgebäude Fa. GF Casting Solutions

Abbildung 3: Verwaltungsgebäude GF Casting Solutions, Altenmarkt

Der als konstruktiver Holzbau errichtete Bürokomplex für die Firma GF Casting Solutions Altenmarkt GmbH & Co KG liegt, einer Kommandokanzel eines Flugzeugträgers gleich, am Rande der Produktionshallen, als Hochpunkt und Orientierungsmerkmal.
Eine zentrale dreigeschossige Halle bildet die Mitte, von der längsgerichtet Büros und Besprechungsbereiche in drei Geschossen andocken. Bandfenster an allen vier Gebäudeseiten schaffen größtmögliche Transparenz und Bezug zum Außenraum. Stiegen und Rampen verstärken die Topografie und leiten zu einem die Hangkante prägenden Nebengebäude über.

4. Aufstockung und Gartenpavillons Bauernstraße, Wels

Abbildung 4: Aufstockung Bauernstraße, Wels

Das Wachsen von Städten zieht eine kontinuierliche Veränderung der Stadtränder mit sich, wo Häuser, die bei ihrem Bau angemessen dimensioniert waren, nun umgeben von mehrgeschoßigen Wohnbauten oder Gewerbebetrieben plötzlich unproportioniert wirken. Deshalb ist die Nachverdichtung solcher Areale nicht nur eine Frage der Wirtschaftlichkeit, sondern auch eine der Adaptierung an neue Stadtbilder.
Das Haus Bauernstraße hat diese Entwicklung gleich in zweifacher Hinsicht durchlaufen. Der zuvor schon als Wohn- und Bürobau genutzte zweigeschoßige Bau aus den 60er Jahren wurde zunächst durch eine Aufstockung erweitert. Um den wenig tragfähigen Bestand erhalten zu können, wurde eine Holzkonstruktion gewählt, deren Stützenraster größtmögliche Flexibilität der inneren Aufteilung ermöglicht und die neuen Lasten über wenige tragende Wände verteilt. Umlaufende Verglasungen auf der Gartenseite bringen dem Innenraum Großzügigkeit durch Helligkeit und Ausblick in den alten Baumbestand. Die weit auskragenden Terrassen dienen nicht nur der Erholung, sondern auch der Erschließung und ermöglichen einen zukünftigen Nutzungswandel, denn das neue Geschoß kann durch wenige Eingriffe in bis zu vier Einheiten mit separaten Eingängen unterteilt werden. Im Zusammenspiel der Aufstockung mit dem markanten Stiegenturm an der Schmalseite findet das Gebäude nun wieder zu einer städtebaulichen Entsprechung und behält gleichzeitig durch seine Materialwahl eine gewisse Leichtigkeit und Natürlichkeit, die es von den umliegenden Bebauungen abhebt.
Eine andere, sehr subtile Form der Nachverdichtung vollzieht sich im Garten. Dort bildet eine Serie hölzerner Pavillons für kulturelle und private Zwecke ein fast japanisch anmutendes Ensemble. Die lineare Anordnung der Pavillons entlang der Grundstücksränder, die Verbindung mit Stegen unter Einbeziehung des Baumbestandes sowie die Transparenz und Zartheit der Konstruktionen schärfen die Wahrnehmung der parkähnlichen Landschaft des Grundstücks und erhalten diese – durch ihre Rückbaubarkeit – auch für die Zukunft.

Holz & Stein eine urbane Renaissance

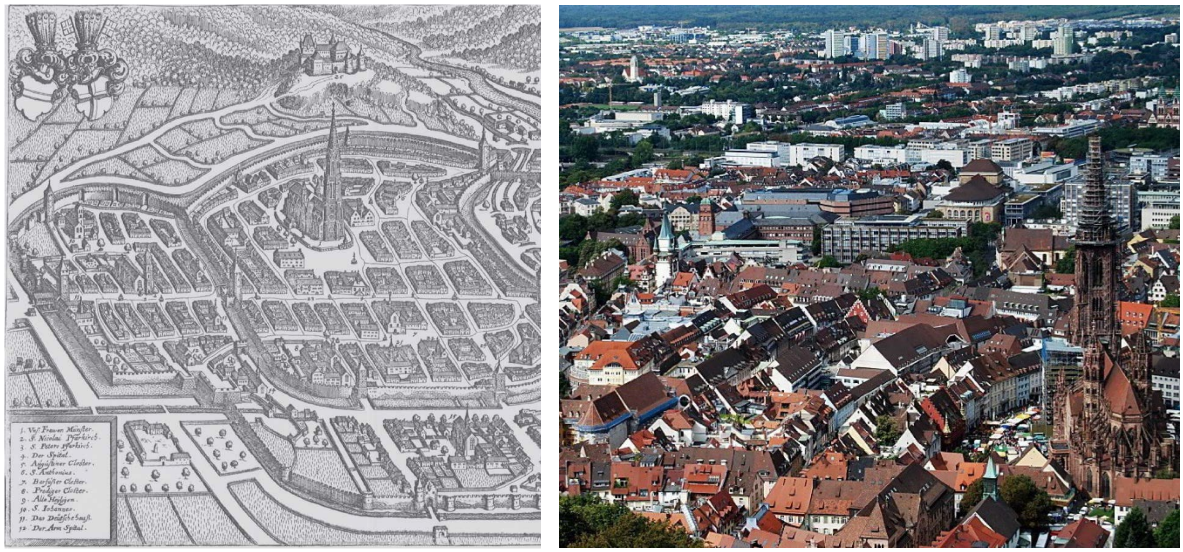
Richard M. Stoll
Freier Architekt
Heitersheim, Deutschland

Holz & Stein eine urbane Renaissance

1. Freiburger Hof eine urbane Renaissance

1.1. Wie der historische Steinbau einen Holzhut bekam

Denkmalgeschützter Freiburger Hof

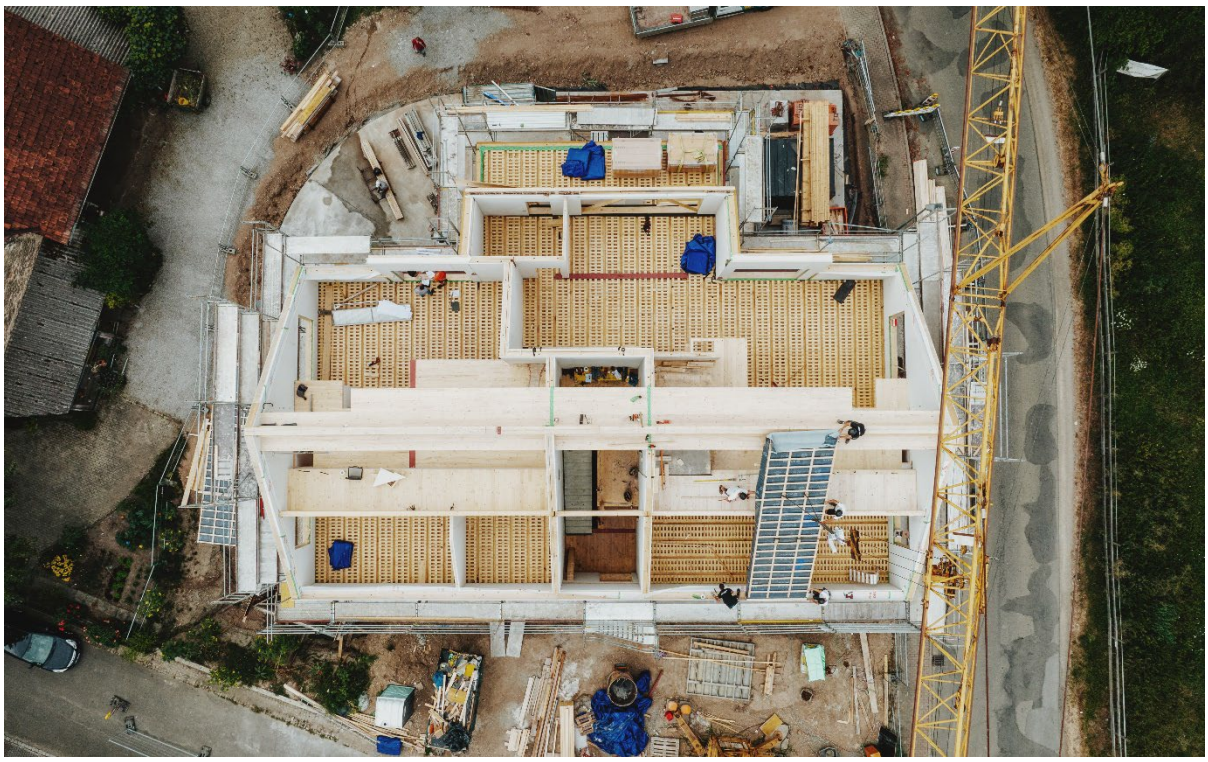


Freiburg einst 17. Jahrhundert und heute

Traditionelle Holzbauweise im Schwarzwald

Holzbauweise heute

Holzbauweise Morgen?



2. Architektur und Geschichte

Das historische Geschäftshaus «Freiburger Hof» wurde während der Jahrhundertwende als Hotel erbaut.

Im zweiten Weltkrieg wurde das Dach des Gebäudes erheblich beschädigt.

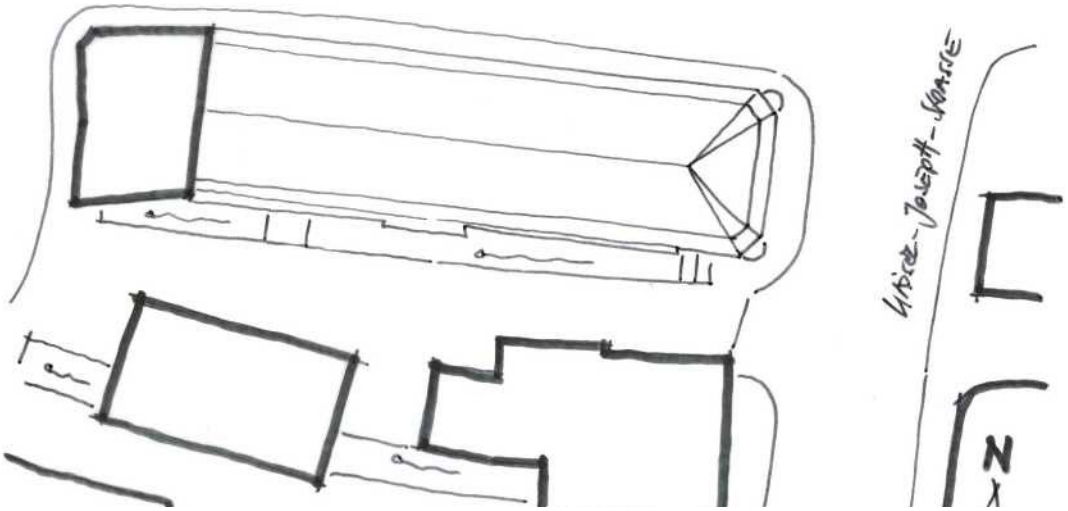
Bis in die 50-er Jahre wurde das Gebäude um ein 4. Obergeschoss mit einem einfachen Dachstuhl (Satteldach) erhöht.

Die Nutzung wechselte in ein Wohn- und Geschäftshaus. Heute ist das Gebäude ausschließlich als Geschäftshaus genutzt.

Bei den durchgeführten Maßnahmen waren die Vorgaben des Denkmalschutzes hinsichtlich des Erhalts der historischen Fassade und die Einbindung der Gestaltung der Dachaufstockung in das Stadtbild die wichtigsten Gesichtspunkte.

ZUSTAND IN DEN 50 JAHREN

ZUSTAND VOR DEM KRIEG



3. Materialität

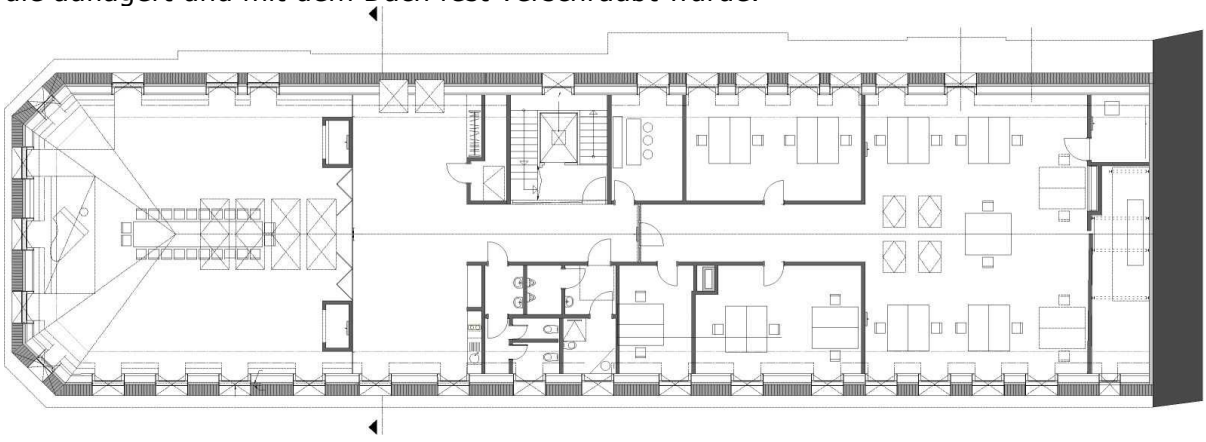
Die Entscheidung für das Material Holz entstand aus dem Entwurf und der Konstruktion und unter Mitwirkung des Tragwerksplaners und dem beteiligten Zimmereibetrieb.

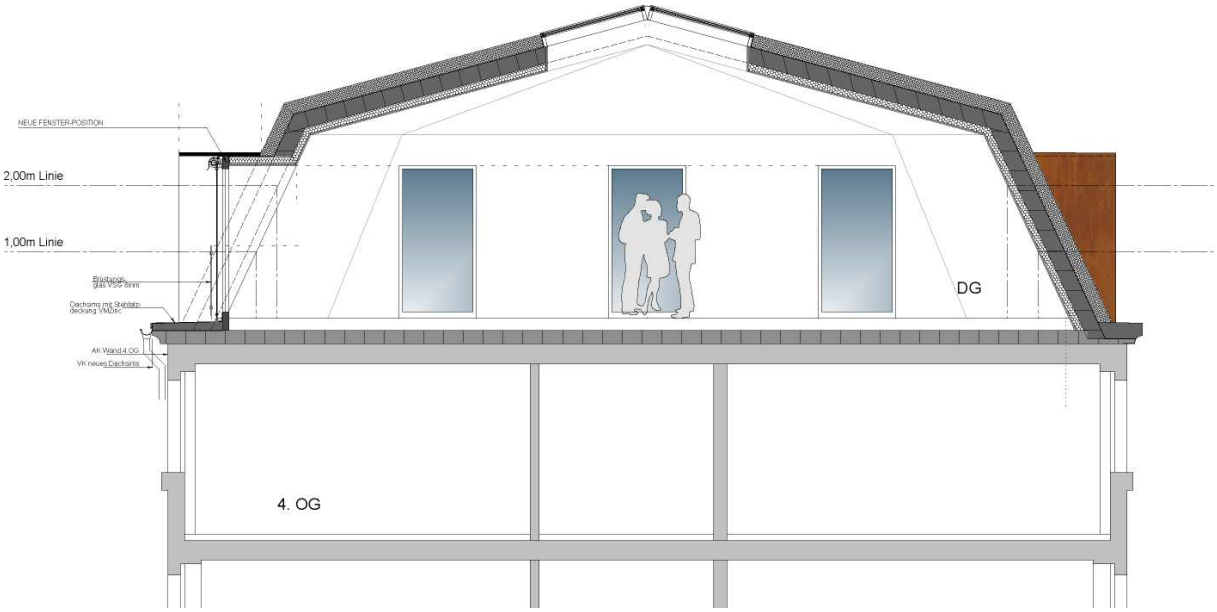
Die Grundfläche der freitragende Mansarddach Konstruktion beträgt ca. 15,0 x 50,0 m und wurde auf einer neu eingebrachten freitragenden Massivholzdecke errichtet.

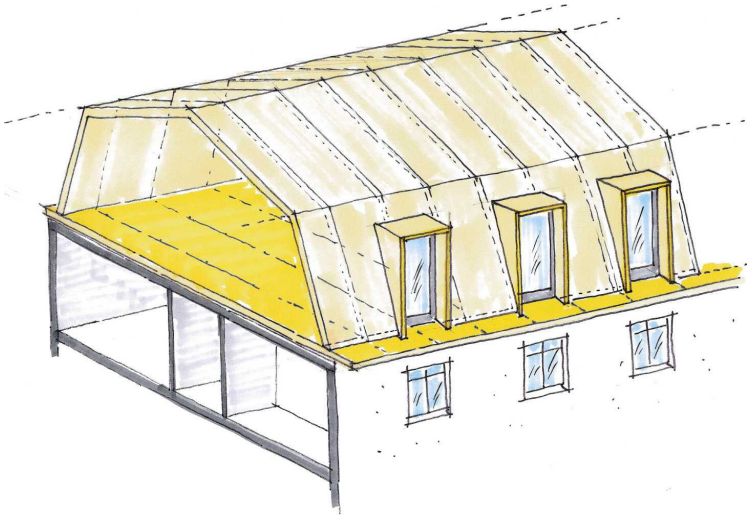
Die Konstruktion lagert ausschließlich auf den Außenwänden des Bestandsgebäudes auf. Eine komplette Neuberechnung des historischen Gebäudes war daher nicht notwendig.

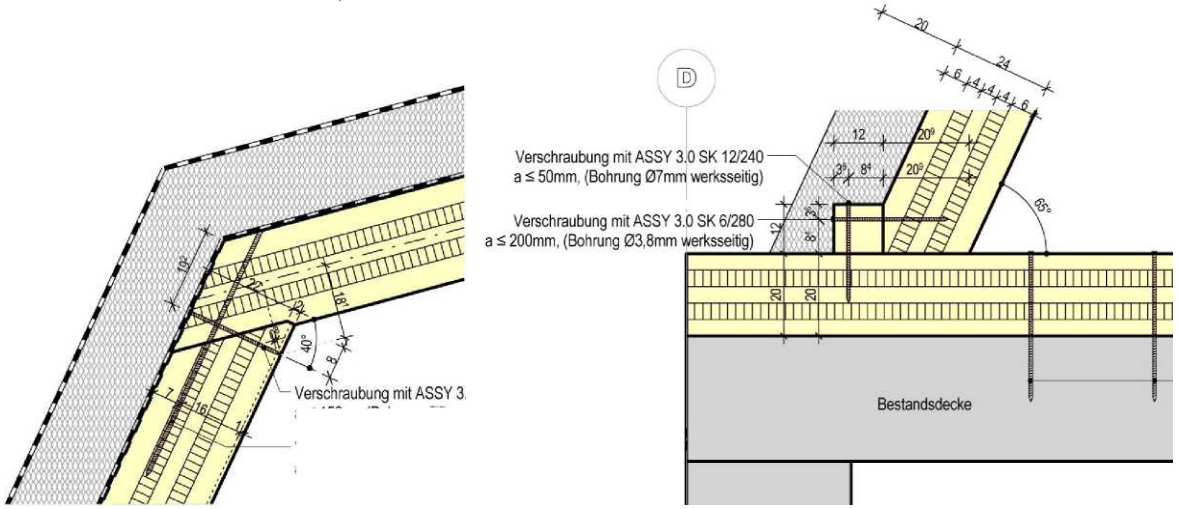
Die vorgefertigten Brettsperrholzelementen mit einer Breite von
1.25 m und einer Dicke von 240 mm sind an den an den Stößen im First und im Knickpunkt der Mansarde biegesteif verbunden.

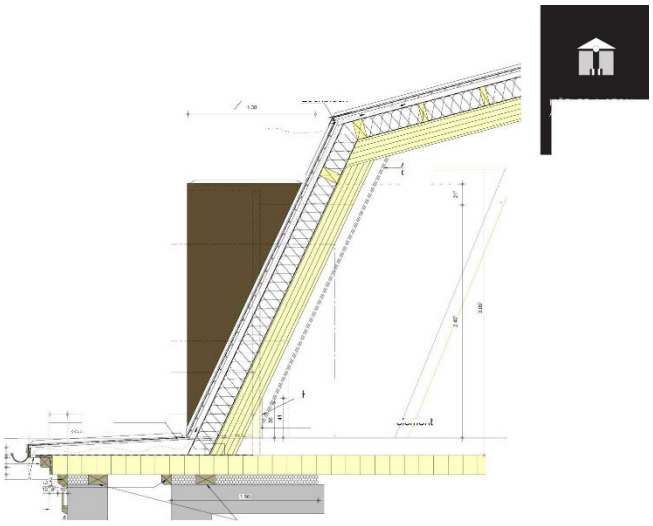
Als Deckel dieses umgedrehten Schiffsbugs dient eine 20 cm dicke Brettsperrholzplatte die auflagert und mit dem Dach fest verschraubt wurde.




NEUE FENSTER-POSITION
2,00m Linie
1,00m Linie
DG
4. OG




D
Verschraubung mit ASSY 3.0 SK 12/240
a ≤ 50mm, (Bohrung Ø7mm werksseitig)
Verschraubung mit ASSY 3.0 SK 6/280
a ≤ 200mm, (Bohrung Ø3,8mm werksseitig)
Verschraubung mit ASSY 3.
Bestandsdecke



BAUABLAUF MIT VORFERTIGUNG

FERTIGE IMPRESSIONEN HOLZ & STEIN EINE URBANE RENAISSANCE

4. Bildnachweis

Bauvorhaben Freiburger Hof – Humboldtstraße 2, 79098 Freiburg

- Ansicht früher — aus dem Gebäudebestand
- Ansicht heute — Höfler & Stoll Architekten
- Reihe — Ralf Killian / www.killian-fotografie.de
- Ecke — Ralf Killian / www.killian-fotografie.de
- Innenraum Büro — Höfler & Stoll Architekten
- Innenraum Meeting — Höfler & Stoll Architekten
- Konstruktion — Höfler & Stoll Architekten
- Detail Fassade Gaube — Ralf Killian / www.killian-fotografie.de

Zusammenrücken – vom Einfamilienhaus zum Generationenhaus

Oliver Hilt
architekturagentur
Stuttgart, Deutschland

Zusammenrücken – vom Einfamilienhaus zum Generationenhaus

1. Zusammenrücken?

Verfügbarer Wohnraum zu bezahlbaren Preisen- das ist eine der wesentlichen Herausforderungen, der sich die Wohnungswirtschaft, Architektur und Stadtentwicklung schon seit Jahren stellen und auch in Zukunft stellen werden müssen. Doch gibt es neue Erkenntnisse für eine positive Entwicklung? Hinzu kommt, dass während der Coronapandemie der Stellenwert einer adäquaten häuslichen Umgebung an Relevanz gewonnen hat und neue Aspekte hinzugekommen sind: Wohnen, Betreuen und Arbeiten innerhalb des eigenen Zuhauses und nicht dezentral, wie sonst gewohnt. Ist die Verwirklichung des Einfamilienhauses noch angemessen? Welche Größenordnung kann ich mir leisten? Welche Kriterien sind also relevant, die an ein Wohnen der Zukunft gestellt werden und wie ist dies mit den Anforderungen an die Klimawende zu vereinbaren?

1.1. Demographie und Wohnungsbau

Statistisch hat der durchschnittliche Wohnraum in Deutschland in den letzten 5 Jahren um 0,5m² zugenommen. Verglichen mit einer Fläche von knapp 30m² im Jahr 1980 entspricht dies einer Steigerung von über 60%. Dies ist das Ergebnis einer prosperierenden Gesellschaft über die letzten Jahrzehnte ohne wesentliche Einschränkungen wie Kriege oder eine langanhaltende Rezession. Die Entwicklung ging stetig dahin, dass neue Wohnungen immer größere Flächenangebote aufweisen, die aber auch künftig genutzt und vor allem bezahlt werden müssen. Hinzu kommt der anhaltende Trend, dass der Zuzug in Städte aus ländlichen Regionen kontinuierlich zunimmt. So prallen aktuell der hohe Bedarf an Wohnraum auf ein geringeres Angebot an Wohnungen aufeinander, was zu steigenden Kaufpreisen und Mieten, vor allem in den Städten führt. Im Gegenzug dazu verlieren strukturschwache ländliche Regionen die Bewohnerschaft. Besonders häufig ist der Wegzug bei jungen Familien zu beobachten, was im Vegzugsgebiet dann zu einer starken Veralterung der Gesellschaft führt und im nächsten Schritt der Verlust von Sozial- und Dienstleistungsstrukturen auf dem Lande.

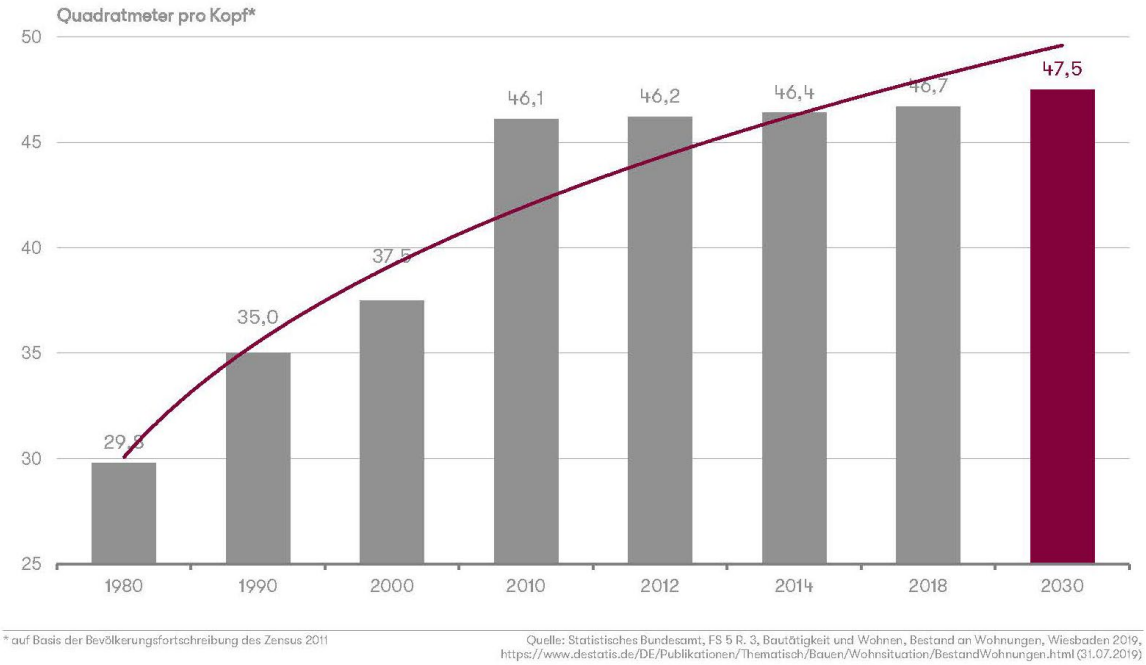


Abbildung 1: Entwicklung der Wohnfläche in m² / Kopf in Deutschland

Der wachsende Wohnflächenanteil pro Kopf ergibt sich auch aus der Tatsache, dass bauliche Strukturen starre räumliche Gefüge sind und sich den volatileren gesellschaftlichen Entwicklungen, hin zu mehr Ein- oder Zweipersonenhaushalten nicht ohne weiteres anpassen können. Auf der Gegenseite ergeben sich Remanenzeffekte: Ältere Bewohner verbleiben in der großen Wohnung oder dem Einfamilienhaus, nachdem Kinder ausgezogen sind. Zur Verfügung stehender Wohnraum bleibt oft ungenutzt. Wie also kann man Wohnen an die Bedürfnisse der Gesellschaft anpassen und möglichst so generieren, dass man auch zukünftig flexibler darauf reagieren kann? Welche Wohnungsangebote braucht der Markt, damit der allgemeine Bedarf gedeckt werden kann und gleichermaßen bezahlbar bleibt? Sind unsere Wohnflächen angemessen?

Hierzu muss Wohnen neu gedacht werden.

1.2. Nachhaltigkeit und Klimawandel

Das Klimaschutzziel der Bundesregierung in Deutschland wurde infolge der Klage beim Bundesverfassungsgericht korrigiert. Bis 2030, also in ca. 8 Jahren müssen die Treibhausgase um 65% reduziert werden. Und bis 2045 komplett auf 0% reduziert werden. Im Anbetracht dessen, dass das Bauen für ca. 60% der weltweiten CO_2- Emissionen verantwortlich ist, ist auch hier ein grundlegendes Umdenken für die Bauwirtschaft und Architektur notwendig. Nur wenn jetzt bereits die künftigen Gebäude in einer klimafreundlichen Errichtung gedacht werden, sind diese Ziele erreichbar. Dabei geht es weniger um die energetische Effizienz im Gebäudebetrieb als mehr um die Einstiegsgröße bei der Errichtung. Mit zunehmendem Anteil der regenerativen Energien für Strom, Heizung, Kühlung etc. wird der zu kompensierende Anteil der Grauenergie aus der Erstellung wesentlich wichtiger. Mit nachwachsenden Rohstoffen, im hauptsächlichen Holz, in der Primärstruktur kann hier eine deutliche Verbesserung der Klimabilanz erzielt werden, da CO_2 dauerhaft in der Konstruktion eingelagert wird und mit dem Nachwuchs neuer Rohstoffe ein Multiplikator der CO_2 Senkeleistung entsteht. Nur mit einem wesentlichen Anteil an nachwachsenden Baustoffen wird man eine klimaneutrale Errichtung von Gebäuden erzielen. Der Holzbau ist hierbei eine Brückentechnologie: eine klimaneutrale Gebäudestruktur sorgt automatisch für weitere Nachhaltikeitseffekte, wie klimaneutrale Mobilität, Energieerzeugung vor Ort, Reduzierung von Flächenverbrauch.

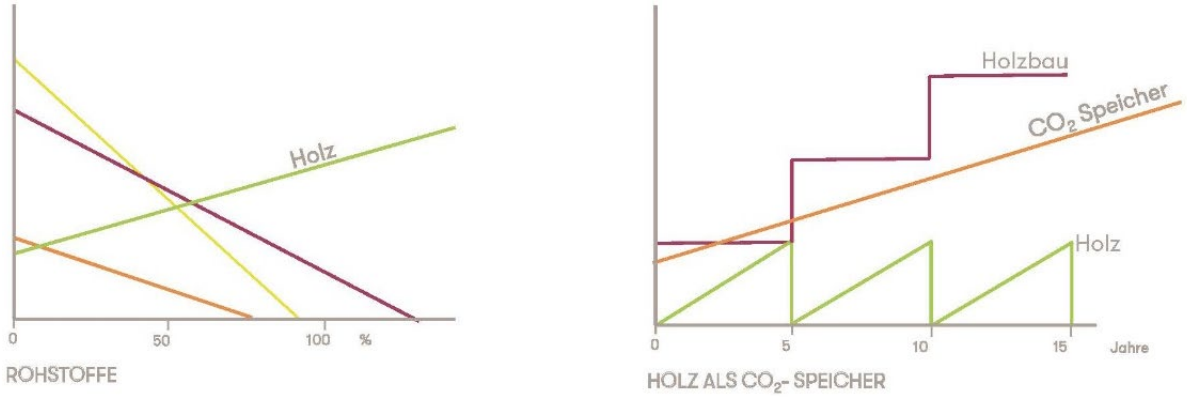


Abbildung 2: Endlichkeit der Rohstoffe und Multiplikation der CO_2 Senkeleistung durch Holzbau ©architekturagentur

1.3. Strategien zur Umsetzung

Nur durch die Betrachtung von allen relevanten Nachhaltigkeitsaspekten (Effizienz, Suffizienz und Konsistenz) wird es gelingen, Klimaschutzziele zu erreichen und gleichermaßen Lösungen für das Wohnen der Zukunft zu erzielen. Durch das Bauen in angemessener Dichte lässt sich der Flächenverbrauch reduzieren. Flächen/Kopf müssen angemessen reduziert werden und individuelle (redundante) Funktionen in den gemeinschaftlichen Nutzen gebracht werden. Dachflächen, als Klimapuffer, Energieerzeugung und Nutzungsqualität (bspw. Dachgarten) für Bewohner verwendet werden.

Gebäude müssen künftig multifunktional und adaptiv gedacht werden. Jeder Bedarf einer Lebensphase muss im Gebäude auf einfache Art und Weise realisierbar sein; von der Wohnung abteilbare Kinderzimmer können z.B. zur Unterbringungsmöglichkeit einer häuslichen Pflege im Alter werden. Dazu ist eine generelle barrierefreie Konfiguration der Wohnungen mit der Ersterrichtung unumgänglich. Gemeinschaftlich genutzte Flächen können eine Vielzahl von Funktionen innerhalb einer Hausgemeinschaft erfüllen, wie: Arbeiten zuhause, Kinderbetreuung, Gästeunterbringung, Wohnen auf Zeit etc.
Es muss Gebäuden neben der dauerhaften Nutzung über viele Generationszyklen hinweg möglich gemacht werden, auf einfache und trennbare Weise umgebaut oder abgebaut zu werden. Gebäude werden in der Zukunft vermehrt als Rohstoffdepot (urban mining) für weitere Bedarfe zur betrachtet werden, da nicht genügend Rohmassen zur Verfügung stehen. Deshalb sind lösbare und einstoffliche Materialien von Vorteil. Sämtliche Konstruktionen müssen deshalb auf Upcycling- oder Recyclingfähigkeit ab der Erstverwendung konzipiert werden. Dabei helfen Strukturen in Holz, die dann in einem erneuten Lebenszyklus weiterverwendet werden können und dabei konstant CO_2 eingelagert haben. Das Zusammenspiel von suffizientem Wohnen und einer klimaneutralen Konstruktion wird einen wesentlichen Beitrag für das zukunftsfähige Bauen leisten. Skaliert man diese Gebäudestruktur auf den Quartiersmaßstab, gepaart mit nachhaltiger Mobilität und einem Angebot an Dienstleistungen ist dies nicht nur ein funktionierendes Modell für Städte, sondern vor allem auch für die ländlichen Regionen. Gerade hier kann mit gut durchmischten, nachhaltigen Quartiersstrukturen eine Wiederbelebung und qualitative Aufwertung erfolgen. Man kann so dem momentanen Trend der Verstädterung entgegenwirken. Bewohnerstrukturen können so von jung zu alt zu einem gut funktionierenden Gefüge werden, wenn sich beide Altersgruppen gegenseitig unterstützen, pflegen und umeinander kümmern. Eine Altersmischung bringt den zusätzlichen Effekt, dass sich neue Potentiale auf dem Wohnungsmarkt ergeben: Ältere ziehen in eine altersgerechte Struktur und geben so bestehenden Wohnraum frei, den junge Familien benötigen.

Im höchsten Maße wertvoll werden Strukturen, die aus Ihrer bisherigen monofunktionalen Nutzung umgewandelt werden können (Büros in Wohnen z.B.). In Kombination mit Aufstockungen oder Nachverdichtungen am gebauten Objekt wird hier noch zusätzlich der Flächenversiegelung entgegengewirkt.

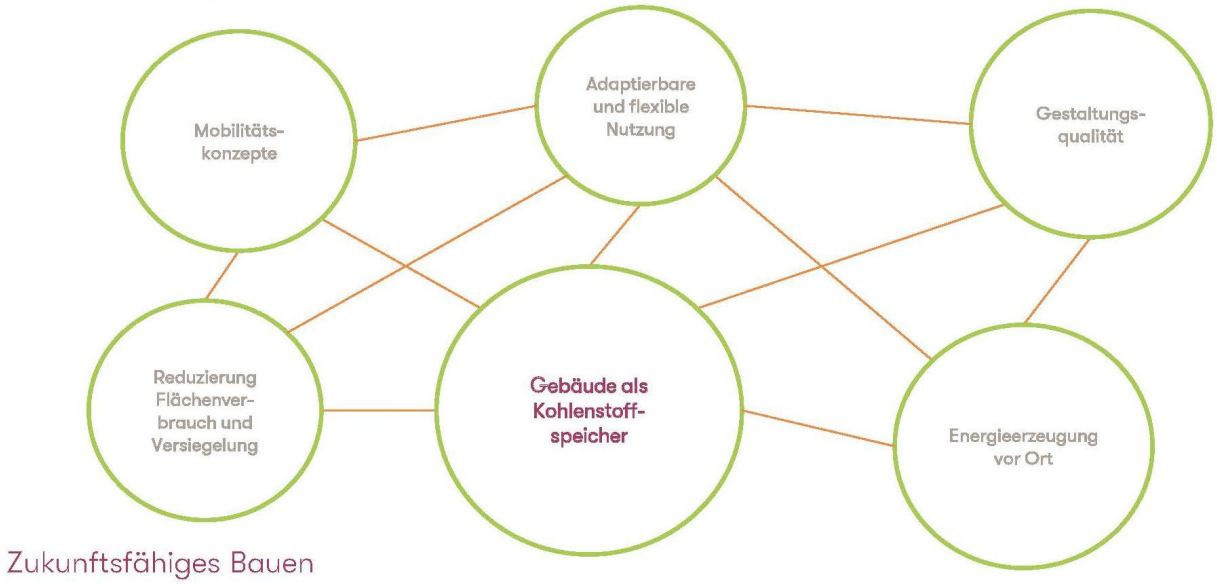


Abbildung 3: Kriterien für zukunftsfähiges Bauen ©architekturagentur

2. MaxAcht

2.1. Nutzungskonzept und soziale Aspekte

MaxAcht ist zukunftsfähiges Wohnen im urbanen Kontext. MaxAcht ist eine generationenübergreifende Hausgemeinschaft mit 19 Erwachsenen und 10 Kinder im Alter von 5 bis 75 Jahren. Diese errichteten elf, unterschiedlich große Wohnungen für 1-4- Personen-Haushalte, davon 2 geförderte Eigentums- und 2 lnklusionswohnungen. Im Erdgeschoss befindet sich ein gemeinschaftlich genutzter Aufenthaltsraum mit Küche und Freibereich. Ziel ist eine lebendige Wohngemeinschaft, in der generationenübergreifend miteinander gelebt, gefeiert und bei Bedarf auch gepflegt wird: Das Gebäude ist so konzipiert, dass die Grundrisse im Laufe der Zeit anpassbar sind. Große Wohnungen können für die häusliche Pflege abgeteilt werden. Generell ist MaxAcht barrierefrei konzipiert.

Abbildung 4: Gebäudestruktur MaxAcht ©MaxAcht

Die Bewohner von MaxAcht kommen zum Teil aus Vorortbereichen, die bewusst den Weg in die Stadt gewählt haben. Die dabei freiwerdenden Wohnungen und Einfamilienhäuser können so anderen zur Verfügung gestellt werden. Gerade bei den älteren war der Ansatz, sich räumlich zu verkleinern und in Gemeinschaft das Alter zu genießen. Durch den gemeinschaftlichen Ansatz konnte so für alle Einkommensgrößen die Realisierung von bezahlbarem Wohnraum ermöglicht werden.

2.2. Architektur

Die grundrissliche Struktur folgt dem klaren Konzept im Hinblick auf Flächenoptimierung. Die öffentliche Erschließung ist auf ein Minimum reduziert und lässt so eine maximale Ausnutzung des Baufelds zu Gunsten der Wohnfläche entstehen: Ein konsequentes Ausnutzen der verfügbaren städtischen Fläche, um maximale Wohnqualitäten zu erzielen, flexible Grundrisse zum Anpassen an die jeweilige Lebenssituation und generationenübergreifendes und inklusives Wohnen (2 Wohnungen sind rollstuhlgerecht). Durch effiziente und offene Grundrisse ohne Flure und Nebennutzflächen konnte von den Bauherren zusätzlich ein großzügiger Gemeinschaftsbereich finanziert werden. Teile der Wohnung können je nach Anforderung an Lebensphasen hinzu- oder weggeschaltet werden: Hinzunahme einer Pflegekraft im eigenen Wohnbereich, Erweiterung bei Vergrößerung der Familie etc.

Abbildung 5: MaxAcht ©Jürgen Pollak, Stuttgart

2.3. Ökologische Qualität

Im Wesentlichen besteht MaxAcht in seiner Tragstruktur aus unverleimtem Massivholz. Sämtliche tragende Wände und Decken (außerhalb des Kellers und des Treppenhauses) wurden aus diesem Baustoff realisiert. Hierbei werden ca. 500m^3 CO2 dauerhaft in der Tragstruktur eingelagert. Somit ist MaxAcht klimaneutral in der Erstellung.
Durch das hohe Maß der Vorfertigung wurde die Baustelle schnell fertiggestellt. Hierbei entstehen gerade im innerstädtischen Bereich wesentliche Entlastungen für die Nachbarschaft und den Verkehr, da großflächige Lagerungen und Baustelleneinrichtungen entfallen.
Sämtliche Baumaterialien wurden auf mögliche gesundheitsgefährdende Stoffe hin untersucht und ausgewählt. Alle wesentlichen Materialien sind biorecyclingfähig. Dies geht über den üblichen Begriff des Recyclings hinaus, da die Materialien vollständig biologisch abbaubar sind und künftigen Generationen keine Altlasten hinterlassen.
Grundsätzlich wird ein hohes Maß an Naturbaustoffen verwendet, um die VOC- Belastung gering zu halten und möglichst schadstofffreie Innenräume zu ermöglichen.
MaxAcht leistet einen wertvollen Beitrag für die Verbesserung der Baukultur. Bereits mit Fertigstellung sind Qualitäten definiert, die das klimaneutrale Bauen und das gemeinschaftliche Wohnen zukunftsfähig machen.

Abbildung 6: MaxAcht ©Jürgen Pollak, Stuttgart

Abbildung 7: MaxAcht ©Jürgen Pollak, Stuttgart

Brandschutz im Bestand – Herausforderungen in der Planung und Ausführung

Markus Zimmermann
IHT Ingenieurbüro für Holz + Technik AG
Schaffhausen, Schweiz

Brandschutz im Bestand – Herausforderungen in der Planung und Ausführung

1. Einstieg, Brand von Glarus 1861

Begünstigt durch den Föhn, brannte ca. 2/3 der Stadt Glarus vom 10. auf den 11. Mai 1861 nieder. Zum Glück brach der Brand am Abend und nicht in der Nacht aus. So bemerkten viele Menschen die Gefahr rechtzeitig und konnten sich in Sicherheit bringen.
Dennoch gab es Tote zu beklagen und rund 47% der Bevölkerung war obdachlos.
In der damals noch jungen Eidgenossenschaft war die Solidarität sehr gross und es wurden innert kurzer Zeit Spendengelder im Betrag von über 2.7 Millionen Schweizerfranken zusammengetragen. Die Stadt wurde danach innerhalb von nur 3 Jahren wieder aufgebaut.
Dieser Brand hat einige Auswirkungen bis in die Bauordnungen und letztlich auch in die Brandschutznormen. Es wurde unter Anderem verboten die Häuser mit Holzschindeln zu beschlagen. Ebenfalls war es fortan im Ortskern verboten Holzbauten zu erstellen. Mitunter kämpfen wir bis heute mit diesen Ansichten, dass Holz in Bauwerken gefährlich sein soll.

Abbildung 1: Brand von Glarus mit Kirche

Wie konnte es so weit kommen? Bis heute ist nicht restlos geklärt, was die Ursache war. Die Fakten erhärteten sich aber, dass es Brandstiftung war. Aber nicht der Auslöser interessiert uns heute, sondern wie es soweit kommen konnte, dass 2/3 einer kleinen Mittelalterlichen Stadt abbrannte?
Kurz zusammengefasst, kann festgehalten werden, dass es entweder niemandem bewusst war, was passieren kann oder man hat es als akzeptiertes Risiko hingenommen.
Heute würde man sagen, es wurden keine vernünftigen Schutzziele definiert, geschweige den umgesetzt.

2. Brandschutz in der Schweiz

2.1. Übersicht

In der Schweiz werden von der Interkantonalen Organisation für Handelshemmnisse [IOTH] Aufträge an die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen [VKF] erteilt. Die VKF erstellt innerhalb dieser Aufträge unter anderem Normen, Richtlinien, Erläuterungen, Arbeitshilfen, Merkblätter, Reglemente und Formulare.
Wie schon aus dem Namen ersichtlich handelt es sich dabei um eine Vereinigung von Versicherungen. Neben einem moralischen Auftrag geht es bei Versicherungen aber immer um Geld.
Beim Erstellen der Brandschutzvorschriften gilt es einige Herausforderungen zu bewältigen. Frei interpretiert kann man diese wie folgt beschreiben:

- Bauen soll nicht unnötig verteuert werden
- Es sind alle Baumaterialien und Bauprodukte fair und neutral zu behandeln
- Bei Sachwerten ist eine sinnvolle und wirtschaftliche Grenze festzulegen
- Beim Personenschutz sind Risikoabwägungen mit grösster Sorgfalt zu definieren

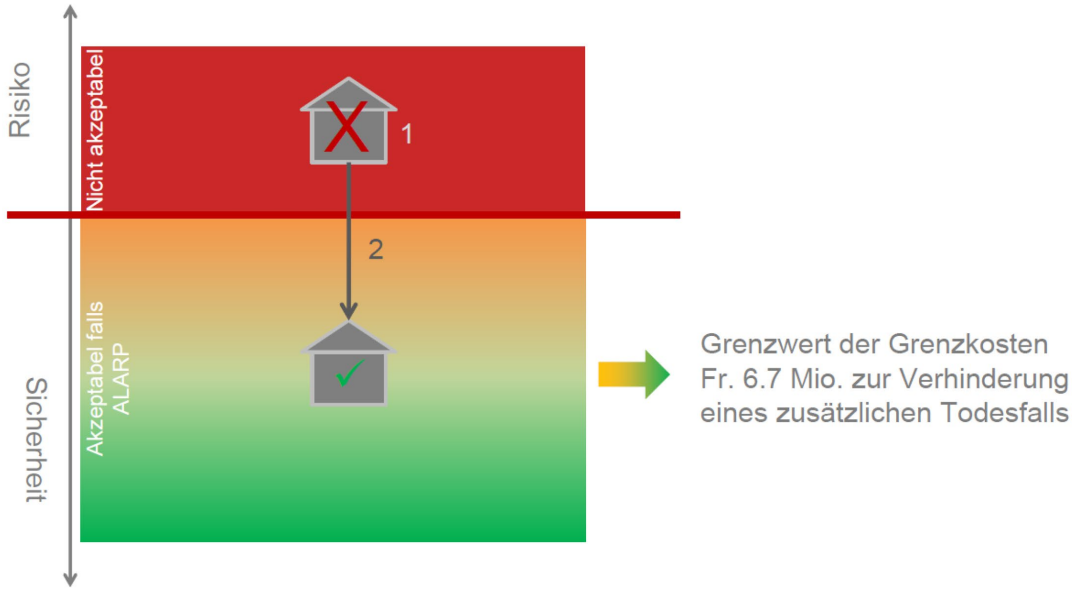


Abbildung 2: Grenzwert und Grenzkostenprinzip (Graphik: Risk& Safty / Matrisk)

Die Resultate daraus sind eine grosse Anzahl von Dokumenten mit einer festgelegten Hierarchie. Die VKF legt Schutzziele fest, welche es beim Bauen und Nutzen von Gebäude zu beachten gilt.

a - IOTH +
b - Norm +
c - Richtlinien +
d - Verzeichnisse +
e - Erläuterungen +
f - Arbeitshilfen +
g - Merkblätter +
h - Musterweisungen +
i - Reglemente +
j - Formulare +

Abbildung 3: Aktuelles Dokumentverzeichnis bsvonline.ch

2.2. Einordnung, Brand von Glarus

Was ist nun in Glarus falsch gelaufen?
Die Schutzziele für eine dichte Bebauung wurden nicht erkannt und folglich auch nicht richtig umgesetzt.

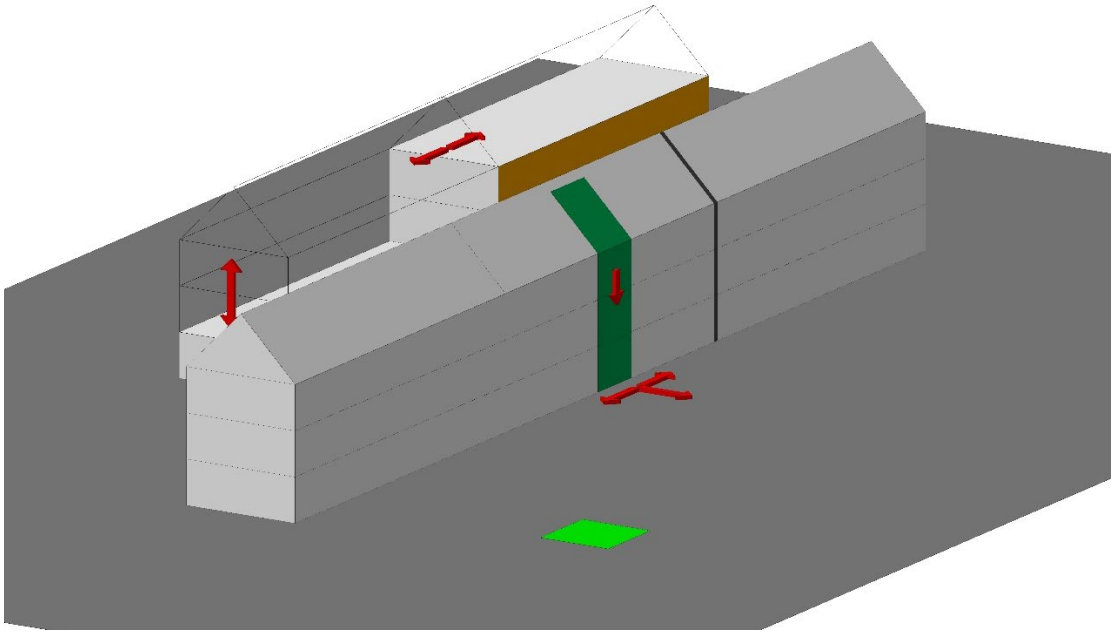


Abbildung 4: Schemaskizze Schutzziele, Ursachen

Ungenügende Definition oder Umsetzung der Schutzziele:

- Brandausbreitung in der Stadt
- Brandausbreitung innerhalb von Häuserzeilen
- Brandausbreitung innerhalb der Gebäude
- Personenschutz in den Gebäuden
- Personenschutz aus den Gebäuden
- Konzept für Einsatzkräfte

Die Aufzählung ist nicht abschliessend. Werden aber diese sechs Punkte für bewohnte Gebiete berücksichtigt und angemessen umgesetzt, funktioniert der Brandschutz für die meisten Gebäude, Überbauungen, Quartiere und Ortschaften.

3. Praxis Beispiele

3.1. PHZ, Pädagogische Hochschule Zug

Die Pädagogische Hochschule in Zug befindet sich im Wandel. Das Knabenpensionat St. Michael mit Internat wird am 20. November 1872 als Aktiengesellschaft gegründet. Seit dem 1. August 2013 ist die PH Zug eine eigenständige, kantonale Hochschule.
Das ursprüngliche Internatshaus mit Beherbergung wird vermehrt in eine Schule mit Tagesstrukturen umgebaut.
Die Sanierung und der Umbau erfolgten unter laufendem Betrieb inkl. Beherbergung von Jugendlichen in 3 Etappen.

Abbildung 5: Ansicht saniertes Hauptgebäude PHZ

Es mussten einige Anforderungen während dem Bau, für die Dauer einer 12-monatigen Bauunterbrechung und für den Endzustand berücksichtig werden.
Nachfolgend einige der Randbedingungen:

- Denkmalgeschütztes Bauwerk
- BMA, welche während dem Bau zeitweise ausser Betrieb gesetzt wurde
- Umbau des Fluchttreppenhauses [vertikaler Fluchtweg]
- Ertüchtigung der Brandabschnitte
- Ertüchtigung der Lastabtragung und Erbebenstatik
- Nutzung durch Schule/Internat, Bauhandwerker
- Bauunterbrechung, Bauetappen
- Leitungsführung mit Küchenabluft vom EG bis über Dach
- Verhältnismässigkeit

Bei diesem Projekt lohnt sich ein Schritt zurück für eine Betrachtung aus der Distanz ohne gleich zu Beginn die Bauteilanforderungen zu betrachten. Zuerst stellen sich die Fragen was für Ziele die Normen und Richtlinien haben. Dabei resultieren ein paar wichtige Anforderungen.

1. Die bewohnten Zimmer müssen am Tag und in der Nacht sicher sein und im Brandfall muss man es erfahren und flüchten können.
2. Die Benutzer des Gebäudes und die Bauarbeiten sollten so weit als möglich getrennt werden. Zeiten mit gemeinsamer Nutzung klein/kurz halten.
3. Was kann das bestehende Bauwerk bereits heute.
4. Wie wird mit Anforderungen der Denkmalpflege und des Schallschutzes umgegangen.

Aufgrund dieser Betrachtung kam bei diesem Bau für ein paar Wochen eine Sicherheitsperson (Securitas) für die Nacht zum Einsatz. Auf diese Weise konnte für die kurze Zeit, wo weder die BMA in Betrieb war, noch genügend sichere Brandabschnitte vorhanden waren, die Sicherheit der Personen verbessert und gewährleistet werden.
Für die Brandabschnittsbildung gibt es in der Schweiz eine grosse Anzahl an Dokumentationen für den baulichen Brandschutz. Dazu gehören die bekannten Lignum Dokumentationen für den Brandschutz im Holzbau. Daneben gibt es ein weiteres Dokument aus dem Jahr 2017 mit dem Titel: Allgemein anerkannte Bauprodukte. Darin sind wichtige Hinweise zu Bauprodukten zu finden, welche in älteren Bauwerken zu finden sind. Wichtig ist dabei zu beachten, dass diese Angaben nicht dazu da sind, um bei Neubauten beigezogen zu werden!

Tabelle Verputze

	Minimale Verputzdicke [mm]		
Feuerwiderstandsdauer [Minuten]	30	60	90
Kalk-, Zement-, und Gipsmörtel	20	30	50
Mineralfaser-, Spritzputze	20	30	45
Perlite-, Vermiculitemörtel	20	25	35

Abbildung 6: Beispiel Tabelle zu «Allgemein anerkannte Bauprodukte» Verputze

Für die Geschossdecken musste für den Bauunterbruch eine Lösung gesucht werden, die als akzeptiertes Risiko betrachtet werden konnte. Mit der Lignum Dokumentation verfügen wir über ein hilfreiches Instrument, welches ermöglicht Bauteile auf Abbrand und hinsichtlich Brandabschnittsbildung zu berechnen. Es geht dabei nicht um die ganz exakte Wissenschaft wenn man alte Bauteile betrachtet sondern um ein möglichst verlässliches abschätzen.

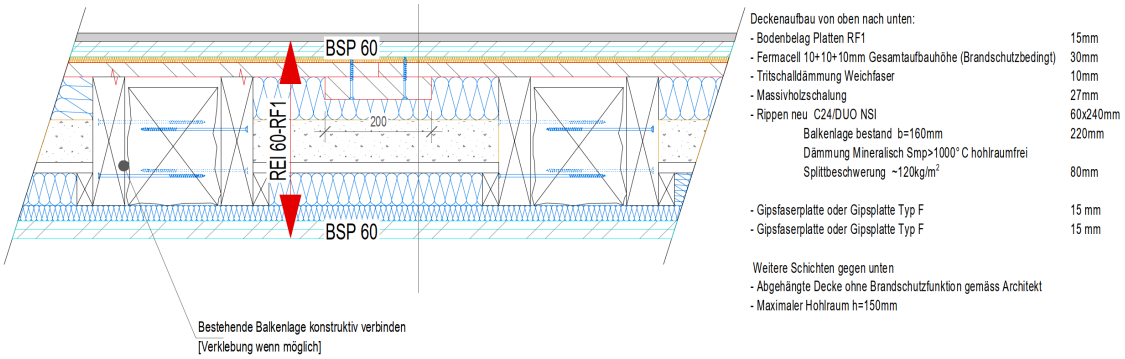


Abbildung 7: Bodenaufbau im vertikalen Fluchtweg PHZ

Abbrand Bemessung

Eingabe:				
Material		d [mm]	$t_{prot\ A-I}$	$t_{prot\ I-A}$
Gipsfaserplatte	☐	10	18.4	4.3
Gipsfaserplatte	☐	10	11.6	5.9
Gipsfaserplatte	☐	10	8.9	5.1
Massivholzplatte	☐	24	12.9	16.7
	☐			
Mineralwolle Smp >1000°C	☑	140	0.0	0.0
Holzständer C24 140 x 220 mm	☐	-/-	-/-	-/-
	☐			
-/-	☐			
Gipsfaserplatte	☐	15	11.4	14.4
Gipsfaserplatte	☐	15	8.9	30.0

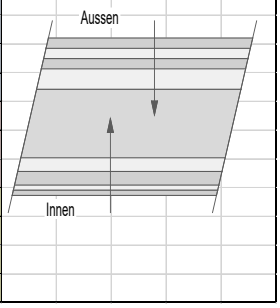


Abbildung 8: Abbrandbemessung nach Lignum Dokumentation 7.3

Nachweis: Zeit bis zum Versagen der Brandabschnittsbildenden Funktion t_{ins} :						
$t_{ins\ ,\ A\ ->\ I}$	72.2	min	≥	60	min	i.O
$t_{ins\ ,\ I\ ->\ A}$	76.3	min	≥	60	min	i.O
Nachweis: Zeit bis zum Versagen der Holzständer :						
$t_{max\ ,\ A\ ->\ I}$	53.9	min	<	60	min	n.i.O
$t_{max,\ I\ ->\ A}$	46.4	min	<	60	min	n.i.O

Abbildung 9: Ergebnisdokumentation

3.2. Schloss Steinegg, Hüttwilen

Als zweites Beispiel betrachten wir ein Projekt, welches ebenfalls in Etappen ausgebaut werden soll. Jedoch befindet sich das Gebäude in unterschiedlichen Ausbaustufen. Das Dachgeschoss ist bewohnbar und fertig ausgebaut. Die Entfluchtung führt über eine Wohnungsinterne Treppe zu einem Vorplatz im 3. OG, dort über eine Trennwand ohne Brandschutzfunktion zu einem alten Treppenhaus, welches nach 3 gewunden Läufen in einen

Korridor mündet. Durch einen weiteren Durchgang gelangt man in das Untergeschoss, von wo dann über die Baustelle, der neu zu erstellendenden Tiefgarage, der Aussenbereich erreicht wird. Nun geht es darum, eine vernünftige und praktikable Lösung zu suchen.

Abbildung 10: Historische Aufnahme sw

Obwohl das Gebäude nur von wenigen Personen bewohnt wird, kann man sich nicht so gut vorstellen, das Gebäude als Einfamilienhaus zu bezeichnen und auf diese Weise, die Brandschutzanforderungen zu umgehen. Es bedarf einer Betrachtung von ein paar Schutzzielen.

Aufgaben Brandschutz:

- vertikaler Fluchtweg muss gelöst werden.
- Brandabschnittsbildung Bauphase und fertiges Bauwerk.
- Für die Bauzeit muss die bewohnbare Wohnung sicher sein.
- Geschossweiser Umbau, wenn weitere Bereiche bewohnt werden.

- 1. Priorität ist der vertikale Fluchtweg
- 2. Priorität hat der Ausbau

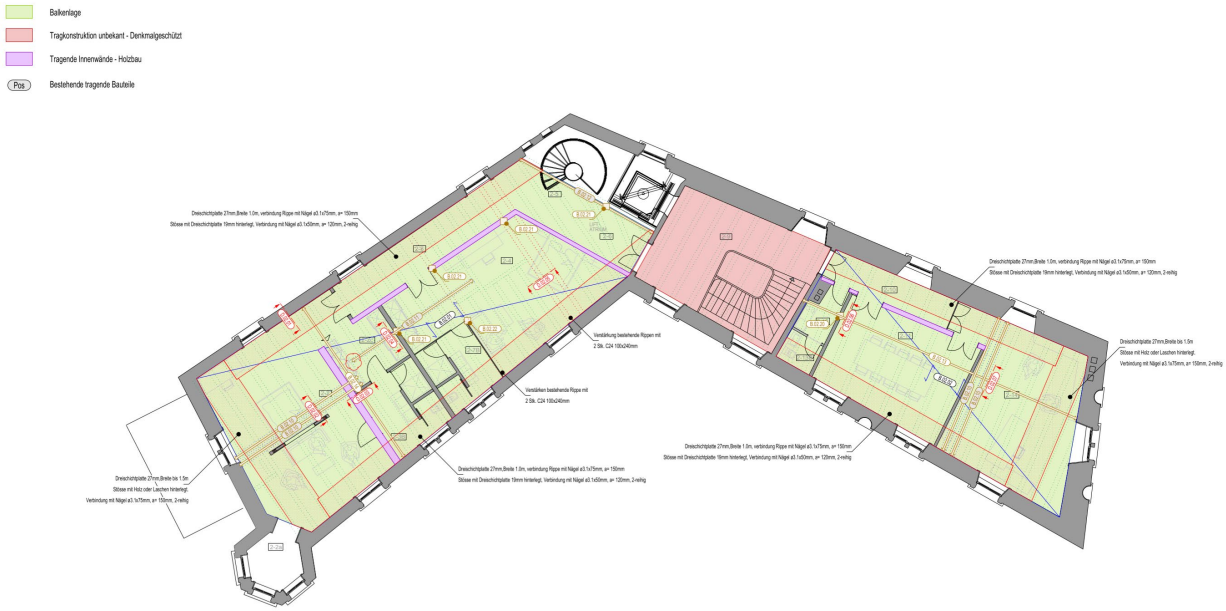


Abbildung 11: Statisches Konzept Lastfall Brand / Positionsplan Ostflügel, Stufe Bauprojekt

4. Zusammenfassung

Wie gelingt es im Bestand Projekte vernünftig und zielorientiert zu realisieren? Es müssen alle Anforderungen bekannt sein und richtig gewertet werden. Keine Fronten aufbauen, sondern die vertretbaren Grenzen definieren.

- Anforderungen an das Gebäude und Umfeld definieren [alle Gewerke]
- Schutzanforderungen/Ziele definieren
- Verhältnismässigkeit bewerten
- Massnahmen festlegen und kommunizieren
- Qualitätssicherung
- Korrektes Übergeben an den Nutzer [und auch an die Feuerwehr]

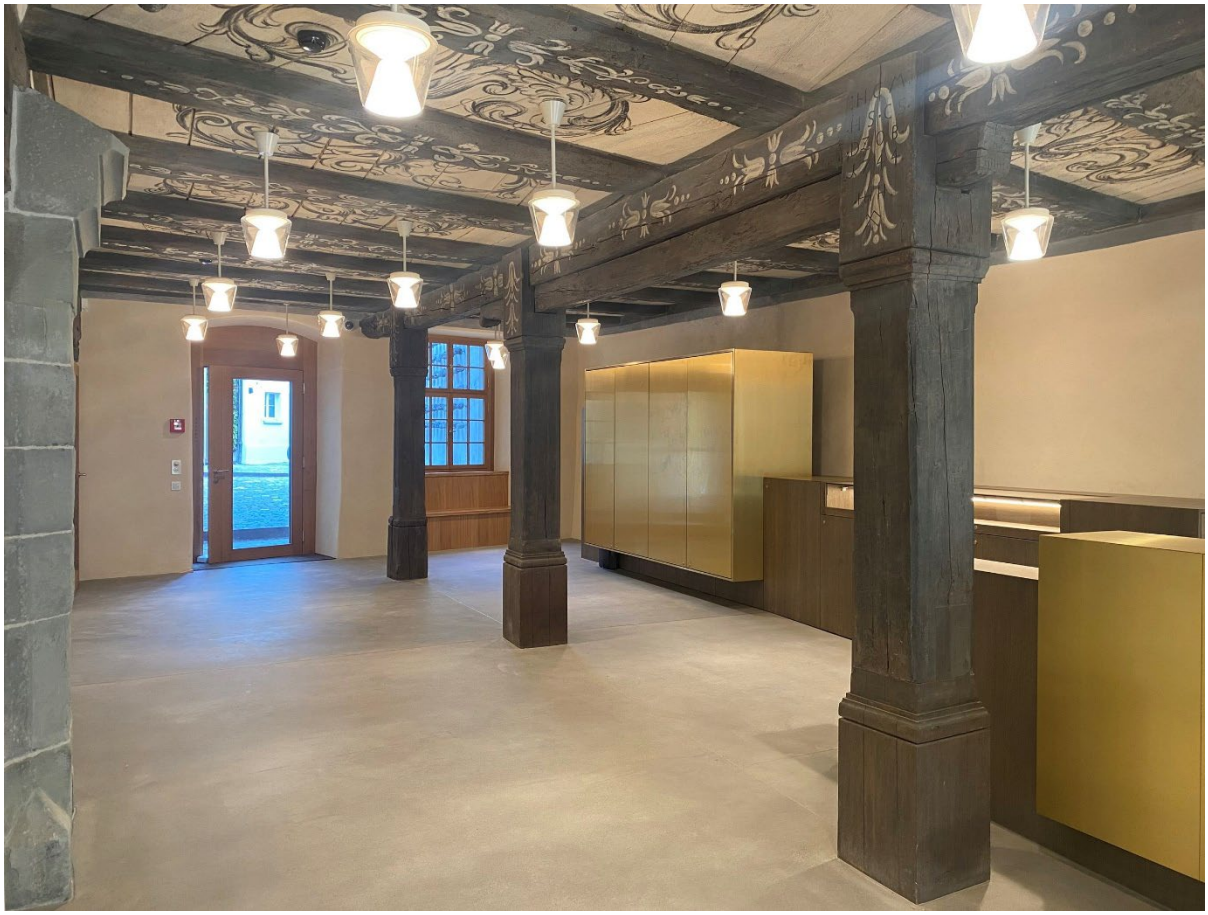


Abbildung 12: Kulturhaus Obere Stube, Stein am Rhein

Schallschutz im Bestand – Wege der Sanierung

Markus Zehnder
Zehnder Holz und Bau AG
Winterthur, Schweiz

Schallschutz im Bestand- Wege der Sanierung

1. Markt und Branchen

1.1. Potenziale und Chancen

Zehnder Holz und Bau AG ist ein mittelständisches Holzbauunternehmen in Winterthur. Seit Jahren wird statistisch ermittelt, in welchen Branchen der Umsatz generiert wird. Das zeigt, welcher Umsatzmix für die Grösse und Infrastruktur des Unternehmens optimal ist. Dies ermöglicht auch, auf Marktveränderungen frühzeitig zu reagieren.

Branchen Zehnder Holz und Bau AG
- Holzelementbau
- An-und Umbau/Aufstockungen
- Umbauarbeiten
- Fassadenbau (Hybrid und Pfostenriegel)
- Schreinerarbeiten
- Kundenarbeit, Unterhalt und Reparaturen

Über die vergangenen 10 Jahr erzielte Zehnder Holz und Bau AG jeweils ca. 60% bis 65% des Umsatzes mit Bauen im Bestand. Das heisst, in den Bereichen An-und Umbau, Aufstockungen und klassischen Umbauten.
Die Bau- und Zonenordnungen in der Schweiz wurden in den vergangenen Jahren so angepasst, dass die Grundstücke bedeutend besser ausgenutzt werden können.
Zusammen mit den Anreizen vom Staat und Banken, welche die energetischen Sanierungen mit Beiträgen oder günstigen Krediten fördern, kann man davon ausgehen, dass der Umbau- und Sanierungsbereich in den kommenden Jahren weiter an Fahrt gewinnen wird.
Wird ein Gebäude aufgestockt oder angebaut, hat das in der Regel auch Umbauarbeiten im üblichen Sinn zur Folge, so dass eine genaue Abgrenzung im Bereich Umbau schwierig zu ermitteln ist.

Abbildung 1: Branchen Zehnder Holz und Bau AG

2. Projekt Römerstrasse 205, 8404 Winterthur

Wir wollen uns den Umbau eines Gebäudes widmen, welches im alten Dorfkern von Oberwinterthur liegt. In dieser Liegenschaft ist die Werkstatt des Eigentümers untergebracht. Ein Kleingewerbebetrieb mit Metallbau, Schlosserei und Schmiede. Dieses Projekt bietet auf engem Raum sehr viel Anschauungsmaterial.

2.1. Standort und Umfeld des Projektes

Das Projekt, welches diesem Vortrag zugrunde liegt, befindet sich in Oberwinterthur, einem Ortsteil der Stadt Winterthur. Bereits im 1. Jahrhundert nach Christus entstanden erste, sicher nachgewiesene Bauten in Oberwinterthur. Im Laufe der Zeit entstand bis zum Jahre 70 n.Chr. ein sogenanntes *Vicus*, ein römisches Strassendorf mit dafür charakteristischen Streifenhäusern in Fachwerktechnik.

Abbildung 2: Vicus Vitudurum (Oberwinterthur), gesehen von der Kantonsarcheologie Zürich

In Oberwinterthur steht fast alles auf römischem Gemäuer. So stand auch unser Projekt unter besonderer Beobachtung der Denkmalpflege. Unser Projekt liegt ca. im mittleren Teil des Vicus rechts auf dem Bild. Das Gebäude in der bestehenden Form wurde ca. 1790 erstellt.
Beim Projekt Römerstrasse handelt es sich um einen klassischen Umbau. Das heisst, das Volumen wird nicht durch einen Anbau vergrössert. Einzig das Dachgeschoss ist neu Wohnraum und mit einer Lukarne besser belichtet.

3. Interessierte Partei, Behörden und Bauvorschriften

3.1. Bauherrschaft

Die Bauherrschaft ist an einer optimalen Nutzung der Liegenschaft interessiert. Die Finanzierung der Banken ist von den Baukosten und Tragbarkeit der Hypotheken abhängig. In vielen Fällen soll auch noch eine Rendite erzielt werden. Die Kosten im Griff zu behalten, ist gerade bei Umbauarbeiten eine grosse Herausforderung. Es gilt den Faktor «Unvorhergesehenes» zu minimieren.
Die Bauherrschaft wünscht eine Kostengarantie oder zumindest ein Kostendach.

3.2. Baubehörden Bauvorschriften

Die allgemeinen Bauvorschriften an Gebäudeabmessungen, Volumen, Ausnützung und Einordnungen ins Ortsbild sind zu berücksichtigen.

3.3. Denkmalpflege

Ein Denkmal ist ein Bauwerk aus einer vergangenen Epoche. Es ist ein Zeuge, wie früher gelebt, gebaut und gearbeitet wurde. Die Denkmalpflege will die Erinnerung an diese Epoche erhalten. Das können einzelne konstruktive Teile, aber auch Verkleidungen sein. Die Entscheide dieser Behörde erscheinen oft willkürlich. Darum ist es sinnvoll, die «verantwortlichen» Personen möglichst frühzeitig einzubeziehen.

3.4. Architekten

Die Architektur ist bestrebt, möglichst ästhetisch und funktional zu planen.

3.5. Unternehmer

Der Unternehmer möchte seine Leistungen fair bezahlt haben.

3.6. Statik

Der Ingenieur hat sich mit der Tragfähigkeit der vorhandenen Struktur zu beschäftigen. Wie können zum Beispiel erhaltenswürdige Balken und Konstruktionen erhalten und verstärkt werden.

3.7. Brandschutz

Wie können die Vorschriften eingehalten werden. Oft stehen diese im scharfen Konflikt zu den Wünschen der Denkmalpflege.

3.8. Schallschutz

Die Herausforderung ist, die verschiedenen für den Schallschutz erforderlichen Schichten in die statisch zur Verfügung stehenden Konstruktionen einzuplanen. Alles steht im Wechselspiel zu den vorhergehenden Massnahmen.

4. Vorbereitungsarbeiten

4.1. Bestand beurteilen

Beim Projekt Römerstrasse liess das Architekturbüro sehr umfangreiche Bestandes- und Massaufnahmen erstellen. Diese Arbeit wurde sehr akribisch gemacht. Dieser Schritt ist mit einem gewissen Aufwand verbunden. Stellt man diesen jedoch ins Verhältnis mit dem Aufwand und Ärger, welcher bei ungenügender Planung entsteht, so ist dieser Zwischenschritt eine sehr gute Investition.
Die Massgenauigkeit ermöglichte eine genaue Planung. Alle Beteiligten, der Architekt, der Holzbauingenieur und der Bauphysiker, arbeiten mit denselben Grundlagen. Für Zehnder Holz und Bau AG war es möglich, auf Basis dieser Grundlagen eine genaue Kostenberechnung zu erstellen.
Die Pläne standen uns als Unternehmer auch im DWG Format zur Verfügung. Damit konnten Massenauszüge erstellt werden.

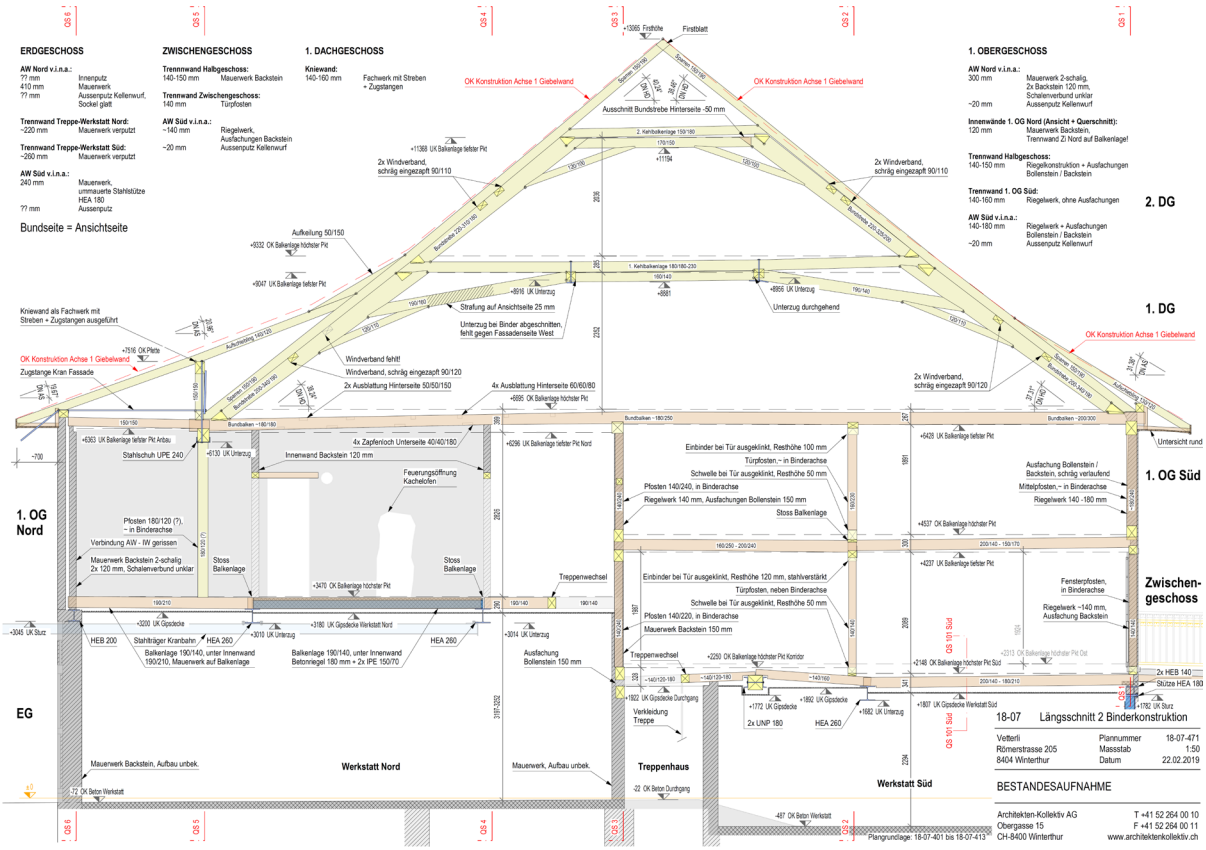


Abbildung 3: Längsschnitt Bestandesaufnahmen

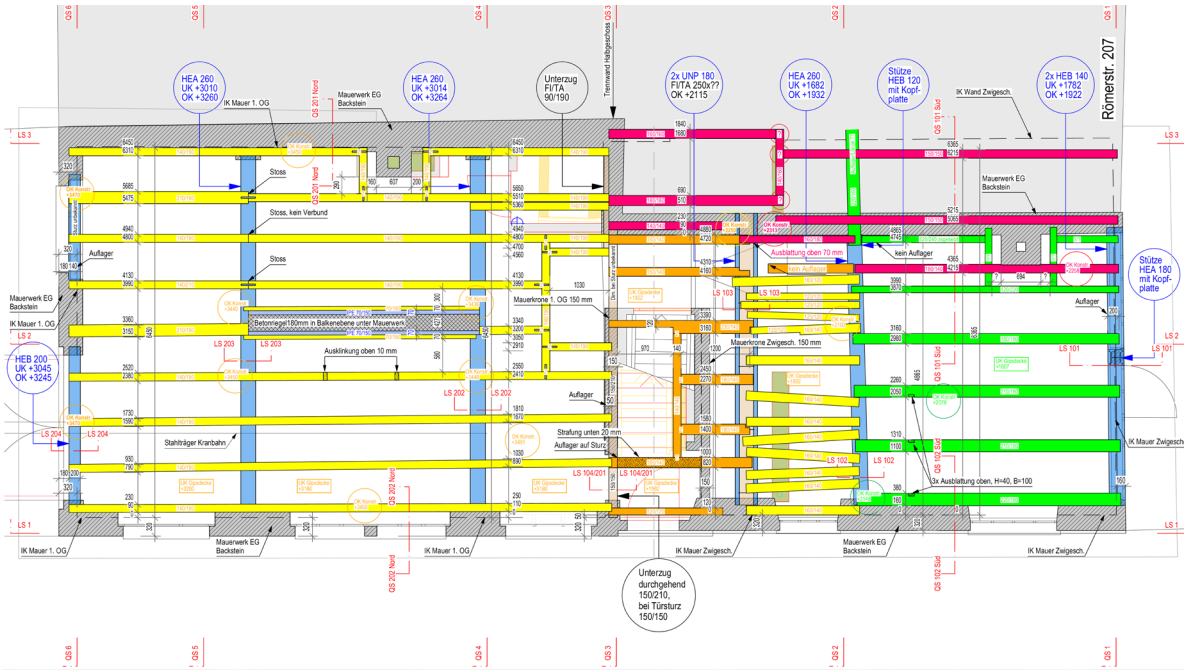


Abbildung 4: Balkenlage über EG

4.2. Projektpläne

Das Gebäude ist in 4 Nutzungseinheiten unterteilt.

- Werkstatt mit Schmiede im Erdgeschoss
- 2 Wohnungen im 1. Obergeschoss und Zwischengeschoss
- 1 Maisonett-Wohnung im 2. Obergeschoss und Dachgeschoss

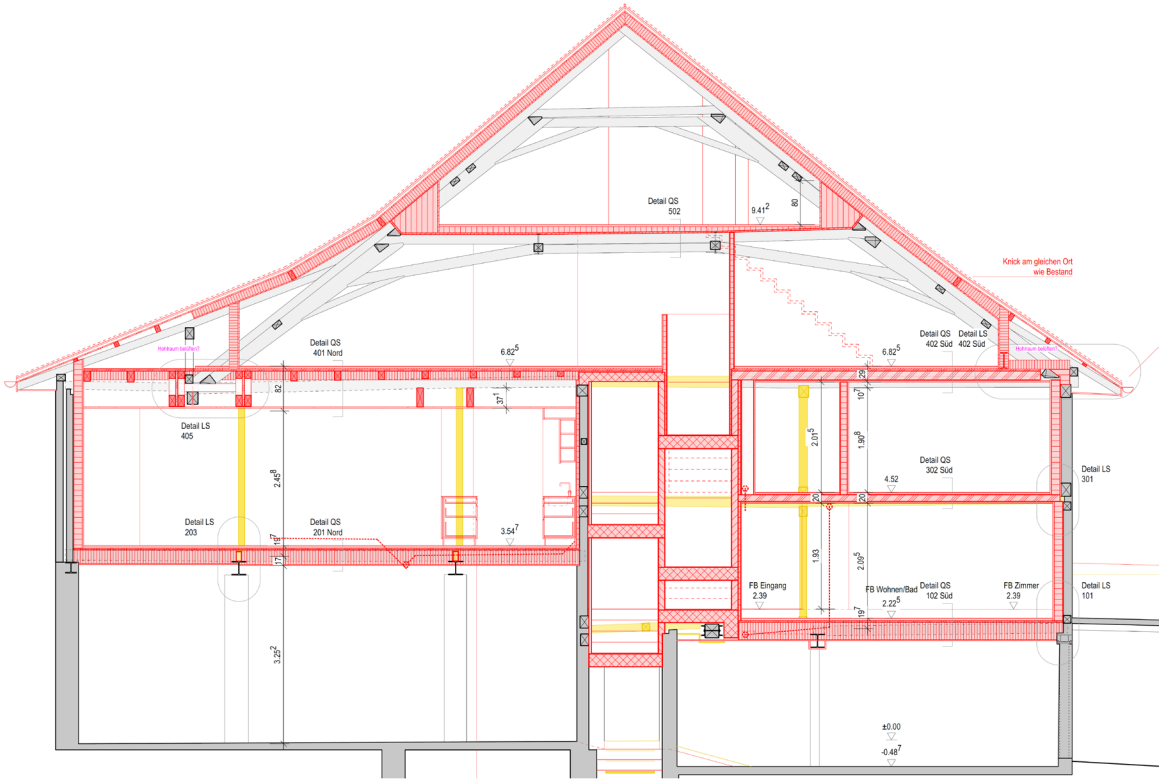
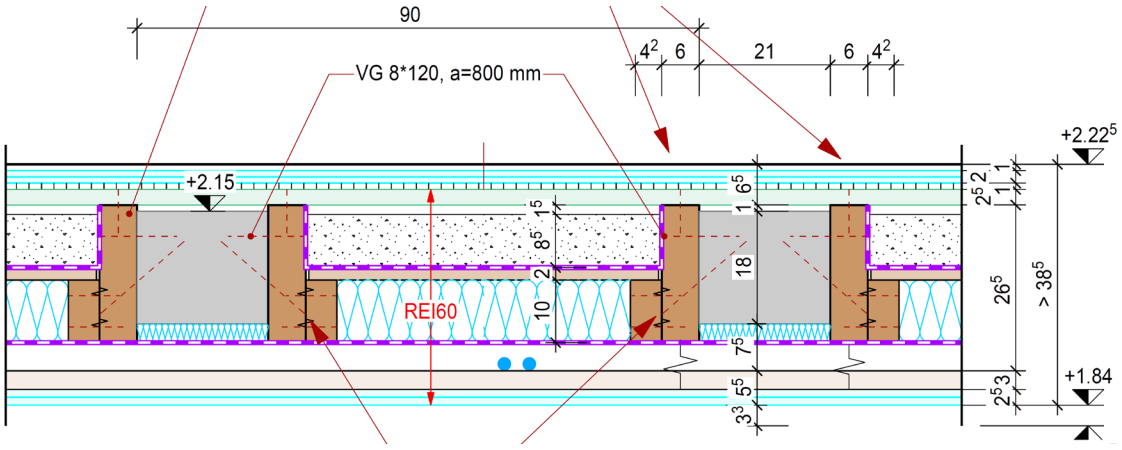


Abbildung 5: Längsschnitt

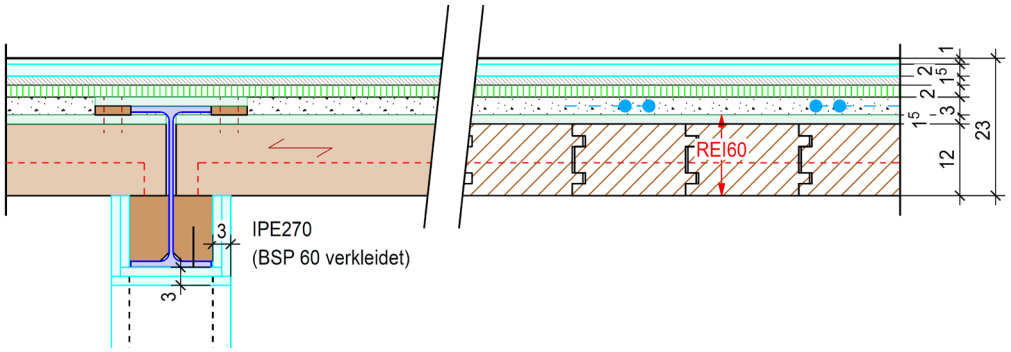
4.3. Detailplanung

Für den komplexen Bau mussten eine grosse Anzahl von Situationen beurteilt werden. Nur für die Deckenaufbauten waren 12 verschiedene Konstruktionen notwendig.

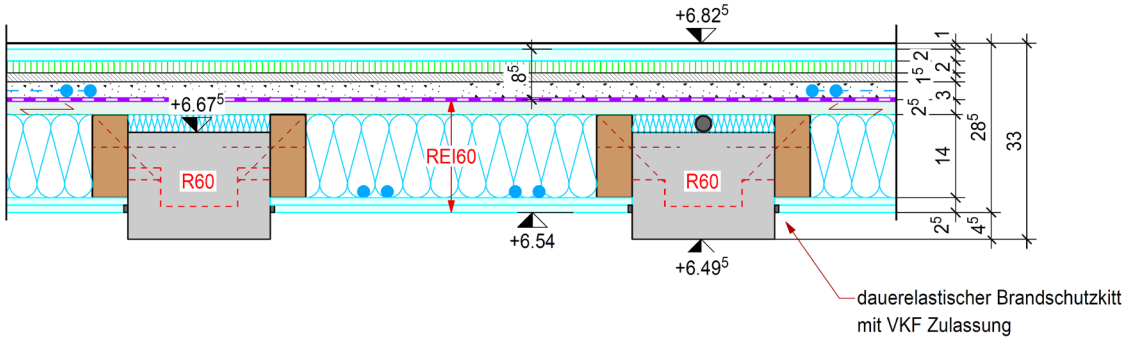
Beispiel Decke über EG:
- Werkstatt EG, Wohnen 1.OG
- Massgebende Anforderung Luftschall 57dB
- Massgebende Anforderung Luftschall 60dB
- Brandschutz REI60



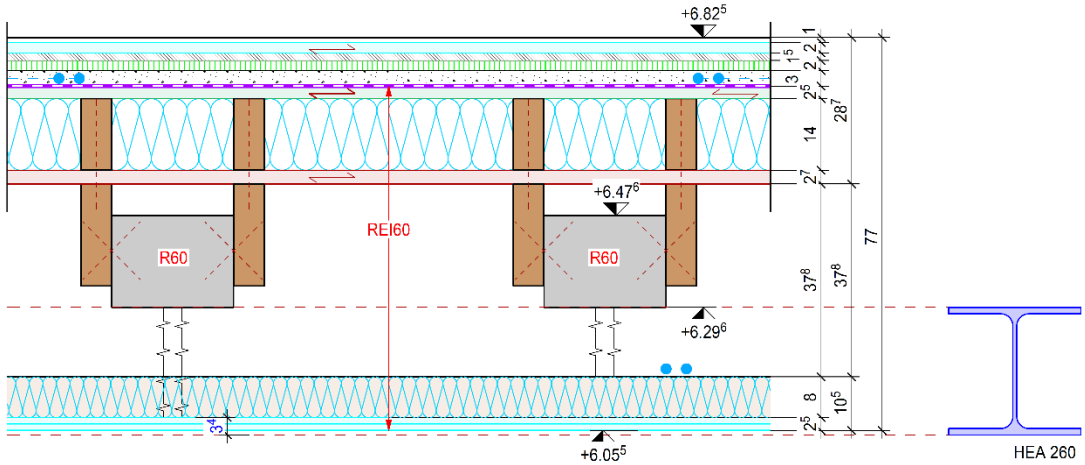
Beispiel Decke über EG:
- Wohnen 1.OG, Zwischengeschoss
- Massgebende Anforderung Luftschall 52dB
- Massgebende Anforderung Luftschall 55dB
- Brandschutz REI60



Beispiel Decke über 1.OG:
- Zwischengeschoss, Wohnen 2.OG
- Massgebende Anforderung Luftschall 52dB
- Massgebende Anforderung Luftschall 55dB
- Brandschutz REI60



Beispiel Decke über 1.OG:
- Zwischengeschoss, Wohnen 2.OG
- Massgebende Anforderung Luftschall 52dB
- Massgebende Anforderung Luftschall 55dB
- Brandschutz REI60



4.4. Fazit

Das Projekt wurde in der Zwischenzeit erfolgreich abgeschlossen. Während der ganzen Ausführungszeit herrschte zwischen Bauherrschaft, Planer und Unternehmer ein sehr gutes partnerschaftliches Einvernehmen.
Dazu beigetragen hat vor allem die gute Vorbereitung, von der Bestandesaufnahme, Planung bis zur Kostenermittlung.
Diese Art von Umbau wäre mit Beton nicht zu lösen gewesen. Im modernen Holzbau bieten sich mit den uns zur Verfügung stehenden Materialien enorm viele Möglichkeiten, um solche Herausforderungen zu lösen.

Abbildung 6: vor und nach dem Umbau

4.5. Beteiligte

Bauherrschaft:
R.Vetterli
Metallbau, Schlosserei, Schmiede
8404 Winterthur, Metallbau, Schlosserei, Schmiede

Architektur:
Architektenkollektiv, 8400 Winterthur

Holzbauingenieur:
Philipp Rüeger, 8400 Winterthur

Bauphysik:
Zehnder und Kälin, 8400 Winterthur

Holzbau:
Zehnder Holz und Bau AG, 8409 Winterthur

IHF-Prolog IV

Verbindungstechnik-Forum

Aktuelles aus der Verbindungstechnologie

Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5

Ulrich Hübner
Fachverband der Holzindustrie Österreichs
Wien, Österreich

Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5

1. Einleitung

Die Verbindungen im Holzbau sind vielfältig und höchst relevant für die Tragwerkskosten. Die Bemessungsregeln nehmen in EN 1995-1-1 als auch im Entwurf prEN 1995-1-1 etwa ein Viertel der Seiten ein. Dieser Umfang als auch die Bedeutung birgt Chancen für eine wirtschaftliche Bemessung, aber auch Risiken durch zu hohe Komplexität.

Dieser Beitrag soll einerseits die neue Struktur des Kapitels Verbindungen erklären und auf wichtige Änderungen eingehen. Andererseits soll er zum Lesen des Entwurfs prEN 1995-1-1 [1] und zur aktiven Mitgestaltung anregen.

2. Rahmen für die Weiterentwicklung

2.1. Europäische Kommission und CEN TC250

Der «Auftrag zur Änderung der bestehenden Eurocodes und zur Erweiterung des Gegenstands tragwerkrelevanter Eurocodes»[2] erteilte die Europäische Kommission im Dezember 2012 an CEN mit dem Mandat M/515. Die Antwort auf das Mandat veröffentlichte CEN TC250 im May 2013 [3]. Darin wird für CEN TC250 SC5 *Eurocode 5 – Design of timber structures* die Aufgabe 5 (SC5.T5 Sub-committee 5 Task 5) für Verbindungen wie folgt untergliedert:

- Reduktion der Anzahl nationaler Wahlmöglichkeiten,
- Erhöhte Benutzerfreundlichkeit durch verbesserte Klarheit, einfachere Navigation und die Vermeidung praktisch wenig oder nur beschränkt anwendbarer Regeln,
- Bemessungsregeln für eingeklebte Gewindestangen,
- Vermeidung von Ergebnissprüngen in Bemessungsregeln,
- Erweiterung der Regeln für spröde Versagensmechanismen,
- Bemessungsregeln für moderne zimmermannsmäßige Verbindungen,
- Überarbeitung der Rand- und Zwischenabstände von Verbindungsmitteln und
- Überarbeitung der Johannsen-Gleichungen und Verbesserung der Regeln für mehrschnittige Verbindungen.

2.2. COST Action FP 1402 Basis of Structural Timber Design – from research to standards

Von November 2014 bis November 2018 trafen sich überwiegend Europäische Holzbauexperten um «die Lücke zwischen den allgemein verfügbaren wissenschaftlichen Ergebnissen und den spezifischen Informationen, die von Konstrukteuren, der Industrie, Behörden und Normenausschüssen benötigt werden, zu schließen und einen Transfer für die praktische Anwendung bei der Holzkonstruktion und Innovation zu schaffen» [4]. Die Leitung und Organisation hatten Jochen Köhler and Philipp Dietsch übernommen. Die Arbeitsgruppe 3 wurde von Jørgen Munch-Andersen und Carmen Sandhaas geleitet und befasste sich in sieben Workshops und zwei weiteren Treffen mit Verbindungen. Die umfangreichen Veröffentlichungen der COST Action FP 1402 sind unter [5] abrufbar.

Für die Evaluierung des Eurocodes 5 wurde ein Online-Fragebogen erarbeitet und die 412 Antworten aus 28 europäischen und 5 nicht-europäischen Ländern ausgewertet [6]. Etwa zwei Drittel der Antwortenden hatten mehr als 10 Jahre Berufserfahrung und 9 von 10 mehr als drei Jahre Erfahrung in der Bemessung von Holzkonstruktionen. Die Hälfte arbeitete in Planungsbüros, je ein Sechstel bei Herstellern und Baufirmen. Das Kapitel Verbindungen war jeweils Spitzenreiter bei Unvollständigkeit, Unkorrektheit, Aufwand bei der Bemessung und unökonomischen Lösungen. Bei den Problemen wurde die schwierige Navigation (67 %), verwirrende Aussagen (48 %), fehlende Informationen (35 %),

schlechte Darstellung des technischen Inhaltes (39 %) und die Abhängigkeit von anderen Normen (25 %) von den meisten Holzbauexperten genannt. 80 % fanden, dass eingeklebte Gewindestangen, zimmermannsmäßige Verbindungen, Verstärkungen, moderne Holzschrauben großen Durchmessers und auf Druck beanspruchte Schrauben fehlen. Mangelhaft sei auch die unzureichende Abdeckung von Holzwerkstoffen. 55 % fanden, dass die Rand- und Verbindungsmittelabstände unverständlich seien. Weitere Lücken bzw. Schwachstellen seien:

- Regeln für momentbeanspruchte Verbindungen,
- effektive Anzahl der Verbindungsmittel,
- Verbindungsverschiebung,
- Kombination lateraler Beanspruchung und Zugbeanspruchung,
- Sprödbuchnachweise und
- Bemessung für duktile Verbindungen.

Im aktuellen Eurocode erfolgt die Gliederung nach Verbindungsmitteln. Alle Antworten auf den Fragebogen bestätigten, dass jeweils an einem Ort die Gleichungen für die Fließmomente, Lochleibungsfestigkeit, Johannsen-Gleichungen, Seileffekt und Verbindungsmittelabstände etc. stehen sollten.

In der WG3 der COST Action FP 1402 gingen die Ergebnisse der Befragung in die Diskussion einer neuen Struktur des Kapitels für Verbindungen ein. Das Ziel war eine Gliederung, welcher vom Beginn bis zum Ende der Bemessung einer Verbindung gefolgt werden kann [7].

2.3. CEN TC250 SC5 WG5 Connections and fasteners

Im Oktober 2014 wurde Jørgen Munch-Andersen zum Vorsitzenden der Arbeitsgruppe 5 ernannt und bis Jänner 2021 fanden 14 WG5-Treffen zur Diskussion des Kapitels Verbindungen statt. Ab Februar 2021 übernahm Ulrich Hübner und in 23 Videokonferenzen und einem hybriden Treffen wurde der Entwurf bis Ende September 2022 weiter verbessert. In der ersten Jahreshälfte 2022 wurden die 850 Kommentare aus dem Informal Enquiry 12/2021 beantwortet und die 120 Seiten von Kapitel 11 mit den zugehörigen Anhängen überarbeitet. Im Schnitt kamen 14 nationale Delegierte zu den Sitzungen und allein die Sitzungszeit summiert sich seit 2015 auf 200 Stunden.

2.4. Project Team SC5.PT5

Die Aufgabe der Projekt-Teams war die Verdichtung der Diskussionen und Entscheidungen der zugehörigen Arbeitsgruppe(n) zu einem Normentext mit Hintergrunddokument. Von Nederlandse Norm (NEN) wurden jeweils 5 Experten beauftragt, wobei zusätzlich oftmals Experten mitarbeiteten, die Spezialgebiete abdeckten.
Bereits in der Antwort von CEN TC250 auf das Mandat M/515 [3] wurden die Aufgaben des Project Teams SC5.PT5 weitgehend definiert (siehe Aufzählung in 2.1). Einzig die Erstellung eines kompletten Bemessungskonzepts für Ermüdung kam hinzu. Dem Project Team gehörten Ad Leijten als Vorsitzender, Frank Brühl, José Manuel Cabrero (ab 01/2021), Ulrich Hübner, Robert Jockwer und Keerthi Ranasinghe (bis 12/2020) an. Wesentliche Beiträge haben Jørgen Munch-Andersen zur Struktur des Kapitels und zu den Johannsen-Gleichungen, João Negrão und Maurizio Piazza zu den zimmermannsmäßigen Verbindungen und Julian Marcroft zu den Nagelplattenverbindungen geleistet. Die Vertragslaufzeit des SC5.PT5 begann 01/2018 und endete 12/2021. Zum zweiten Entwurf (04/2019) gingen 1169 und zum dritten Entwurf (04/2020) 791 Kommentare ein, welche bis 11/2020 bzw. 03/2021 beantwortet und eingearbeitet wurden. Für den Schlussentwurf, das Background-Dokument und die Beantwortung der Kommentare wurden etwa 4600 Stunden geleistet.

3. Neue Gliederung

3.1. Entwurf prEN 1995-1-1

Der Vergleich der alten Gliederung nach ÖNORM B 1995-1-1 zur neuen in Tabelle 1 zeigt, dass das bisherige Kapitel 1 *Allgemeines* auf drei Kapitel aufgeteilt wurde, um mit aktuellen europäischen Normen gleichzuziehen.

Neu sind die Kapitel 10 Ermüdung, 13 Ebene Elements mit Scheibenbeanspruchung und 14 Gründung mit Holzpfählen.

Tabelle 1: Vergleich der Gliederungen in ÖNORM EN 1995-1-1 und Entwurf prEN 1995-1-1

ÖNORM B 1995-1-1	**prEN 1995-1-1**
1 General	
1.1 Scope	1 Scope
1.2 Normative References	2 Normative References
1.3 Assumptions	3 Terms, definitions and symbols
1.4 Distinction between Principles and Application Rules	
1.5 Terms and definitions	
1.6 Symbols used in EN 1995-1-1	
2 Basis of design	4 Basis of design
3 Material properties	5 Materials
4 Durability	6 Durability
5 Basis of structural analysis	7 Structural analyses
6 Ultimate limit states	8 Ultimate limit state
7 Serviceability limit states	9 Servicebility limit state
	10 Fatigue
8 Connections with metal fasteners	11 Connections
9 Components and assemblies	12 Members
	13 Planar elements resisting diaphragm action
	14 Foundations with timber piles
10 Structural detailing and control	
Annex	
A (i) Block shear and plug shear failure (-> 11.5 und 11.6)	A (i) Additional guidance for increasing the robustness of timber structures
B (i) Mechanically jointed beams (-> I)	D (i) Stability and bracing of members and structural systems
C (i) Built-up columns (-> J)	F (i) Buckling of beam columns – non-linear method
E (n) Zimmermannsmäßige Verbindungen (-> 11.9)	G (n) Addition design provisions for cross laminated timber (CLT)
F (n) Durchbrüche bei Biegeträgern	I (i) Mechanically jointed beams
G (n) Verstärkungen für Querand-schlüsse und Ausklinkungen sowie querzuggefährdete Bereiche bei Biegeträgern (-> 8.3.3.2, 8.3.4.2, 8.3.5.2, 11.3.5, 11.6.2)	J (i) Built-up columns
	K (i) A general method for vibration analysis of floors
	M (n) Material and product properties for the design with EN 1995-1-1
	N (i) Classes and determination of some material properties
H (n) Gips- und Gipsfaserplatten	P (n) Connections with punched metal plate fasteners (PMPF)
I (n) Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben (-> 11.8)	Q (i) Design of three-dimensional connectors
	R (i) Connections with expanded tube fasteners
J (n) Klebefugen bei Verstärkungen und eingeklebten Stahlstäben (-> prEN 1995-3)	S (n) Connections with interlayers
	U (n) Laminated timber decks
	V (i) Numerical analysis for unidirectional timber elements
K (n) Brettsperrholz (-> G)	W (n) Foundations with timber piles
L (n) Ausführung (-> prEN 1995-3)	X (i) Requirements on logs and pile extensions used as foundation piles
	Y (i) Lateral displacement of multi storey timber shear walls for monolithic and segmented shear walls
	Z (i) Framed walls with combined anchorage
(n) normativ (i) informativ	Die blauen Teile sind relevant für Verbindungen.

3.2. Materialien

Die in prEN 1995-1-1 (11.9.2022) verwendeten Materialien werden in Table 3.1 – *Products and materials* gelistet, gruppiert, abgekürzt und die Europäischen Produktspezifikationen (hEN und EAD) zugeordnet. Die Furnierschichthölzer, Massivholzplatten, Brettsperrholz als auch Gips- und Gipsfaserplatten wurden aufgenommen. Die Tabelle 3.2 gibt in ähnlicher Weise den Verbindungsmittel-Überblick. Der Anhang M definiert die für die Bemessung notwendigen Eigenschaften für Materialien und Verbindungsmittel und stellt somit die Schnittstelle zu den europäischen Produktspezifikationen in hEN und ETAs dar.

3.3. Korrosion

Angaben zur Dauerhaftigkeit stehen in EN 1995-1-1 im Kapitel 4. Sowohl die Dauerhaftigkeit des Holzes gegen Schädlingsbefall als auch die der Verbindungsmittel gegen Korrosion werden in prEN 1995-1-1 in Kapitel 6 genauer geregelt. Die notwendige Zinkschichtdicke bzw. minimale Korrosionswiderstandsklasse bei Edelstahl hängt von der atmosphärische Beanspruchungskategorie und der Beanspruchungskategorie des Verbindungsmittels im Holz ab. Für diese Zuordnungen war auch die Ergänzung einer mittleren maximalen Holzfeuchte übers Jahr in den Nutzungsklassen für vollholzbasierte Produkte notwendig. Die Angaben in prEN 1995-1-1 wurden von der Untergruppe *Corrosion* unter Leitung von Klaas Gümmer mit Experten aus CEN TC124 WG4 *Connectors*, CEN TC250 SC5 WG5 *Connections and fasteners* und weiteren Korrosionsexperten erarbeitet. Die prEN 1995-1-1 ermöglicht nun eine praxistaugliche Abschätzung der Beanspruchung und Zuordnung des erforderlichen Korrosionswiderstands.

3.4. Kapitel Verbindungen

Die Inhalte der österreichischen verbindungsrelevanten Anhänge gehen komplett in prEN 1995-1-1 bzw. in den Entwurf der Ausführungsnorm über (siehe Tabelle 1).
prEN 1995-1-1 hat aber auch komplett neue Inhalte zu Verbindungen: Schrauben und Gewindestangen mit Holzschraubengewinde unter Axialdruck, detailliertere Bemessung von Nagelplatten, Verbindungen mit 3D-Verbindern, mit expandierten Stahlrohren und mit Zwischenschichten. So wurden einerseits nationale Anhänge europäisiert als auch die Bemessungsmöglichkeiten in prEN 1995-1-1 systematisiert und erweitert.

11 Connections 162
11.1 General 162
11.1.1 Introduction 162
11.1.2 General requirements 162
11.2 Resistance of a dowel-type fastener 163
11.2.1 General 163
11.2.2 Axial resistance of a fastener 166
11.2.3 Lateral resistance of a fastener per shear plane 172
11.3 Connection design with dowel-type fasteners 182
11.3.1 General 182
11.3.2 Axial design capacity 182
11.3.3 Lateral design capacity 182
11.3.4 The effective number of dowel-type fasteners 183
11.3.5 Reinforced connections with laterally loaded fasteners 185
11.3.6 Interaction of axial and lateral loads 186
11.3.7 Slip modulus 187
11.3.8 Additional design considerations for dowel-type fastener connections 190
11.3.9 Minimum thickness of members 194
11.3.10 Pre-drilling requirements for dowel-type fasteners 194
11.3.11 Dowel-type fasteners in end grain 195

Abbildung 1: Gliederung des Kapitels 11 bis 11.3

Die Gliederung des Kapitels 11 Verbindungen in prEN 1995-1-1 (siehe Abbildungen 1 bis 4). resultiert aus den Ergebnissen der COST Action WG3, den Diskussionen im Project Team SC5.PT5, der Arbeitsgruppe CEN TC250 SC5 WG5 und im Drafting Panel (Philipp Dietsch, Andrea Frangi, Ulrich Hübner, Laurent Le Magorou, Julien Marcraft, René Steiger, Tomi Toratti, Tobias Wiegand, Stefan Winter). Das Drafting Panel hat den Entwurf Korrekturgelesen, redaktionelle Änderungen vorgenommen und technische vorgeschlagen.

Der Abschnitt 11.1 *Allgemeines* gliedert sich in 11.1.1 mit einer Liste von Verweisen auf Abschnitte für verschiedene Verbindungmittel bzw. Verbindungen und 11.1.2 für die allgemeinen Anforderungen (siehe Abbildung 1). Unter 11.2 *Tragwiderstand eines stiftförmigen Verbindungsmittels* werden in 11.2.1 die Bemessungsschritte für ein einzelnes Verbindungsmittel gelistet und die Bezeichnungen bei Verbindungsmittelen und Verbindungen beschrieben. Die folgenden Abschnitte 11.2.2 *Axialer Tragwiderstand* und 11.2.3 *Lateraler Tragwiderstand pro Scherfuge* enthalten die Bemessung eines Verbinungsmittels. Im Abschnitt 11.3 *Bemessung der Verbindung mit stiftförmigen Verbindungsmitteln* wird der axiale (11.3.2) und laterale Tragwiderstand (11.3.3), das Zusammenwirken mehrerer Verbindungsmittel (11.3.4) die Verstärkung lateral beanspruchter Verbindungsmittel (11.3.5) sowie die Interaktion lateral/axial (11.3.6) geregelt.

Die lateralen, axialen und kombinierten Verschiebungsmoduln werden in prEN 1995-1-1 in Abschnitt 11.3.7 definiert. Damit wurden diese vom Kapitel 7 (Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit) ins Verbindungskapitel verschoben. Die axialen und kombinierten Verschiebungsmoduln werden erstmals normativ geregelt.

In 11.3.8 wurden zusätzliche Vorgaben für Verbindungen beschrieben:

- Minimale Anzahl der Verbindungsmittel in einer Verbindung
- Übergreifungslänge von Schrauben und Nägeln
- Wechselbeanspruchung in Verbindungen
- Durch Prüfungen bestimmte Festigkeitseigenschaften
- Schrägvernagelung
- Ausmittigkeiten

11.3.9 regelt die Mindestdicken von Bauteilen, gefolgt von Angaben zum Vorbohren in 11.3.10 und 11.3.11 *Stiftförmigen Verbindungsmitteln im Hirnholz*.

11.4 Spacing, edge and end distances 195
11.4.1 General 195
11.4.2 Recommended minimum spacing, edge and end distances for laterally loaded fasteners 196
11.4.3 Spacing of staggered laterally loaded dowel-type fasteners 199
11.4.4 Recommended spacing and edge and end distances for axially loaded and inclined fasteners 201
11.4.5 Recommended maximum spacing, edge and end distances for laterally loaded staples, nails and screws 203

Abbildung 2: Gliederung des Abschnitts 11.4

11.5 Brittle failure modes of connections with dowel-type fasteners loaded parallel to grain 204
11.5.1 General 204
11.5.2 Simplification 205
11.5.3 Design brittle resistance of the connection 206
11.5.4 Design resistance of a timber member 207
11.5.5 Row shear failure 207
11.5.6 Block shear failure 207
11.5.7 Plug shear failure 208
11.5.8 Net tensile failure 209
11.5.9 Design capacities of the individual failure plane 209
11.5.10 Effective thickness of the failure planes 210
11.6 Brittle failure of connections loaded perpendicular to grain 213
11.6.1 General 213
11.6.2 Reinforced connections 215

Abbildung 3: Gliederung der Abschnitte 11.5 bis 11.6

Wie in der Antwort auf Mandat/515 von CEN TC250 und für SC5.PT5 vorgesehen, wurden die Nachweise für spröde Versagensmechanismen für parallel zur Faserrichtung beanspruchte Verbindungen ausgebaut und normativ geregelt (siehe Abbildung 3). Die bereits vorhandenen Regelungen für quer zur Faserrichtung beanspruchte Verbindungen wurden überarbeitet.
Die Abschnitte zu den Verstärkungen wurden jeweils so nah wie möglich bei den Regeln für die unverstärkten Verbindungen eingefügt.

Die bereits in EN 1995-1-1 vorhandenen Regelungen für Dübel besonderer Bauart (siehe Abb. 4) wurden übernommen und mit den Fehlflächen und den Regelungen für die Hirnholzanschlüsse aus dem deutschen bzw. österreichischen nationalen Anhang komplettiert.

11.7 Shear connectors	**217**
11.7.1 General	217
11.7.2 Split-ring and shear plate connectors	217
11.7.3 Toothed plate connectors	219
11.7.4 Split-ring and shear plate connectors in end grain	221
11.7.5 Punched metal plate fasteners	224
11.7.6 Expanded tube fasteners	224
11.8 Bonded-in rods	**224**
11.8.1 General	224
11.8.2 Effects of moisture content changes	226
11.8.3 Material requirements	226
11.8.4 Geometric requirements for bonded-in rods	227
11.8.5 Axial resistance	227
11.8.6 Lateral resistance	230
11.8.7 Spacing, edge and end distances	231
11.9 Carpentry connections	**233**
11.9.1 Single and double step connections	233
11.9.2 Mortise and tenon	237
11.9.3 Dovetail connection	239

Abbildung 4: Gliederung der Abschnitte 11.7 bis 11.9

Auf die eingekleben Gewindestangen nach 11.8 wird Robert Jockwer im nachfolgenden Tagungsbeitrag eingehen.
Bei 11.9 *Zimmermannsmäßigen Verbindungen* galt es einen Kompromiss zwischen den verschiedenen Traditionen in den einzelnen Ländern zu finden (siehe auch [8]) und die relevantesten Verbindungen auszuwählen. João Negrão und Maurizio Piazza waren federführend. Aufgenommen wurden Stirn- und Fersenversatz sowie doppelter Versatz, Schwalbenschwanz- und Zapfenverbindungen, nicht jedoch der Treppenversatz [9].

3.5. Kennwerte für die Bemessung von Verbindungsmitteln (Anhang M.6)

Der Anhang M.6 tabelliert für Scherverbinder, Verbinder, Nagelplatten und stiftförmige Verbindungsmittel die für die Bemessung erforderlichen Kennwerte. Der Anhang stellt somit eine Schnittstelle zu den harmonisierten europäischen technischen Spezifikationen her (hEN und ETA). Für die Bemessung von Verbindungen als definierte Schwachstelle zur Vermeidung von Totaleinstürzen als auch für die Erdbebenbemessung sind auch 95%-Quantilwerte erforderlich. Für die Schraubpressverklebung ist der Kopfdurchziehwiderstand bei geringem Einsinken des Schraubenkopfes bzw. der Scheibe anzugeben.
Die prEN 1990 beschreibt in 7.3 die Bemessung auf Basis von Prüfwerten, z.B. wenn adäquate Bemessungsmodelle nicht verfügbar sind. Dieser Weg könnte auch für die Eingangswerte der Bemessung von Verbindungen oder für ganze Verbindungen genutzt werden.
Die Änderungen im Verbindungsmittelkapitel ziehen auch notwendige Veränderungen in EN 14592 *Stiftförmige Verbindungsmittel* und den Prüfnormen EN 383 *Lochleibungsfestigkeit*, EN 1382 *Ausziehwiderstand*, EN 1383 Kopfdurchziehwiderstand und EN 409 *Fließmoment* nach sich. Dies betrifft meist redaktionelle, aber auch inhaltliche Änderungen. Beispielsweise wurde der Ausziehparameter $f_{\mathrm{ax}} = F_{\mathrm{max}}/d\ l_{\mathrm{d}}$ durch die Ausziehfestigkeit $f_{\mathrm{w}} = F_{\mathrm{max}}/\pi d\ l_{\mathrm{w}}$ ersetzt. Für die Schraubpressverklebung ist der Kopfdurchziehwiderstand bei kleiner Eindringtiefe ins Material zu bestimmen und dies erfordert eine Ergänzung der EN 1383. Diese Änderungswünsche wurden von der WG5 in Kommentartabellen zusammengestellt und CEN TC124 WG4 *Connectors* und WG1 *Test methods* übermittelt. Mit der WG4 erfolgte eine Abstimmung hinsichtlich der Änderungswünsche in EN 14592.
Bis die Änderungen in den Prüf- und Produktnormen umgesetzt werden ist eine Umrechnung des Ausziehparameters und des Kopfdurchziehparameters in die Ausziehfestigkeit und die Kopfdurchziehfestigkeit notwendig und in Anhang M.6.3 und M.6.4 geregelt.

3.6. Kategorien für Schrauben und Gewindestangen mit Holzschraubengewinde (Anhang N.8)

Zur Vereinfachung der Bemessung von Schrauben und Gewindestangen mit Holzschraubengewinde und der notwendigen Untergliederung der breiten Palette der Ausziehfestigkeiten und der charakteristischen Stahlzugfestigkeiten wurden 5 Kategorien für die Ausziehfestigkeit und 10 Kategorien für die Stahlzugfestigkeiten eingeführt. Die Schraubenhersteller sind wenig begeistert, doch die Vertreter der Anwender (z.B. Timber Construction Europe, SBS) befürworten die Umsetzung dieses schon lange diskutierten Themas.
Anhang N.8 wäre überflüssig, wenn eine überarbeitete EN 14592 im Amtsblatt zitiert würde. Doch seit 2019 schafft es die Abteilung Construction (GROW.H.1) der Europäischen Kommission leider nicht neue oder überarbeitete harmonisierte Produktnormen im Europäischen Amtsblatt zitieren zu lassen oder vernünftige Vorschläge für eine Systemreform vorzulegen. Während man bei den Eurocodes eine Evolution anstrebt, bräuchte es bei GROW.H.1 eher eine Revolution.

3.7. Verbindungen mit Nagelplatten (Anhang P)

Die Regelungen zu den Nagelplattenverbindungen wurden von einer Untergruppe der WG5 unter Leitung von Julien Marcroft erarbeitet und von den bisherigen 5 Seiten auf Anhang P mit 16 Seiten erweitert. Die Transparenz der Bemessung steigt dadurch deutlich.

3.8. 3D-Verbinder (Anhang Q)

Die 3D-Verbinder sind geschweißte oder gekantete Blechformteile zwischen Komponenten oder Bauteilen, welche mit stiftförmigen Verbindungsmitteln befestigt werden. Beispiele sind Sparren-Pfetten-Anker, Balkenschuhe, Winkel, Schlitzbleche auf Kopfplatten, Zuganker und Stützenfüße. In EAD 130186-00-0603 werden dreidimensionale Nagelplatten geregelt, wobei alle möglichen Stahl- und Aluminiumformteile gemeint sind, z.B. auch verstellbare Stützenfüße.
Anhang Q zu 3D-Verbindern regelt Grundlegendes zu Winkeln, Balkenschuhen und Stützenfüßen und vereinheitlicht beispielsweise die Bezeichnungen der Lasten.

3.9. Verbindungen mit Rohrverbindern (Anhang R)

In den Niederlanden wurde Ende der 1990er Jahre eine Momentenverbindung für Rahmenecken entwickelt, bei der die Holzteile mit aufgeklebtem Kunstharzpreßholz nach EN 61061-3-1 auf den sich berührenden Seiten verstärkt wurden. Die verbindenden Stahlrohre ø 17,2 … 33,7 mm werden dann durch die passenden Bohrungen gesteckt, Scheiben beidseits aufgesteckt und dann mit hydraulischer Presse das Rohr aufgeweitet und die Enden umgebörtelt.
Ein Vorteil der Verbindung ist die hohe berechenbare Duktilität. Ein Nachteil ist sicherlich die bisher nur regionale Anwendung, dass das Kunstharzpressholz kein Bauprodukt ist und kein Klebstoff dafür nach EN 301 geprüft wurde. Es gibt also weder eine EAD, ETA noch eine harmonisierte Produktnorm für diese Verbindung. Zwar hatten sich Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Österreich und die Schweiz Anfang 2021 für das Löschen des Anhangs ausgesprochen, doch die Mehrheit votierte für einen informativen Anhang. Hier gibt es noch Regelungsbedarf, insbesondere beim Klebstoff.

3.10. Verbindungen mit Zwischenschichten (Anhang S)

In der Praxis durchdringen stiftförmige Verbindungsmittel häufig Zwischenschichten, insbesondere im Holzrahmenbau. Die notwendige Erweiterung der Johannsen-Gleichungen wurde in [8] und [9] veröffentlicht und nun in Anhang S aufgenommen. Dabei wird zwischen beweglichen und verklebten Zwischenschichten jeweils für Holz-Holz- als auch Stahl-Holz-Verbindungen unterschieden.
Nimmt man als Beispiel einen Balkenschuh auf einer Zwischenschicht, vernagelt mit einem Vollholzsteher reicht die Spanne der Modifikationsbeiwerte k_{mod} für eine mittlere Lasteiwirkungsdauer, z.B. aus Verkehrslasten, von 0,45 für eine Gipsfaserplatte bis 0,80 für Vollholz. Beim üblichen geometrischen Mittel der Modifikationsbeiwerte $k_{\mathrm{mod}} = \sqrt{k_{\mathrm{mod},1}\, k_{\mathrm{mod},2}}$ erhält man $k_{\mathrm{mod}} = 0{,}6$. Die Lochleibungsfestigkeit der Gipsfaserplatte würde also um ein

Drittel überschätzt. Um solch große Abweichungen zu vermeiden und mechanisch korrekte Fehlermechanismen zu erhalten, wurde die charakteristische Lochleibungsfestigkeit in den Gleichungen durch das Produkt $k_{mod}\, f_{h,k}$ ersetzt. Der Nachteil liegt in unterschiedlichen charakteristischen Tragwiderständen für unterschiedliche Lasteinwirkungsdauern.
Nach der mechanisch korrekten Bestimmung des charakteristischen Tragwiderstands wird mit dem für Verbindungen empfohlenen Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1{,}3$ der Bemessungstragwiderstand bestimmt.

4. Ausblick

Der Entwurf prEN 1995-1-1 wird derzeit vom Swedish Institute for Standards (SIS) in die formal korrekte Form gebracht. Vom 5.12.2022 bis 12.1.2023 werden die nationalen Normungsinstitute in einem Committee Internal Ballot (CIB) gefragt werden, ob der Entwurf technisch fertig für das Formal Enquiry vom 1.9.2023 bis 31.12.2023 ist. Im Formal Enquiry können von der breiten Öffentlichkeit Kommentare über die nationalen Normungsinstitute eingereicht werden. Gravierende technische Kommentare könnten zu einem Second Formal Enquiry führen und den mit den anderen Eurocodes abgestimmten Zeitplan durcheinanderbringen. Geplant ist, dass 2025 der neue Eurocode 5 erscheint. Dieser wird genau so gut sein, wie wir ihn als europäisches Team gestalten. Ganz wichtig ist die Anwendungserprobung durch Beispielrechnungen und Vergleiche.
Die neue Generation der Eurocodes wird in etwa 32 Ländern zumindest eine Dekade angewendet werden. Die aktive Mitarbeit an diesem Europäischen Projekt, dass effiziente und neue konstruktive Möglichkeiten eröffnen wird, lohnt sich also.

5. Referenzen

[1] CEN/TC 250/SC 5 N1616: prEN 1995-1-1 (working draft), 12.09.2022

[2] The European Commission (2012) Mandate M/515 – Mandate for amending existing Eurocodes and extending the scope of structural Eurocodes

[3] CEN/TC250 (2013) Response to Mandate M/515 – Towards a second generation of Eurocodes

[4] https://www.cost.eu/actions/FP1402/, Zuletzt abgerufen am 2.11.2021

[5] https://webarchiv.typo3.tum.de/TUM/costfp1402/en/home/index.html, Zuletzt abgerufen am 2.11.2021

[6] Cabrero, José Manuel; Stepinac, Mislav; Ranasinghe, Keerthi; Kleiber, Marion: Results from a questionnaire for practitioners about the connections chapter of Eurocode 5. In: Design of connections in timber structures. COST Action FP1402, 2018 – ISBN 978-3-8440-6144-4

[7] Ranasinghe, Keerthi; Cabrero, José Manuel; Stepinac, Mislav; Kleiber, Marion: Proposal for new structure of the connections chapter. In: Design of connections in timber structures. COST Action FP1402, 2018 – ISBN 978-3-8440-6144-4

[8] Siem, Jan; Jorissen, André J. M.: Carpentry Joints. COST Action FP1101 Assessment, Reinforcement and Monitoring of Timber Structures, 2014

[9] Blaß, Hans Joachim; Enders-Comberg, M.: Fachwerkträger für den industriellen Holzbau. *Karlsruher Institut für Technologie (KIT),* 2012

[10] Blaß, Hans Joachim; Laskewitz, Bernd: Load-carrying capacity of joints with dowel-type fasteners and interlayers, In: *Proceedings of CIB-W18,* 2000

[11] Blaß, Hans Joachim; Laskewitz, Bernd: Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten. In: *Bauen mit Holz* 105*,* 2003

Eurocode 5 – Eingeklebte Gewindestangen

Robert Jockwer
Division of Structural Engineering,
Chalmers University of Technology
Göteborg, Schweden

Eurocode 5 – Eingeklebte Gewindestangen

1. Hintergrund

1.1. Entwicklungen in der 2. Generation des Eurocode 5

Im Rahmen des Mandats M/515, Phasen 3 und 4, für die Entwicklung der 2. Generation der Eurocodes waren die Arbeitsaufträge an das Projektteam SC5.T5 zur Entwicklung des Kapitels 11 «Verbindungen» für den zukünftigen Eurocode 5 beschrieben. Darin ist der Auftrag zum Entwurf von Bemessungsangaben für eingeklebte Gewindestangen enthalten. In seiner Arbeit griff das Projektteam dabei auch auf Dokumente und bestehende Arbeiten in der Arbeitsgruppe für Verbindungen» CEN TC250/SC5/WG5 und CEN TC250/SC5/Ad-Hoc «Bonded-in Rods» zurück. Dabei waren alle relevanten Aspekte zur Bemessung von eingeklebten Stäben im Blick, von den Bemessungsgrundlagen, Werkstoffeigenschaften, Bemessungsgleichungen bis hin zu Regelungen zur Ausführung und Qualitätssicherung.
Im Entwurf des Kapitels 11 «Verbindungen» des Eurocode 5 sind nur die Angaben enthalten, die für die Bemessung von Verbindungen mit eingeklebten Stäben von direkter Bedeutung sind. Das Kapitel muss daher im Zusammenspiel des gesamten Normensystems mit Test-, Produkt- und Bemessungsnormen sowie den weiteren Regelungen zu Ausführung und Qualitätssicherung verwendet werden. Die Norm EN 17334 zur Ermittlung der Klebfugenfestigkeit und Eurocode 5 Teil 3 zur Ausführung sind dabei zu nennen.
In diesem Beitrag sind einige Hintergründe zu den in Kapitels 11 «Verbindungen» des zukünftigen Eurocodes 5 gemachten Regelungen hinsichtlich Bemessung und sowie den in Eurocode 5 Teil 3 gemachten Angaben zur Ausführung von eingeklebten Gewindestangen zusammengefasst. Die Angaben auf den folgenden Seiten sind noch Gegenstand von Diskussionen und Überarbeitungen und sollten nicht direkt zur Bemessung verwendet werden. Darüber hinaus können die Angaben unvollständig sein und allfällige Änderungen und Fehler sind vorbehalten!

1.2. Historische Entwicklung

In Holz eingeklebte Stahlstangen werden seit fast 50 Jahren als Verbindungs- und Aussteifungselemente in Holzkonstruktionen verwendet. Frühe Entwicklungen von eingeklebten Stäben sind in [4,24,48] beschrieben und lassen sich auf die Notwendigkeit zurückführen, hohe Kräfte in Holzbauteile einzuleiten, insbesondere auch in Richtung parallel zur Faser. Nach den ersten experimentellen Studien an eingeklebten Gewindestangen in den 1970er Jahren entwickelten sie sich zu spezialisierten Systemen für moderne Holzstrukturen weiter. Seitdem wurde die Entwicklung fortgesetzt, um das Tragverhalten zu optimieren, z.B. in Richtung eines zuverlässigeren und duktilen Versagens durch die Vermeidung von Spannungsspitzen an der Oberfläche der Holzelemente [57,66]. Beispiele sind dabei unter anderem Entwicklungen mit abgestuften Durchmessern der Stahlstangen, Bereichen mit dickeren Klebfugen, oder verjüngten Fließzonen in den Stahlstäben.
Im Englischen und Deutschen existieren verschiedene Bezeichnungen. So findet sich «Glued-in Rod», was allenfalls der eingeleimten Stange entspricht, sowie «Bonded-in Rod» wo sich das Äquivalent der eingeklebten Stange im Deutschen findet. Gerade in Hinblick auf das Ziel der Hochleistungsverbindungen ist die Bezeichnung «eingeklebte Stange» («Bonded-in Rod») passender und setzt sich von alten Typen eingeleimter Stäbe mit begrenzter Leistung und Fertigungsqualität ab. Darüber hinaus umfasst die «Bondline» neben der reinen Klebstoffdicke auch die Übergangs- und Verankerungsbereiche des Klebstoffs im Holz und den Fügeteilen.

1.3. Bestehende Regelungen zu eingeklebten Stäben

Erste Schritte in der Entwicklungen von Bemessungsregeln für eingeklebte Stäbe wurde in [48–50] berichtet und z.B. im Rahmen des so genannten GIROD-Projekts [5,62] fortgeführt. Während der Entwicklung der ersten Version des Eurocode 5 von 2004 war

beabsichtigt, Bemessungsvorschriften für eingeklebte Gewindestangen aufzunehmen. Während des weiteren Ausarbeitungsprozesses und der Diskussion kamen jedoch verschiedene Fragen, Unstimmigkeiten und Bedenken auf, die schließlich dazu führten, dass die Bemessungsvorschriften für eingeklebte Gewindestangen aus dem im Jahr 2004 publizierten Eurocode 5 gestrichen wurden.
Trotz des Fehlens einheitlicher europäischer Bemessungsrichtlinien werden eingeklebte Stäbe in verschiedenen Ländern und bei einer Vielzahl von Projekten erfolgreich eingesetzt. So konnten weitere Erfahrungen in der Anwendung gesammelt werden.

Regelungen zu eingeklebten Stäben sind in verschiedenen nationalen Normen und Handbüchern enthalten, wie u.a.:
- DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 Abschnitt NA.11 (bzw. ehemaligen DIN 1052) [22,23]
- SIA 265:2012, Abschnitt 6.10 [54]
- Swedish Glulam Handbook Part 2 [59]
- CNR-DT 206-2007 Kapitel 7.10 [16]

Darüber hinaus existieren verschiedene Zulassungsdokumente für die Verwendung von eingeklebten Stäben, wie etwa:
- Z-9 1-705 2K-EP-Klebstoff WEVO-Spezialharz [20]
- Z-9.1-896 2K-PUR Klebstoff LOCTITE CR 821 PURBOND [21]
- Z-9 1-778 2K-EP-Klebstoff GSA-Harz [19]
- Z-9.1-791 Studiengemeinschaft Holzleimbau [18]
- Technische Bewertung 3/12-716 Societe SIMONIN SAS [17]

Seit kurzem werden auch Europäische Technische Bewertungen (ETA) für Produkte verschiedener Hersteller erstellt.

2. Grundlagen der Bemessung in Eurocode 5

Das Versagen von eingeklebten Gewindestangen kann im Grundwerkstoff Holz, im Stahl, im Klebstoff sowie in den Klebfugen zwischen Klebstoff und Holz als auch zwischen Klebstoff und Stahl auftreten. Für die Beurteilung des Versagensverhaltens ist dabei das unterschiedliche Verhalten des Materials an den verschiedenen Orten zu berücksichtigen. So ist ein Versagen in Holz und Klebstoff und in den Klebfugen größtenteils spröde und durch große Streuung geprägt, wohingegen ein Erreichen des Fließens im Stahl eher duktil ist und auch die Zugfestigkeit im Stahl eine sehr gut prognostizierbare Größe ist (sofern die genaue Stahlfestigkeit bekannt ist). Daher werden für die verschiedenen Versagensarten auch verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt.
Für ein Versagen im Holz, Klebstoff und der Klebfuge wird der allgemein empfohlene Teilsicherheitsbeiwert für Verbindungen mit $\gamma_M = 1{,}3$ vorgeschlagen. Für das Erreichen der Zugfestigkeit in Gewindestangen ist dagegen ein etwas geringerer Werte mit $\gamma_{M,2} = 1{,}25$ aus EN 1993-1-8:2005 vorgeschlagen. Ist das Fließen des Stahls maßgebend, wird $\gamma_{M,0} = 1{,}1$ vorschlagen, was zwischen Werten in EN 1993-1-1:2005, EN 1992-1-1:2004 (Betonstahl) und verschiedenen nationalen Anhängen (z.B. SN EN 1993-1-1-NA:2016) liegt.

3. Umgebungseinflüsse auf eingeklebte Gewindestangen

Der Tragwiderstand und das Langzeitverhalten von Verbindungen im Holzbau sind von den Umgebungs- und Randbedingungen am Einsatzort abhängig. Insbesondere die folgenden Parameter haben einen Einfluss und müssen für eingeklebte Gewindestangen berücksichtigt werden:

- Beanspruchungsdauer und zugehörige Holzfeuchte ⇨ Tragwiderstand
- Luft- und Holzfeuchte sowie Umgebungsbedingungen ⇨ Dauerhaftigkeit
- Holzfeuchteveränderungen ⇨ Feuchteinduzierte Spannungen
- Holzfeuchte und Temperatur bei der Verklebung ⇨ Ausführung und Qualitätssicherung

3.1. Einflüsse auf den Tragwiderstand

Eingeklebte Gewindestangen dürfen nur in Feuchteklasse 1 und 2 eingesetzt werden. Bereits von Riberholt [50] wurde in den 80er Jahren bei Proben unter Langzeitbelastung im Aussenklima eine Halbierung der Auszugsfestigkeit im Vergleich zur Kurzzeitfestigkeit von trockenen Proben beobachtet und auch in [62] wird von einer deutliche Abnahme der Festigkeit bei hohem Feuchtigkeitsgehalt berichtet. Insbesondere bei faserparallel einklebten und axial beanspruchten Gewindestangen unter langen Lasteinwirkungsdauern ist dabei zu beachten, dass es nur wenige ähnliche Fälle gibt, in denen ein Scherversagen nach langer Zeit katastrophal wäre.
Neben der mittleren Feuchte sollte insbesondere auch die Schwankung der Holzfeuchte klein gehalten werden. Daher sollte das Holz stets auf eine Holzfeuchte nah am erwarteten, mittleren Wert am späteren Einsatzort konditioniert werden.
Bei der Bestimmung der Werte der Klebfugenfestigkeit gemäß EN 17334 werden Langzeitversuche mit zyklische Feuchtebeanspruchungen zwischen 8% und 20% gefahren. Dies repräsentiert etwa den maximalen Feuchtigkeitsgehalt in Nutzungsklasse 2 und einen durchschnittlichen niedrigen Wert in Nutzungsklasse 1. Es wurde daher festgelegt, dass diese im Versuch geprüften Feuchtebeanspruchungen eine entsprechende Holzfeuchteschwankung in der Anwendung von ±3%-MC in Feuchteklasse 1 abdecken. Größere Schwankungen sollten durch sorgfältige Planung und Fertigung vermieden werden.
Gemäß [50] ist der Einfluss der Holzfeuchte auf den Tragwiderstand von rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebten Gewindestangen geringer, wobei in diesem Fall jedoch die großen Schwind- und Quellverformungen im Holz berücksichtigt werden müssen.

3.2. Einflüsse auf die Dauerhaftigkeit

Das Holz ist zwar normalerweise nicht hinsichtlich aggressiver salzhaltiger oder chlorierter Umgebungen sensibel, jedoch sind Verbindungen mit Stahlteilen diesbezüglich besonders gefährdet. Zwar sind die Stahlstangen durch den verwendeten Epoxidharz- oder PUR-Klebstoffe teilweise vor Korrosion geschützt, in den Anschlussbereichen ist dies aber nicht der Fall und für Bewehrungsstangen kann auch nicht von einem Schutz im basischen Milleu wie im Beton profitiert werden. Für den Einsatz in entsprechend aggressiven Umgebungen sollte daher eine geeignete Verzinkung oder (Duplex-) Beschichtung der Gewinde- oder Bewehrungsstangen vorgesehen werden.

3.3. Feuchteinduzierte Spannungen

Bei wechselnder Holzfeuchte kommt es zu großen Schwind- oder Quellverformungen im Holz, insbesondere rechtwinklig zur Faserrichtung. Dabei können Scherspannungen in der Klebfuge von eingeklebten Gewindestangen entstehen, insbesondere wenn diese unter einem Winkel zur Faserrichtung eingeklebt sind [37]. Einige Berechnungen zu den zu erwarteten Spannungen sind in [36] durchgeführt. Wie auch bereits für eingeschraubte Vollgewindestangen und Schrauben untersucht wurde, können diese Beanspruchungen theoretisch sogar zu einem Fließen im Stahl führen.
Ein Verfahren zur Berücksichtigung der feuchtigkeitsinduzierten Spannungen in der Klebfuge wurde in [32] vorgeschlagen, hat sich jedoch nicht durchgesetzt. Generell sollte jedoch die zu erwartende Schwindverformung begrenzt werden. Die dazu notwendigen Schwind- und Quellwerte α für Massivholz für eine langfristige Änderung der Holzfeuchte unterhalb der Fasersättigung findet sich in diversen Regelwerken wie z.B. in [53].
Gerade beim Anschluss von Holzbauteilen an starre Anschlusspunkte, wie Stahl- oder Betonteile, sollte die Gefahr von feuchteinduzierten Querzugrissen besonders untersucht werden. In [14] wird die Möglichkeit der Verstärkung in diesem Fall beschrieben, wobei die Querzugverstärkung durch eingeklebte Gewindestangen in einem Abstand von etwa 50mm vom Hirnholzende und mit einer Querschnittsfläche von mindestens 1/25 der Querschnittsfläche der faserparallelen Gewindestangen im Hauptanschluss erfolgen sollte.

4. Materialeigenschaften

4.1. Holz

Gewindestangen sollten primär in Brettschichtholz, Konstruktionsvollholz, Funierschichtholz oder Brettsperrholz eingeklebt werden. Insbesondere in Brettsperrholz sollte auf eine Schmalseitenverklebung geachtet werden, um einen unkontrollierten Klebstoffverlust beim Verpressen zu vermeiden. Eingeklebte Gewindestangen in Vollholz sollten vermieden werden, da es gerade bei größeren Querschnitten häufiger zu Schwindrissen kommen kann. Gerade im Sanierungsbereich können Gewindestangen auch in gerissenes Vollholz eingeklebt werden, sofern die Risse verpresst sind bzw. die Mindestabstände zu den gerissenen Bereichen eingehalten werden.

4.2. Profilierte Stahlstangen

Es muss stets eine mechanische Verzahnung zwischen Stahlstab und Klebstoff bestehen, weshalb sich die Norm auf die Verwendung metrischer Gewindestangen oder Bewehrungsstahl beschränkt. Auf die reine Adhäsion zwischen Stahl und Klebstoff sollte sich daher nicht verlassen werden. In [50] wird dies damit begründet, dass «die Erfahrung gezeigt hat, dass eine gute und zuverlässige Verbindung zwischen Klebstoff und einer glatten Stahloberfläche solche Maßnahmen erfordert, die in der Praxis kaum jedes Mal hergestellt werden können». Gründe hierfür sind unter anderem mögliche Verunreinigung des Stahlstabes durch Fett o.ä. Ohne eine ausreichende Profilierung des Stahlstabes durch ein Gewinde oder einer Baustahlprofilierung würde der unzureichende Verbund zwischen Stahl und Klebstoff die zuverlässige Kraftübertragung gefährden. Doch selbst profilierte Stäbe sollten vor dem Verkleben entfettet und gründlich gereinigt werden. Die Auswirkungen einer unzureichenden Entfettung von Gewindestangen, die zu einer Ablösung des Gewindes der Stange und des Klebstoffs führt, werden in [44] diskutiert.
Der Durchmesser der Gewindestangen soll zwischen $d = 6 - 30mm$ liegen.

4.3. Klebstoff

Die Festigkeit der Klebefuge wird durch die Scherfestigkeit des Holzes und die Scherfestigkeit des Klebstoffs begrenzt. Die Scherfestigkeit von Epoxidklebstoffen liegt gemäß [29] im Bereich zwischen etwa 16 und 20 N/mm^2. Diese hohen Werte können nur beim Einsatz in Laubhölzern ausgenutzt werden [11]. Bei Nadelholz wird die Klebefugenfestigkeit im allgemeinen durch die Scherfestigkeit des Holzes begrenzt [6] und die Klebefuge kann nur bis zu einer Scherfestigkeit von etwa 6 bis 8 N/mm^2 ausgenutzt werden.
Bei auf Zug beanspruchten, faserparallel einklebten Gewindestangen tritt das Versagen durch einen unregelmäßigen Ausbruchzylinders in Abhängigkeit der lokalen Festigkeitseigenschaften des Holzes auf. Für die Bemessung wird daher eine effektive Klebfugenfestigkeit verwendet, die für die individuelle Kombination aus Klebstoff, Holz und Gewindestangen- bzw. Bewehrungstyp gemäß EN 17334 [15] bestimmt werden muss.
Dabei wird eine Mindestanforderung an die Klebfugenfestigkeit gestellt, die den Werten aus der DIN EN 1995-1-1/NA:2010 [23] entnommen ist. Diese Mindestwerte können daher insbesondere auch für die Vorbemessung verwendet werden. Je nach gewählten Klebstoff-Produkt können jedoch auch vorteilhaftere Werte verwendet werden.
Die in EN 17334 beschriebene Abhängigkeit der Klebfugenfestigkeit von der eingeklebten Länge wurde nach der DIN 1052 gewählt. In [1] werden verschiedene andere Funktionen für die Reduktion der Klebfugenfestigkeit in Abhängigkeit von der Einklebelänge diskutiert und mit Versuchsergebnissen abgeglichen.
Für parallel und rechtwinklig zur Faser eingeklebte Gewindestangen wird gemäß [7,50] die gleiche Klebfugenfestigkeit angenommen. In früheren Entwürfen der 2004er Version des Eurocode 5 wurde jedoch für rechtwinklig zur Faser eingeklebte Gewindestangen eine 10%ige Reduktion vorgenommen. Andere Untersuchungen deuten jedoch an, dass dies eine sehr konservative Annahme ist und der Einfluss der Klebfugenlänge rechtwinklig zur Faser deutlich geringer ist.

5. Tragwiderstand

5.1. Versagensarten

Eingeklebte Stäbe beruhen auf der Wechselwirkung zwischen dem Grundmaterial Holz, dem Stahlstab und dem Klebstoff. Die Wirksamkeit der Verbindung hängt von der Verbindung zwischen dem Holzwerkstoff und dem Stahlstab mit Hilfe des Klebstoffs ab. Eine sorgfältige Planung, Bemessung, Vorbereitung, Ausführung und Qualitätskontrolle sind erforderlich, um die Integrität und den Tragwiderstand der eingeklebten Gewindestange während der gewünschten Lebensdauer des Bauwerks zu gewährleisten. Im Zusammenspiel von Holz, Klebstoff und Gewindestange können verschiedene Versagensarten auftreten. Für axial beanspruchte eingeklebte Gewindestangen wurden diese z. B. in [56,61] wie folgt diskutiert:

a) Zugversagen des Stabes
b) Druckversagen (Knicken) des Stabes
c) Versagen des Klebstoffs innerhalb der Klebfuge oder in Verbindung zu Stab und Holz
d) Scherversagen des Holzes in der Nähe der Klebfuge
e) Aufspalten des Holzes ausgehend von den eingeklebten Gewindestangen
f) Versagen des Holzes in der Umgebung der Verbindung (z.B. Nettoquerschnitts oder Blockscherversagen in einer Verbindung mit mehreren eingeklebten Gewindestangen)

Die Versagensarten a), c), d) und auch e) und f) werden in der überwiegenden Anzahl der in der Literatur berichteten Versuche beobachtet. Die Versagensart a) wird durch den Stahlquerschnitt bestimmt, die Versagensart c) wird durch die Klebfugenfestigkeit gemäß EN 17334 beeinflusst, und die Versagensarten d)-f) treten im Holz auf. Der Versagensart b) ist nur bei Druckbeanspruchungen relevant, wie z.B. in [44] beschrieben.

5.2. Axialer Tragwiderstand des eingeklebten Stabes

Der axiale Tragwiderstand einer eingeklebten Gewindestange wird als das Minimum des Tragwiderstands der Klebfuge und der Gewindestange berechnet. Der maßgebende Tragwiderstand der Gewindestange ist dabei je nach Stahlqualität entweder durch die Streckgrenze oder die Zugfestigkeit beschränkt. Der Tragwiderstand der Klebfuge wird neben die Klebfugenfestigkeit und auch durch die Dehnungen in der Klebfuge begrenzt, da die Versagensdehnung im Holz nicht überschreiten werden dürfen. In [27] wird für die Klebfuge eine maximale Dehnung von 2,4‰ für faserparallel eigeklebte Gewindestangen in Nadelholz angegeben, was einer effektiven Spannung von etwa 500 N/mm^2 entspricht. Diese maximale Dehnung und daraus folgende Spannung ist vor allem für Gewindestangen höherer Festigkeiten und Klassen maßgebend. So können zum Beispiel 8.8 Gewindestangen unabhängig von der Klebfugenlänge in Nadelholz nicht mehr voll ausgenutzt werden, weshalb diese für duktile Verbindungen nicht geeignet sind.
Bei der Bestimmung des axialen Tragwiderstands und der entsprechenden Ausbildung der Verbindung sollten die Überlegungen zur Duktilität beachtet werden. So stellt allein das Fließen der Gewindestange eine duktile Versagensart dar, die ausreichend Potential zur Lastumlagerung zwischen Gewindestangen innerhalb einer Verbindung aber auch in der Gesamtstruktur erlaubt. Um einen duktilen Versagensmodus zu gewährleisten, muss eine ausreichende Kapazitätsreserve für den spröden Versagensmodus vorhanden sein. Wie in [29,46,62] beschrieben, ist bei den .8er Stahlsorten und generell bei hohen Stahlfestigkeiten Duktilität schwerer zu erreichen und eine ausreichende Kapazitätsreserve ist zu berücksichtigen, um eine mögliche unbeabsichtigte Überfestigkeit der Gewindestangen abzudecken. Dieses Thema einer möglichen unbeabsichtigten Überfestigkeit des Stahls im Vergleich zu den deklarierten Werten wurde z.B. in [45] diskutiert.
Bei der Bestimmung der Kapazitätsreserve, um ein duktiles Versagen des Stahlstabes zu erreichen, muss die relativ große Streuung in der Klebfugenfestigkeit und die weitaus geringere Streuung in den Stahlfestigkeiten berücksichtigt werden. Dafür ist in [29] die folgende Anforderung angegeben:

$$F_{R,duktil,95\%} \leq F_{R,spröd,5\%}$$

Darin gibt $F_{R,duktil,95\%}$ den 95%-Fraktilwert des duktilen Versagensmechanismus an (d.h. das erwünschte Fließen in der Gewindestange) und $F_{R,spröd,5\%}$ den 5%-Fraktilwert (charakteristischen Wert) des spröden Versagensmechanismus (z.B. die Klebfugenfestigkeit). Da der 95%-Fraktilwert der Streckgrenze in den Bemessungsnormen nicht definiert ist und um unerwünschte Überfestigkeiten im Stahl zu erkennen und zu vermeiden, müssen hierfür entsprechende Zugversuche an den eingesetzten Gewindestangen durchgeführt werden. Sofern die Streckgrenze der Gewindestangen ausreichend genau bekannt ist, kann die Anforderung an die Duktilität auch durch einen Sicherheitsfaktor berücksichtig werden. Gemäß [31] können in der Literatur für verschiedene Verbindungsarten und Konstruktionen Verhältniswerte von $F_{R,spröd}/F_{R,duktil} \approx 1{,}2 - 2{,}1$ gefunden werden. In [28,38] ist ein Wert von $F_{R,spröd,d}/F_{R,duktil,d} \approx 1{,}6$ angegeben, weshalb ein ähnlicher Wert gewählt wurde.
In [39] wird über die Bemessung von eingeklebten Gewindestangen hinsichtlich Duktilität durch [55,64] gesagt: «Im Wesentlichen haben sie uns gezeigt, dass wir, wenn wir die erforderliche Einklebelänge festlegen, die ein Fließen des eingeklebten Stabes bewirkt, und wenn wir diese Einklebelänge in unseren Entwürfen noch überschreiten, wir die Verbindungen so entwerfen können, als ob sie Stahlverbindungen wären». Dies gibt das Potential wieder, das in der Bestrebung hinsichtlich duktiler Versagensmechanismen liegt.
Für druckbeanspruchte, eingeklebte Gewindestangen kann auf den Bemessungsansatz wie für druckbeanspruchte Schrauben zurückgegriffen werden. In [37,50] wird generell empfohlen, eine Druckspannung von 400 N/mm^2 in den Gewindestange nicht zu überschreiten, um Knicken zu vermeiden.

5.3. Holzversagen parallel zur Faserrichtung

Neben dem Tragwiderstand der einzelnen Gewindestange muss sichergestellt werden, dass die zu übertragende Kraft auch im umgebenden Holzteil aufgenommen werden kann und nicht durch dieses beschränkt wird. Für eine Gruppe von eingeklebten Gewindestangen kann dabei gemäß [50] die Zugfestigkeit in der effektiv beanspruchten Fläche im Holzteil hinter den Gewindestangen betrachtet werden. Diese effektiv beanspruchte Fläche einer Gruppe von faserparallel eingeklebten Gewindestangen wird dabei gemäß [29,50,62] pro Gewindestange durch das Minimum aus den vorhandenen Abständen und der Fläche $36 \cdot d^2$ begrenzt. Die Fläche von $36 \cdot d^2$ entspricht dabei einem Kraftausbreitungswinkel von ca. 15° bei einer eingeklebten Länge von $10d$.
Das Holzversagen bei faserparallel eingeklebten und auf Zug beanspruchten Gewindestangen kann gemäß [27] durch eine Kombination aus Schub- und Querzugversagen beschrieben werden. Eine Vermeidung des Holzversagens kann dabei sowohl durch Querzugbewehrung als auch durch die Verwendung eines unverklebten Bereiches der einklebten Gewindestange am Hirnholzende erreicht werden.
- Die Querzugbewehrung beeinflusst die hohen lokalen Spannungen im Anschlussbereich kaum, erhöht aber die Querzugfestigkeit und verhindert Aufspalten.
- Die Rückversetzung der Klebfuge durch einen unverklebten Bereich hat einen signifikanten Einfluss auf den Spannungszustand im Anschlussbereich: Die maßgebenden Querzugspannungen nehmen deutlich ab, wohingegen die Schubspannungen leicht ansteigen. Empfohlen wird in [27] eine unverklebte Länge l_{nb} mindestens 30% der Klebfugenlänge l_b. Im Normenentwurf wird eine unverklebte Länge $l_{nb} \geq 5d$ gefordert.

Die folgenden, allgemeinen Empfehlungen zur Vermeidung des Holzversagens in Verbindungen mit eingeklebten Gewindestangen sind in [27] beschrieben:
- Ein optimales, ausgeglichenes Verhältnis der Steifigkeiten $E \cdot A$ von Holz und Stahl reduziert die Spannungsspitzen am äußeren Ende der eingeklebten Gewindestangen.
- Ein optimaler Kraftfluss ins gesamte Holzbauteil wird erreicht, indem die ähnlich beanspruchten Gewindestangen möglichst gleichmäßig über den Querschnitt des zu verbindenden Holzes verteilt werden.

Es werden die folgenden Vorschläge zur Anschlussoptimierung in [27] gemacht:
- Kleinere Gewindestangen wie etwa M10-M14 sollten bevorzugt werden.
- Übermäßig große Einbindelängen sollten vermieden werden, um Spannungsspitzen zu reduzieren und höhere mittlere Scherspannungen in der Klebfuge zu erzielen.

– Für eine gleichmäßige Krafteinleitung durch eine größere Anzahl von Stäben müssen diese Stäbe eine ausreichende Duktilität aufweisen, was durch das Herstellen von speziellen Fließbereichen erreicht werden kann.

5.4. Holzversagen in einem Winkel zur Faserrichtung

Werden Kräfte durch eingeklebte Gewindestangen unter einem Winkel zur Faserrichtung in ein Bauteil eingeleitet, so ist die Gefahr des Querzugversagens im Holz und Aufreißen am Ende der Gewindestangen zu beachten. Der bekannte Bemessungsansatz für Queranschlüsse kann dafür verwendet werden, wobei die pro Gewindestange effektiv aktivierte Bauteilbreite nach [29] nicht mehr als $\cdot\, b_{ef} \leq 6d$ beträgt. Indem bei angehängten Lasten die Gewindestangen bis auf mindestens 70% der Trägerhöhe hinaufgeführt werden, kann gemäß [63] ein Großteil der Lasten durch Druck in den Träger eingeleitet werden und damit ein Aufreißen oftmals vermieden werden. Für den Einsatz als Querzugverstärkung in gekrümmten Trägern empfiehlt [63] die Verwendung von eingeklebten Gewindestangen Durchmesser von $d = 10 - 12mm$ und einer Länge von mindestens 80% der Balkenhöhe (eingeklebt von der Biegedruckseite).
Wenn Lasten zwischen benachbarten eingeklebten Gewindestangen durch das Holz übertragen werden sollen, müssen gemäß [29] die Schubspannungen in einem von den Stangen aktivierten, effektiven Scherfeld betrachtet werden, das pro Gewindestange eine Breite von $b_{ef} \leq 6d$ einnimmt.

5.5. Rechtwinklig zur Stabachse beanspruchte Gewindestangen

Rechtwinklig zur Stabachse beanspruchte Gewindestangen zeigen das für Stabdübel typische Tragverhalten in Abhängigkeit der Lochleibungsfestigkeit des Holzes und Biegemomentes der Gewindestangen. Von [51] wurde jedoch bei rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebten Gewindestangen ein höherer Tragwiderstand im Vergleich zu Stabdübeln beobachteten. Dies wurde vor allem auf die durch die Verklebung hervorgerufene bessere Kraftübertragung der Gewindestange im Bohrloch zurückgeführt. Der Anstieg ist bei rechtwinklig zur Faser beanspruchten Gewindestangen grösser als bei parallel zur Faser beanspruchten. [37] empfiehlt daher eine Erhöhung der Lochleibungsfestigkeit um 25% für rechtwinklig zur Stabachse beanspruchte und rechtwinklig zur Faserrichtung eingeklebte Gewindestangen. Dabei wird die Lochleibungsfestigkeit mit dem Nenndurchmesser der Gewindestangen berechnet.
Bei faserparallel eingeklebten und rechtwinklig zur Stabachse beanspruchten Gewindestangen ist dagegen ein gegenteiliger Effekt zu beobachten. So bieten die auf Querdruck und Rollschub beanspruchten Holzfasern nur einen geringen Widerstand, weshalb die Lochleibungsfestigkeit auf 10% des oben genannten Wertes reduziert wird. Dies ist eine konservative Abschätzung der in [25] beschriebenen Versuchsergebnisse. Die unverklebte Länge der Gewindestange und auch eine Exzentrizität der Krafteinleitung müssen bei der Bestimmung des Tragwiderstands besonders berücksichtigt werden. Dazu sind im neuen Kapitel «Verbindungen» entsprechende Ansätze angegeben, die in [8] beschrieben sind.

5.6. Verbindungen mit mehreren Stäben

Aufgrund der sehr hohen Steifigkeit der geklebten Verbindungen können eingeklebte Gewindestangen eine Umverteilung der Lasten nicht ohne weiteres gewährleisten, es sei denn, die Gewindestangen selbst geben nach. Wenn die Streckgrenze der Gewindestangen jedoch höher ist als der Tragwiderstand in der Klebfuge des einzelnen Stabes, dann kann es bei einer ungleichmäßigen Belastung in einer Gruppe von Verbindungselementen zu einem vorzeitigen spröden Versagen einzelner Gewindestangen kommen.
Insbesondere bei Verbindungen mit mehreren gleichzeitig beanspruchten Stäben ist daher eine hohe Duktilität der Stäbe erforderlich, um einen Ausgleich und eine Umverteilung der Last zu ermöglichen. Dies wurde eindrücklich in [13,30] für Zuganschlüsse gezeigt. Größere Versuchsreihen mit Mehrfachverbindungen wurden in [46] beschrieben, wobei der Einfluss von niedriger und hoher Stahlqualität auf den Versagensmodus, die Kapazität und die Duktilität untersucht wurden. In [58] wird festgestellt, dass die Verwendung von «Baustahl sowie mehr Stäbe mit kleinerem Durchmesser wirksame Maßnahmen zur Erhöhung der Duktilität der Verbindung sind».

Eine Abminderung für den Tragwiderstand infolge ungleichmäßiger Kraftverteilung wird von [63] auf Grundlage der sowjetischen Norm von 1982 angegeben. Dort wird der Tragwiderstand infolge ungleichmäßiger Kraftverteilung zwischen den Stäben um 10% für 2 Stäbe und 20% für 3 Stäbe in einer Reihe parallel zur Faser angewandt. Dieser Koeffizient verringert sich um $0{,}1$, wenn die Stäbe in zwei Reihen (senkrecht zur Faserrichtung) angeordnet sind. In [14] wird eine Reduktion des Tragwiderstands für «eng beieinanderliegende» Stäbe vorgeschlagen: für 1 oder 2 Stäbe kann der volle Tragwiderstand ausgenutzt werden, für 3 oder 4 Stäbe muss dieser um 10% reduziert werden, für 5 oder 6 Stäbe um 20%. Außerdem wird empfohlen, bei Gruppen von Gewindestangen deren Enden um mindestens 75 mm zu versetzen, um das Risiko eines Holzversagens aufgrund von Spannungskonzentrationen an den Stabenden zu minimieren. Für Eurocode 5 wird eine Reduktion um 10% für 3-4 Stäbe und 20% für mehr als 5 Stäbe vorschlagen, sofern eine gleichmäßige Kraftverteilung nicht garantiert werden kann.

5.7. Steifigkeit und Verschiebungsmodul

Axial beanspruchte eingeklebte Gewindestangen zeigen durch die schlupflose Verklebung eine sehr hohe Steifigkeit und Verschiebungsmodul. Verschiedene Zulassungen bezeichnen Verbindungen mit eingeklebte Gewindestange daher generell als steif.
Eine Herausforderung bei der Bestimmung des Verschiebungsmodul im Versuch stellt die richtige Anordnung der Messeinrichtung dar, um die maßgebende Verformung auch richtig zu messen. So hat die freie, unverklebte Länge der Gewindestange einen bedeutenden Anteil an der Gesamtverformung und im Versuch muss der Abstand zu den Referenzpunkten im Holz berücksichtigt werden. Es finden sich verschiedene Quellen mit Messwerten in der Literatur [33–35,44,52,65]. In [33,34] wird ein allgemeiner Verschiebungsmodul von 100 kN/mm vorgeschlagen. Dies ist ein ähnlicher Wert wie der in der Zulassung von Simonin/Ducret [17] mit 71 kN/mm. Diese Werte liegen etwas höher als die von [10] für eingeschraubte Gewindestangen ermittelten Verschiebungsmodule, welche die Grundlage für den Ansatz im neuen Kapitel «Verbindungen» für Eurocode 5 darstellen.

6. Allgemeine Konstruktionsanforderungen

6.1. Minimale und maximale Klebfugenlängen

In den Bemessungsangaben im neuen Kapitel «Verbindungen» für Eurocode 5 sind verschiedene Mindest- und Maximallängen der Klebfugenlänge von eingeklebten Gewindestangen angegeben. Die Mindestlängen von $0{,}4d^2$ und $8d$ (es ist der größere Werte zu wählen) beziehen sich dabei auf das erforderliche Minimum bei axialer Beanspruchung bzw. das erforderliche Minimum bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stabachse. Dabei ist es angestrebt zum einen ein allzu sprödes Versagen in der Klebfuge und zum anderen die Ausbildung eines Fließgelenks in der Gewindestange zu gewährleisten. In der Literatur finden sich dabei eine Vielzahl von verschiedenen Angaben zu diesen Mindestlängen, die alle einen ähnlichen quadratischen und linearen Ansatz verwenden.
Neben diesen Mindestlängen sind auch maximale rechnerisch ansetzbare Längen angegeben. Aufgrund der Spannungskonzentration an den Enden der Klebfuge, nimmt die Traglaststeigerung mit zunehmender Klebfugenlänge ab. Daher ist die rechnerisch ansetzbare Länge gemäß [26,32] auf das Minimum von $40d$ und $1000mm$ beschränkt. Größere Längen können z.B. für Verstärkungen ausgeführt, nicht aber rechnerisch angesetzt werden.

6.2. Abstände

Grundsätzlich ist es oft das Ziel die Gewindestangen im Holzquerschnitt möglichst eng anzuordnen, um eine umso größere Kraft einleiteten zu können und die Verbindung umso effizienter zu machen. Der dabei zu erzielende Tragwiderstand der Verbindung ist jedoch durch das Versagen im Holz infolge Aufspaltens begrenzt. Die Abstände zwischen den Stäben müssen daher ausreichend groß gewählt sein, um ein duktiles Versagen in der Gewindestange vor dem Aufspalten im Holz zu gewährleisten.
Verschiedene Zwischen- und Randabstände wurden z.B. in [40,50,63] angegeben. Eine Zusammenfassung der geforderten Abstände aus verschiedenen Normen und Richtlinien findet sich in [56]. Der Einfluss von kleinen Zwischenabständen wurde in [9] untersucht,

und für Abstände $a_4 \geq 2{,}5d$ wurde keine Verringerung des axialen Tragwiderstands beobachtet. Ähnliche Beobachtungen wurden in [57] für Verbindungen mit einer rückversetzten Klebfuge gemacht. Die Ergebnisse von [9] sind in DIN 1052 [23] eingeflossen.
Für die Angaben zu den Abständen im neuen Kapitel in Eurocode 5 wurde ein abgestuftes Vorgehen gewählt: Die allgemeinen, eher großen Abstandswerte (mit $a_2 \geq 5d$) sind aus [23] entnommen und gelten generell für alle Klebstoffe mit einer Klebfugenfestigkeit von nicht mehr als 150% des Mindestwertes (aus [23]). Falls die Klebfugenfestigkeit den angegebenen Mindestwert nicht übersteigt, dürfen die Abstände auf die in [18] angegebenen Werte (mit $a_2 \geq 3{,}5d$) reduziert werden. Wird eine, wie in [57] beschriebene, unverklebte Länge von $l_{nb} \geq 5d$ vorgesehen, können das Risiko des Aufspaltens deutlich verringert werden und die geringen Abstände auch bei einer bis zu 25% höheren Klebfugenfestigkeit eingesetzt werden. Dies steigert die Effizienz der Verbindung deutlich! Ein mögliches Netto-Querschnitts- oder Blockscherversagen ist unabhängig davon zu kontrollieren.

6.3. Ausführung und Qualitätssicherung

Geklebte Verbindungen sind sehr anspruchsvoll in der Ausführung, da bereits kleine Fehler und Mängel in der Herstellung den Klebverbund entscheidend beeinträchtigen können. Es ist daher auf eine gewissenhafte und genaue Produktion und Qualitätssicherung zu achten. Die Auswirkungen verschiedener Produktionsmängel auf den Tragwiderstand wurden unter anderem von [47] genauer untersucht. Es wurde festgestellt, dass unzureichende Verpressung und Hohlräume entlang der Klebfuge den größten Einfluss auf die Reduzierung den Tragwiderstand haben. Andere Mängel sind z.B. verbleibende Holzspäne im Bohrloch oder unzureichend entfettete Gewindestangen.
Neben den Angaben zur Bemessung von eingeklebten Gewindestangen im neuen Kapitel «Verbindungen» sind daher auch die Regelungen zur Ausführung und Qualitätssicherung im entsprechenden Teil der Norm einzuhalten. Detaillierte Informationen über die relevanten Parameter bei der Herstellung von eingeklebten Gewindestangen ist unter anderem in [56] aufgeführt. In den Regelungen zur Ausführung sind daher die folgenden Kontrollen durchgeführt werden:

- Mischungsverhältnis:
  - Abwiegen der Komponenten
- Vollständige Füllung des Raums zwischen Bohrloch und Stange:
  - Berechnung der benötigten Sollmenge des Klebstoffs
  - Anmischen des benötigten Klebstoffs unter Berücksichtigung eines Überschusses gemäß den Richtlinien des Klebstoffherstellers;
  - Visuelle Kontrolle der vollständigen Füllung des Bohrlochs und Überprüfung, dass mindestens die Sollmenge aufgetragen wurde
- Kontrolle der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur bei der Verklebung:
  - Messung der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit
  - Messung der Holzfeuchte und Temperaturen aller Bauteile bei der Herstellung
- Aushärtung:
  - Überprüfung der Aushärtung gemäß den Anweisungen des Klebstoffherstellers
- Auszugsversuch:
  - Überprüfung der Klebfugenfestigkeit

Je nach Einsatz der einklebten Gewindestangen in Bauwerken mit verschiedener Schadenskonsequenz können die verschiedenen Anforderungen an die Produktion, Ausführung und Überwachung klassifiziert werden:

Anforderung	Beispiel für Anwendungen
Höher	Gruppen von faserparallel eingeklebten Gewindestangen mit höherer Komplexität (z.B. große Anzahl Gewindestangen, kombinierte Axial-, Quer-, und/oder Momentenbeanspruchung) in: – Rahmenecken – Biegesteifen Verbindungen von Trägern und Stützen – Fachwerke

Normal	Kleine Gruppen ($n \leq 4$) von faserparallel eingeklebten Gewindestangen mit ausschließlich axialer Beanspruchung: – Wandverankerung – Zuganker Schräg zur Faser eingeklebte Gewindestangen mit höherer Komplexität: – Holz-Beton-Verbund – Schubverstärkung Gewindestangen mit ausschließlicher Querbeanspruchung: – Konsolen
Geringer	Rechtwinklig zur Faser verlaufende Verstärkungen: – Querdruckverstärkung an Auflagern und Lasteinleitung – Querzugverstärkung in Verbindungen und gekrümmten Trägern – Verstärkung an Ausklinkungen und Durchbrüchen – Verbindungen mit einzelnen Gewindestangen parallel und rechtwinklig zur Faserrichtung – Lagesicherung z.B. von Pfettenauflagern auf Stützen

7. Weitere Herausforderungen

Besondere Bemessungssituationen für eingeklebte Gewindestangen, wie die Thematik der Ermüdung oder das Verhalten unter seismischen Beanspruchungen, sind bisher noch nicht zufriedenstellend im neuen Entwurf des Eurocode 5 berücksichtigt.
Erste Entwicklungen und Untersuchungen zur Ermüdung von eingeklebten Gewindestangen wurden in [2,3] beschrieben. Verschiedene Versagensarten werden in [60] diskutiert und neuere Untersuchungen zu eingeklebten Stäben in Laubholz wurden von [12,41–43] durchgeführt. Es wurden verschiedene hochfeste Stahlstangen, Inox und Bewehrungsstäbe getestet und Ermüdungsparameter für die Stahlstangen abgeleitet.
Unter seismischen Beanspruchungen stellt die Quantifizierung der in diesen Fall tatsächlich vorhandene Duktilität sowie die zu erwartende Abnahme des Tragwiderstands und des Verformungsvermögens mit zunehmenden Beanspruchungszyklen eine besondere Herausforderung dar. Erste Untersuchungen dazu sind in u.a. [44,46] zu finden.
Es findet sich also noch bedeutender Forschungsbedarf!

8. Zusammenfassung

Im neuen Kapitel «Verbindungen» für die 2. Generation des Eurocode 5 sind umfassende Angaben und Regelungen zur Bemessung von Verbindungen mit eingeklebten Stäben enthalten. Zusammen mit Angaben zu Test-, Produkt-, und Ausführungsnormen umfassen diese das gesamte Zusammenspiel von Werkstoffeigenschaften, Bemessungsgleichungen bis hin zu Regelungen zur Ausführung und Qualitätsüberwachung. Damit leistet das Kapitel einen Beitrag zu leistungsfähigen Verbindungen in effizienten Holztragwerken.
Nichtsdestotrotz besteht weiterhin großes Potential zur Weiterentwicklung der Verbindungstechnology zur Erreichung hoher Tragwiderstände, zuverlässigen Tragverhaltens, sowie vorteilhaften Verformungsverhaltens. Darüber hinaus müssen auch Bemessungsansätze weiterentwickelt werden um die komplexen Versagensmechanismen in den Verbindungen, kombinierte Beanspruchungen, spröde Versagensmechanismen im Holz, oder das Verhalten in neuen Materialien besser zu berücksichtigen.

9. Literatur

[1] S. Aicher and G. Stapf. 2017. Eingeklebte Stahlstäbe – state-of-the-art – Einflussparameter, Versuchsergebnisse, Zulassungen, Klebstoffnormung, Bemessungs- und Ausführungsregeln. In *Internationales Holzbau-Forum (IHF 2017)*, Garmisch-Partenkirchen, Germany.

[2] R. J. Bainbridge, C.J. Mettem, K. Harvey, and M. P. Ansell. 2000. Fatigue performance of bonded-in rods in glulam, using three adhesive types. In *Proc. of the CIB-W18 Meeting 33*, Delft, The Netherlands, CIB-W18/33-7-12.

[3] R. Bainbridge, C. Mettem, K. Harvey, and M. Ansell. 2002. Bonded-in rod connections for timber structures – development of design methods and test observations. *International journal of adhesion and adhesives* 22, 1 (2002), 47–59.

[4] A. Baumeister, H. Blumer, H. Brüninghoff, J. Ehlbeck, B. Koehlen, P. Köster, G. Maier, K.-H. Meyer, D. Steinmetz, and J. Wenz. 1972. Neuere Karlsruher Forschungsarbeiten und Versuche im Ingenieurholzbau. *Bauen mit Holz* 74, 6 (1972), 298–317.

[5] C. Bengtsson and C.-J. Johansson. 2002. *GIROD-Glued in rods for timber structures. SMT4-CT97-2199*.

[6] A. Bernasconi. 1996. Tragverhalten von Holz senkrecht zur Faserrichtung mit unterschiedlicher Anordnung der Schub- und Biegearmierung. Doctoral Thesis. ETH Zurich. DOI:https://doi.org/10.3929/ethz-a-001616146

[7] H.J. Blaß, O. Eberhart, J. Ehlbeck, and M. Gerold. 1996. *Wirkungsweise von eingeleimten Gewindestangen bei der Aufnahme von Querzugkräften in gekrümmten Biegeträgern und Entwicklung von Bemessungsgrundlagen, Teil 3*. Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Fridericiana Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.

[8] H.-J. Blaß, J. Ehlbeck, H. Kreuzinger, and G. Steck. 2005. *Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08. Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. 2.Aufl. inkl. Originaltext der Norm*. Bruderverlag, Karlsruhe, Germany.

[9] H.J. Blaß and B. Laskewitz. 2001. *Glued-in Rods for Timber Structures: Effect of Distance Between Rods and Between Rods and Timber Edge in the Axial Strength*. Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Fridericiana Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.

[10] H.J. Blaß and Y. Steige. 2018. Steifigkeit axial beanspruchter Vollgewindeschrauben. DOI:https://doi.org/10.5445/KSP/1000085040

[11] O. Bletz-Mühldorfer, L. Bathon, D Grundwald, T. Vallee, S. Myslicki, and F. Walther. 2017. Eingeklebte Stäbe in Laubholzkonstruktionen. *Bauen mit Holz* 4 (2017), 34–39.

[12] O. Bletz-Mühldorfer, F. Diehl, L. Bathon, S. Myslicki, F. Walther, C. Grunwald, and T. Vallée. 2018. Ermüdungsverhalten von eingeklebten Stäben – Teil 1. *Bauen mit Holz* 5 (2018), 30–35.

[13] R. Bouchard, A. Salenikovich, C. Frenette, and G. Bedard-Blanchet. 2021. Experimental investigation of joints with multiple glued-in rods in glued-laminated timber under axial tensile loading. *Construction and Building Materials* 293, (July 2021), 122614. DOI:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122614

[14] A. Buchanan. 2007. *NZW 14085 SC, New Zealand Timber Design Guide*. Timber Industry Federation Inc., Wellington, New Zealand.

[15] CEN. 2021. *EN 17334 - Glued-in-rods in glued structural timber products – Testing, requirements and bond shear strength classification*. European Committee for Standardization CEN, Brussels, Belgium.

[16] CNR. 2007. *CNR-DT 206-2007, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno*. Consiglio Nazionale delle Richerch, CNR, Commissione di studio per la predisposizione e l'analisi di norme tecniche relative alle costruzioni.

[17] CSTB. 2012. *Technical Assessment 3/12-716: RBF glued-in rods, Connection for timber struc-tures, Holders: Societe SIMONIN SAS, Societe DUCRET-ORGES*. Champs-sur-Marne, France.

[18] DiBt. 2016. *Z-9.1-791 Verbindungen mit faserparallel in Brettschichtholz eingeklebten Gewindestangen für den Holzbau, Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.* Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Germany.

[19] DiBt. 2017. *Z-9.1-778 2K-EP-Klebstoff GSA-Harz und GSA-Härter für das Einkleben von Stahlstäben in Holzbaustoffe, neue Holzbau AG*. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Germany.

[20] DiBt. 2018. *Z-9.1-705 2K-EP-Klebstoff WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS zum Einkleben von Stahlstäben in Holzbaustoffe, WEVO-CHEMIE GmbH*. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Germany.

[21] DiBt. 2020. *Z-9.1-896 2K-PUR Klebstoff LOCTITE CR 821 PURBOND zum Einkleben von Stahlstäben in tragende Holzbauteile, Henkel & Cie. AG*. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Germany.

[22] DIN. 2008. *DIN 1052: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau*. DIN Deutsche Institut für Normung e.V., Berlin, Germany.

[23] DIN. 2013. *DIN EN 1995-1-1/NA: National Annex – Nationally determined parameters - Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings*. DIN Deutsche Institut für Normung e.V., Berlin, Germany.

[24] G. Edlund. 1975. In Brettschichtholz eingeleimte Gewindestangen. *Svenska Trgforsknings-institutet, Med. Serie B* 33 (1975).

[25] J. Ehlbeck and M. Gerold. 1989. End Grain Connections with Laterally Loaded Steel Bolts A draft proposal for design rules in the CIB Code. In *Proc. of the CIB-W18 Meeting 22/22-7-1*, Berlin, German Democratic Republic.

[26] J. Ehlbeck and W. Siebert. 1987. *Praktikable Einleimmethoden und Wirkungsweise von eingeleimten Gewindestangen unter Axialbelastung bei Übertragung von grossen Kräften und bei Aufnahme von Querzugkräften in Biegeträgern: Einleimmethoden, Messverfahren, Haftspannungsverlauf*. Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieur-holzbau, Universität Fridericiana Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.

[27] A. F. Fabris. 2001. Verbesserung der Zugeigenschaften von Bauholz parallel zur Faser mittels Verbund mit profilierten Stahlstangen. Doctoral Thesis. ETH Zurich. DOI:https://doi.org/10.3929/ethz-a-004130046

[28] M. Follesa, M. Fragiacomo, D. Vasallo, M. Piazza, R. Tomasi, S. Rossi, and D. Casagrande. 2015. A proposal for a new Background Document of Chapter 8 of Eurocode 8. In *Proc. of the INTER Meeting 2/Paper 48-102-1*, Sibenik, Croatia.

[29] E. Gehri. 1995. Krafteinleitungen mittels Stahlanker. In *Brettschichtholz – Material, Bemessung, Ausführung, Qualitätssicherung*, Weinfelden, Switzerland.

[30] E. Gehri. 2016. Performant connections – A must for veneer-based products. In *Proc. of the World conference on timber engineering WCTE*, Vienna, Austria.

[31] M. Geiser. 2018. Erdbebenbemessung von Holztragwerken nach dem duktilen Tragwerks-verhalten – Die schwierige Frage der Überfestigkeit. Weinfelden, Switzerland.

[32] M. Gerold. 1992. Verbund von Holz und Gewindestangen aus Stahl. *Bautechnik* 69, 4 (1992), 167–178.

[33] E. Gonzales, T. Tannert, and T. Vallee. 2016. The impact of defects on the capacity of timber joints with glued-in rods. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 65, (March 2016), 33–40. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.11.002

[34] E. Gonzalez, C. Avez, and T. Tannert. 2016. Timber joints with multiple glued-in steel rods. *The Journal of Adhesion* 92, 7–9 (2016), 635–651.

[35] F. Hunger, M. Stepinac, V. Rajčić, and J.-W. van de Kuilen. 2016. Pull-compression tests on glued-in metric thread rods parallel to grain in glulam and laminated veneer lumber of differ-ent timber species. *European Journal of Wood and Wood Products* 74, 3 (2016), 379–391.

[36] R. Jockwer and E. Serrano. 2021. Glued-in Rods as Reinforcement for Timber Structural Elements. In *Reinforcement of Timber Elements in Existing Structures: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 245-RTE*, J. Branco, P. Dietsch and T. Tannert (eds.). Springer In-ternational Publishing, Cham, 29–49. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-030-67794-7_3

[37] C.J. Johansson. 1995. Glued-in rods (eingeleimte Stäbe). In *STEP 1, Holzbauwerke nach Eurocode 5 - Bemessung und Baustoffe*, H.J. Blass, R. Görlacher and G. Steck (eds.). Fachverlag Holz der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf, Germany, C14/1-7.

[38] A. Jorissen and M. Fragiacomo. 2011. General notes on ductility in timber structures. *Engineering structures* 33, 11 (2011), 2987–2997.

[39] B. Madsen. 1992. *Structural behavior of timber.* Timber Engineering Ltd.

[40] K. Möhler and K. Hemmer. 1981. Eingeleimte Gewindestangen. *Bauen mit Holz* 5 (1981), 296–299.

[41] S. Myslicki, O. Bletz-Mühldorfer, F. Diehl, C. Lavarec, T. Vallée, R. Scholz, and F. Walther. 2019. Fatigue of glued-in rods in engineered hardwood products – part I: experimental results. *The Journal of Adhesion* 95, 5–7 (June 2019), 675–701. DOI:https://doi.org/10.1080/00218464.2018.1555477

[42] S. Myslicki, F. Walther, O. Bletz-Mühldorfer, F. Diehl, C. Lavarec, V. C. Beber, and T. Val-lée. 2019. Fatigue of glued-in rods in engineered hardwood products – Part II: Numerical modelling. *The Journal of Adhesion* 95, 5–7 (June 2019), 702–722. DOI:https://doi.org/10.1080/00218464.2018.1555478

[43] S. Myslicki, F. Walther, T. Vallée, L. Bathon, F. Diehl, and O. Bletz-Mühldorfer. 2018. Ermüdungsverhalten von eingeklebten Stäben – Teil 2. *Bauen mit Holz* 6 (2018), 38–43.

[44] J. Ogrizovic, R. Jockwer, and A. Frangi. 2018. Seismic Response of Connections with Glued-in Steel Rods. In *Proc. of the INTER Meeting 5/Paper 51-7-5*, Tallinn, Estonia.

[45] J. Ogrizovic, F. Wanninger, and A. Frangi. 2017. Experimental and analytical analysis of moment-resisting connections with glued-in rods. *Engineering Structures* 145, (August 2017), 322–332. DOI:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.05.029

[46] G. Parida, H. Johnsson, and M. Fragiacomo. 2013. Provisions for Ductile Behavior of Timber-to-Steel Connections with Multiple Glued-In Rods. *J. Struct. Eng.* 139, 9 (September 2013), 1468–1477. DOI:https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000735

[47] Nils Ratsch, Stefan Böhm, Morten Voß, Marvin Kaufmann, and Till Vallée. 2019. Influence of imperfections on the load capacity and stiffness of glued-in rod connections. *Construction and Building Materials* 226, (November 2019), 200–211. DOI:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.278

[48] H. Riberholt. 1979. *Eingeleimte Gewindestangen*. Danmarks Tekniske Højskole, Afdelingen for Baerende Konstruktioner, Lyngby, Denmark.

[49] H. Riberholt. 1986. Glued bolts in glulam. In *Proc. of the CIB-W18 Meeting 19*, Florence, Italy, CIB-W18 19-7-2.

[50] H. Riberholt. 1988. Glued Bolts in Glulam – Proposal for CIB Code. In *Proc. of the CIB-W18 Meeting 21*, Parksville, Canada.

[51] P. D. Rodd, B. O. Hilson, and R. A. Spriggs. 1989. Resin Injected Mechanically Fastened Timber Joints. In *Proc. of the Second Pacific Timber Engineering Conference*, Auckland, New Zealand, 131–136.

[52] M. del Senno, M. Piazza, and R. Tomasi. 2004. Axial glued-in steel timber joints – experimental and numerical analysis. *Holz Roh Werkst* 62, 2 (April 2004), 137–146. DOI:https://doi.org/10.1007/s00107-003-0450-1

[53] SIA. 2009. *Standard SIA 265/1 – Timber Structures – Supplementary Specifications*. SIA Swiss Society of Engineers and Architects, Zurich, Switzerland.

[54] SIA. 2012. *Norm SIA 265:2012 – Holzbau*. SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Zürich, Schweiz.

[55] Y. Slavik, A.A. Tsvestkov, and N.D. Denesh. 1983. Problems in evaluation of timber structure reliability. In *Present state and future prospects in the field of timber structures, Collected Scientific Papers*, Moscow, USSR, 94–105.

[56] R. Steiger. 2012. In Brettschichtholz eingeklebte Gewindestangen – Stand des Wissens zu einer leistungsfähigen Verbindungstechnik. In *Proc. of the Internationales Holzbau-Forum*, Garmisch-Partenkirchen, Germany.

[57] R. Steiger, E. Gehri, and R. Widmann. 2007. Pull-out strength of axially loaded steel rods bonded in glulam parallel to the grain. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* 40, 1 (2007), 69–78.

[58] R. Steiger, E. Serrano, M. Stepinac, V. Rajčić, C. O'Neill, D. McPolin, and R. Widmann. 2015. Strengthening of timber structures with glued-in rods. *Construction and Building Materials* 97, (October 2015), 90–105. DOI:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.097

[59] Svenskt Trä. 2016. *Limträhandbok, Projektering av limträkonstruktioner, Del 2*. Svenskt Trä , Föreningen Sveriges Skogsindustrier, Stockholm, Sweden.

[60] T. Tannert, H. Zhu, S. Myslicki, F. Walther, and T. Vallée. 2017. Tensile and fatigue investigations of timber joints with glued-in FRP rods. *The Journal of Adhesion* 93, 11 (2017), 926–942. DOI:https://doi.org/10.1080/00218464.2016.1190653

[61] G. Tlustochowicz, E. Serrano, and R. Steiger. 2011. State-of-the-art review on timber connections with glued-in steel rods. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* 44, 5 (2011), 997–1020.

[62] TRADA. 2001. *GIROD -Glued-in Rods For Timber Structures WP 8 – Draft Design Rules For Eurocode 5 – 36th Month Progress Report*. UK.

[63] S. Turkowsky. 1989. Designing of glued wood structures joints on glued-in bars. In *Proc. of the CIB-W18 Meeting 22*, Berlin, Germany.

[64] S. Turkowsky. 1991. Prefabricated joints of timber structures on inclined glued-in bars. In *Proceedings of the 1991 International Timber Engineering Conference, TRADA, London, UK*.

[65] M. Verdet, A. Salenikovich, A. Cointe, J.-L. Coureau, P. Galimard, Williams Munoz Toro, Pierre Blanchet, and Christine Delisée. 2016. Mechanical Performance of Polyurethane and Epoxy Adhesives in Connections with Glued-in Rods at Elevated Temperatures. *BioResources* 11, 4 (August 2016), 8200–8214.

[66] R. Widmann, R. Steiger, and E. Gehri. 2007. Pull-out strength of axially loaded steel rods bonded in glulam perpendicular to the grain. *Materials and Structures* 40, 8 (2007), 827–838.

Eurocode 5 – stiftförmige Verbindungsmittel

Gewidmet meinem Freund und Lehrmeister
DI Alfons Brunauer (*1963 - † 2018)

Frank Brühl
Duale Hochschule Baden-Württemberg
Mosbach, Deutschland

en.ar[tec] – Deutschland
engineering + architecture
Fürstenzell, Deutschland

Eurocode 5 – stiftförmige Verbindungsmittel

1. Einleitung

Seit jeher stellt das Fügen von Holzbauteilen die Baumeister / Ingenieure vor Herausforderungen. Die Verbindungen können im Holzbau in traditionelle zimmermannsmäßige Verbindungen und in mechanische Verbindungen eingeteilt werden. Der ersten Gruppe können unter anderem Zapfen, Verplattungen und Versätze zugeordnete werden. Die ersten mechanischen Verbindungsmittel wurden in Form von Dollen und Holznägeln zum Fügen von Holzbauteilen verwendet [1]. In weiterer Folge wurden metallische Nägel geschmiedet und im Zuge der Industrialisierung wurde die Herstellung mechanisiert.
Derzeit gibt es neben dem Nagel eine Vielzahl von stiftförmigen Verbindungsmitteln. Hierzu zählen unter anderem Stabdübel, Bolzen, Gewindestangen, Klammern und Schrauben. Im Zuge der Überarbeitung des Eurocodes 5 [19], lag ein Hauptaugenmerk in der breiten Anwendbarkeit und in der Benutzerfreundlichkeit bei der Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln. In Vorarbeiten in Bezug auf die neue Normengeneration im Holzbau [2], wurden ebenfalls Vertreter der Holzbaupraxis mit einbezogen [3], um somit ebenfalls eine Reflektion aus Sicht der Anwendung zu erhalten.

2. Geschichtliche Entwicklung

2.1. Einführung

Die Nachfrage nach materialsparenden und leicht zu erstellenden Konstruktionen nach dem ersten Weltkrieg, führte zur Einführung der ersten DIN-Norm [4]. Die DIN 104 «Holzbalken für Kleinhäuser» wurde im April 1919 verbindlich eingeführt [4]. Ziel war es den Baumeistern und Zimmerleuten erste Bemessungsgrundlagen mit materialsparenden Tragfähigkeitstabellen an die Hand zu geben. Regelungen zur Bemessung von Verbindungsmitteln waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht enthalten.

2.2. Deterministisches Sicherheitskonzept

Im Jahre 1921 wurde der Fachausschuss für Holzfragen durch den damaligen Reichsverkehrsminister gegründet. Zunehmende Mängel an Ingenieurholzbauten führten zur Einführung der «Vorläufigen Bestimmungen für Holztragwerke» [6] im Dezember 1926 [4]. Hier waren erstmals Regelungen zur Berechnung von Verbindungsmitteln verankert. Diese basierten auf dem deterministischen Sicherheitskonzept, indem zulässige Spannungen definiert wurden.
Grundlage für die Bemessung einer Verbindung mit stiftförmigen Verbindungsmitteln bildet eine zweischnittige Laschenverbindung, siehe Abb. 1.
In der Nachweisführung wurden für das Seiten- und Mittelholz jeweils die Lochleibungsfestigkeit und das Moment im Verbindungsmittel überprüft.

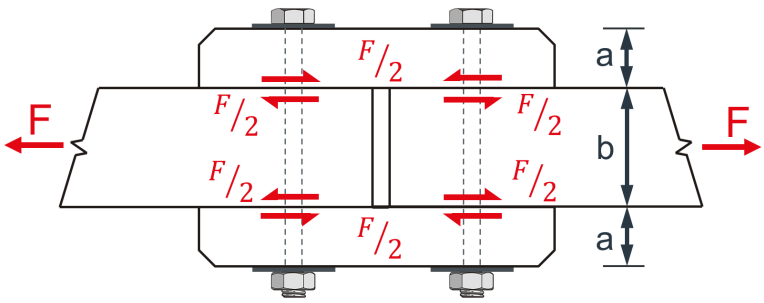


Abbildung 1: Laschenverbindung in Anlehnung an [6]

Das Moment wurde im Bereich des Seiten- und Mittelholzes wie folgt berechnet:

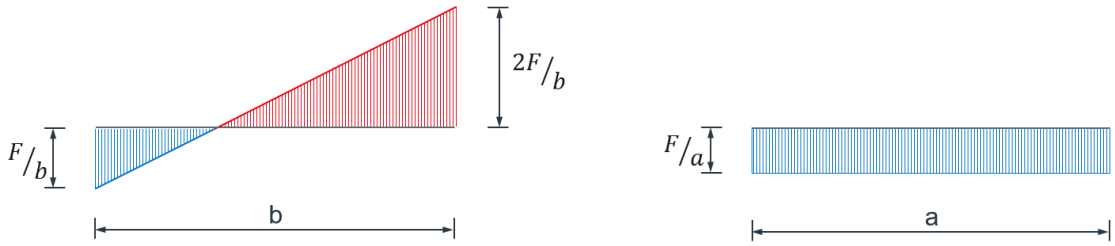
$$M_1 = \frac{F \cdot a}{8} \quad (1)$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot F \cdot b}{27} \quad (2)$$

mit:

M_1	Moment im Mittelholz (vgl. Abb. 3b)
M_2	Moment im Seitenholz (vgl. Abb. 3a)
F	anzuschließende Kraft
a	Breite des Mittelholzes
b	Breite des Seitenholzes

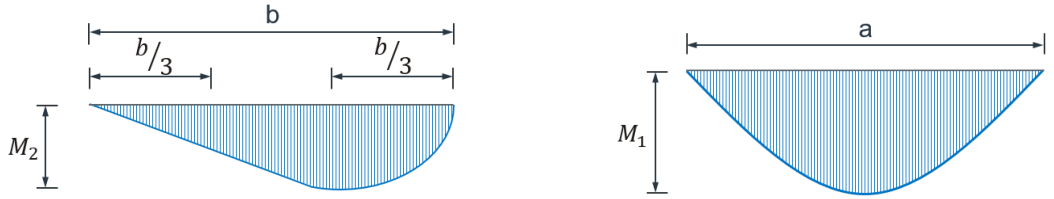
Abbildung 2 zeigt die angenommenen Druckspannungsverteilungen für das Seiten- und Mittelholz.



a.) Seitenholz b.) Mittelholz

Abbildung 2: Druckspannungsverteilung [6]

Aus den Druckspannungsverteilungen wurden die Momentenlinien abgeleitet (vgl. Abb. 3).



a.) Seitenholz b.) Mittelholz

Abbildung 3: Momentenlinien [6]

Als gleichmäßig auf die Lochleibung bezogene Pressung durfte für

– Mittelhölzer 100 kg/cm² (~10 N/mm²)

und für

– Seitenhölzer 50 kg/cm² (~5 N/mm²)

angesetzt werden.

Für eine Beanspruchung rechtwinklig zur Faserrichtung mussten die zulässigen Festigkeitswerte um $^1/_3$ reduziert werden [6].
Im Jahre 1930 wurde die erste Norm für hölzerne Brücken eingeführt [7], die Berechnung von Bolzenverbindungen blieb unverändert.
Die erste Ausgabe der DIN 1052 «Bestimmung für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau» [8] erschien im Jahre 1933. Neben dem in der Stabilität eingeführten ω-Verfahren, fanden Ergebnisse zu umfangreichen Untersuchungen zur Holzfestigkeit den Weg in die Norm. Bei der Bemessung von Bolzenverbindungen wurde der Schlankheitsgrad λ $\left(^{\text{Holzdicke}}/_{\text{Bolzenduchmesser}}\right)$ eingeführt. Dadurch sollte die ungleichmäßige Spannungsverteilung bei zunehmender Schlankheit beachtet werden, siehe Tab. 1.

Tabelle 1: Zulässiger Lochleibungsdruck in Faserrichtung [kg/cm²] [8]

Schlankheitsverhältnis $\lambda = \frac{Holzdicke}{Bolzendurchmesser}$	Zweischnittig		einschnittig
	Mittelholz	Seitenholz	
4	80	50	40
6	60	36	35
8	45	25	25
10	36	19	19
12	30	16	16
14	26	14	14

Für Mittelhölzer mit seitlichen Stahllaschen durfte die Lochleibungsfestigkeit um 25% erhöht werden [8].
In den Folgejahren lag der Fokus in der Forschung im Holzbau. So wurde im Jahre 1938 [9] die 2. Auflage der DIN 1052 eingeführt; die dritte Auflage folgte im Jahre 1940 [10], diese wurde im Jahre 1947 durch die vierte Auflage [11] abgelöst.

Die Variation der Lochleibungsfestigkeit in Abhängigkeit der Schlankheit wurde in der zweiten Ausgabe [9] der DIN 1052 verworfen.
Der Nachweis von Bolzenverbindungen fußte ab der zweiten Auflage der DIN 1052 auf zwei Nachweisgleichungen, wobei der kleinste der beiden Werte maßgebend war (vgl. Gl. 3). Die erste Nachweisgleichung in (3) betrachtete die Lochleibungstragfähigkeit des Holzbauteils, die zweite Gleichung behandelte die Bolzentragfähigkeit.

$$N_{st,b} = \min \begin{cases} zul\ \sigma_1 \cdot a \cdot d_{st,b} \\ B \cdot d_{st,b}^2 \end{cases} \quad (3)$$

mit:

zul σ_1	zulässige mittlere Lochleibungsfestigkeit in N/mm² (vgl. Tab. 2)
a	zugehörige Holzdicke in mm
$d_{st,b}$	Durchmesser des Verbindungsmittels
B	Festwert in N/mm² (vgl. Tab. 2)

Das Nachweisformat blieb bis zur Auflage der DIN 1052:1988 [13] das Gleiche, lediglich die Eingangswerte änderten sich zu Beginn. Tabelle 2 zeigt zusammenfassend die Eingangswerte der DIN 1052 in den einzelnen Ausgaben. Zusätzlich wurden die Werte der

Tabelle 2: Werte für zul σ_1 und B in N/mm² zur Berechnung der zulässigen Belastung von Stabdübel und Bolzenverbindungen

	zweischnittig				einschnittig	
	Mittelholz		Seitenholz			
	zul σ_1	Festwert B	zul σ_1	Festwert B	zul σ_1	Festwert B
DIN 1052:1938 [9]	8,0	36,0	5,0	20,0	4,0	20,0
DIN 1052:1940 [10]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
DIN 1052:1947 [11]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
DIN 1052:1969 [12]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
DIN 1052-2:1988 [13]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
TGL 112-0730:1963 [14]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
TGL 3313/01:1984 [15]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0

in der Deutschen Demokratischen Republik eingeführten Holzbaunorm [14, 15] aufgeführt.

Bereits in der Normengeneration von 1938 [9] wurde eine vom Kraft-Faserwinkel abhängige Lochleibungsfestigkeit verankert. So musste die Lochleibungsfestigkeit für eine senkrecht zur Faser wirkende Belastung um 50% abgemindert werden. Zwischenwerte durften linear interpoliert werden.
In der nächsten Ausgabe der DIN 1052 [10] betrug die Abminderung 25%, diese wurde bis zur letzten Ausgabe der DIN 1052 [13], basierend auf der Methode der zulässigen Spannungen, beibehalten.

2.3. Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept

Mit der Einführung der DIN 1052 im Jahre 2004 [16] wurde das deterministische Sicherheitskonzept durch das semiprobabilistische Sicherheitskonzept abgelöst. Die Berechnung von stiftförmigen Verbindungsmitteln wurde in diesem Zuge grundlegend überarbeitet. Die eingeführte Berechnungsmethode basiert auf dem European Yield Model (EYM) welchem die Untersuchungen von Johansen [17] und Meyer [18] zu Grunde liegt. Die einzelnen Versagensmechanismen sind in Abbildung 4 dargestellt.

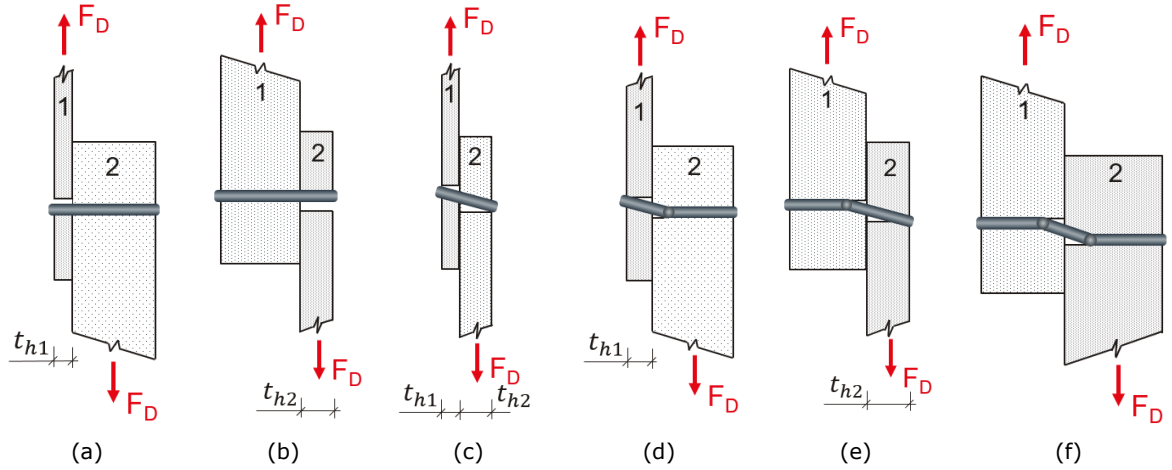


Abbildung 4: Mögliche Versagensmechanismen in Anlehnung an das EYM

Für die Berechnung von stiftförmigen Verbindungsmitteln wurden die Grundgleichungen für Holz-Holz-Verbindungen und für Stahlblech-Holz Verbindungen angegeben. Diese Gleichungen haben in der derzeitig gültigen europäischen Norm [19] noch Gültigkeit. Im Bereich der Stahlblech-Holz Verbindungen wird in innenliegende und außenliegende Stahlbleche unterschieden. Für außenliegende Bleche muss wiederum der Grad der Einspannung des Verbindungsmittels im Stahlblech bewertet werden. Dies geschieht über das Verhältnis des Verbindungsmitteldurchmessers zur Dicke des Stahlbleches (t/d).

3. Ausblick in die künftige Normungssituation

3.1. Allgemeines

Neben der nicht anwenderfreundlichen Gliederung des derzeitigen Eurocode 5 [19], war die Fülle an komplexen Gleichungen um das Tragverhalten von stiftförmigen Verbindungsmitteln zu berechnen [21] ein Hauptkritikpunkt in der Bemessung von Verbindungsmitteln.
Daher wurden die Gleichungen des EYM dahingehend vereinfacht, sodass die Versagensmechanismen (vgl. Abb. 4) mit ihren Grundgleichungen für alle unterschiedlichen Konfigurationen Gültigkeit besitzen. Einige Fragestellungen bestehen ebenfalls im gegenwertig direkt eingegliederten Seileffekt in den Gleichungen des EYM. Hier wurde eine klare Trennung eingeführt, sodass der Traglastanteil aus dem EYM und der Traglastanteil aus dem Seileffekt separat voneinander berechnet werden. Des Weiteren wurde die Gliederung dahingehend verbessert, sodass die einzelnen Eingangsparameter zielgerecht zu finden sind. Hierfür wurden die einzelnen Parameter in Tabellenform für die unterschiedlichen Verbindungsmittel und Werkstoffe übersichtlich aufgelistet.

3.2. Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln

Ziel der Überarbeitung des derzeitigen EYM war eine starke Reduktion des Facettenreichtums der derzeitigen Nachweisgleichungen. Hierzu wurde die derzeitige Unterscheidung zwischen Holz-Holz Verbindungen und Stahlblech-Holz Verbindungen auf die sechs Grundgleichungen verallgemeinert. Somit können einschnittige Verbindungen von zwei beliebigen Bauteilen mit den sechs Grundgleichungen (vgl. Gl. 4) berechnet werden. Dabei ist das Verhältnis der Lochleibungsfestigkeiten (vgl. Gl. 5) der beiden Bauteile von großer Bedeutung.

$$F_{D,k} = \min \begin{cases} f_{h,1,k}\, t_{h,1}\, d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k}\, t_{h,2}\, d & \text{(b)} \\ \frac{f_{h,1,k} t_{h1} d}{1+\beta}\left[\sqrt{\beta + 2\,\beta^2\left[1+\frac{t_{h2}}{t_{h1}}+\left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}}\right)^2\right]+\beta^3\left(\frac{t_{h2}}{t_{h1}}\right)^2}-\beta\left(1+\frac{t_{h2}}{t_{h1}}\right)\right] & \text{(c)} \\ 1{,}05\,\frac{f_{h,1,k}\, t_{h1}\, d}{2+\beta}\left[\sqrt{2\,\beta\,(1+\beta)+\frac{4\,\beta\,(2+\beta)\,M_{y,k}}{f_{h,1,k}\, d\, t_{h1}^2}}-\beta\right] & \text{(d)} \\ 1{,}05\,\frac{f_{h,1,k}\, t_{h2}\, d}{1+2\,\beta}\left[\sqrt{2\,\beta^2\,(1+\beta)+\frac{4\,\beta\,(1+2\,\beta)\,M_{y,k}}{f_{h,1,k}\, d\, t_{h2}^2}}-\beta\right] & \text{(e)} \\ 1{,}15\,\sqrt{\frac{2\,\beta}{1+\beta}}\,\sqrt{2\,M_{y,k}\, f_{h,1,k}\, d} & \text{(f)} \end{cases} \tag{4}$$

mit:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} \tag{5}$$

$f_{h,1,k}$, $f_{h,2,k}$	charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Bauteil 1 und Bauteil 2
$t_{h,1}$, $t_{h,2}$	Einbindetiefe im Bauteil 1 und Bauteil 2
$M_{y,k}$	charakteristisches Fließmoment
d	Durchmesser des Verbindungsmittels

Dadurch ist es möglich für diverse Materialien von Bauteil 1 und Bauteil 2 die Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln zu berechnen. Die Einschränkung und Aufteilung in Holz-Holz und Stahlblech-Holz Verbindungen ist folglich aufgehoben. Für die Berechnung einer Stahlblech-Holz Verbindung wird eine Lochleibungsfestigkeit des Stahlteils von 600 N/mm² empfohlen.
Bei der Berechnung von zweischnittigen Verbindungen können ebenfalls die sechs Grundgleichungen herangezogen werden. Hierfür müssen die Versagensmechanismen, welche

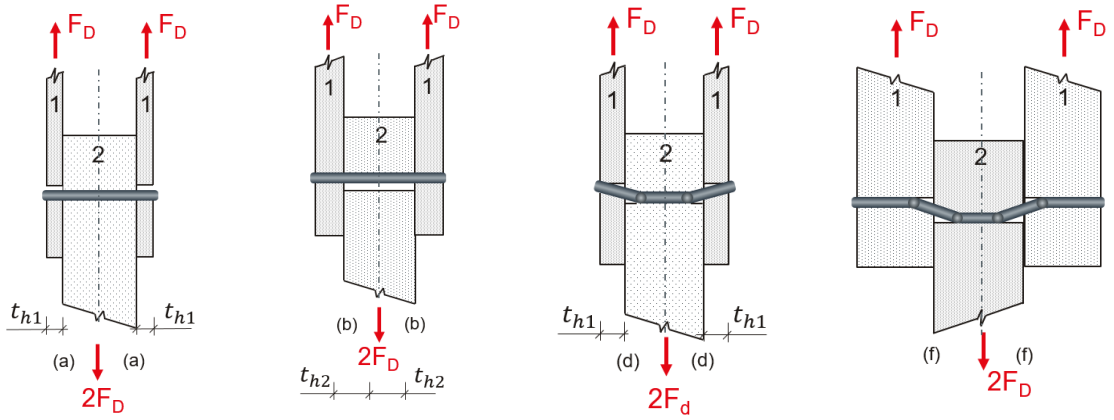


Abbildung 5: Zweischnittige Verbindungen (Versagensmechanismen (a), (b), (d) & (f))

bei einer zweischnittigen Verbindung nicht eintreten können, außer Acht gelassen werden. Diese sind im Wesentlichen die Versagensmechanismen (c) und (e), siehe Abb. 5.

Im derzeitigen Eurocode 5 [19] wird der «Einspannungsgrad» des Verbindungsmittels im außenliegenden Blech durch das Verhältnis des Durchmessers des Verbindungsmittels zur Dicke des Stahlbleches berücksichtigt. Dünne Bleche, und damit eine gelenkige Lagerung des stiftförmigen Verbindungsmittels, sind bis zu einer Stärke des Bleches (t) von 50 % des Verbindungsmitteldurchmessers (d) definiert. Ab einem Verhältnis t/d von 1,0 wird von einer Einspannung des Verbindungsmittels im außenliegenden Stahlblech ausgegangen. Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.
Durch die Vereinfachung bedarf es keiner differenzierten Betrachtung zwischen dünnen und dicken außenliegenden Blechen. Für verschiedene Stabdübel Konfigurationen zeigt Abbildung 6 die benötigte Zugfestigkeit des außenliegenden Bleches um eine Einspannung des Verbindungsmittels zu erzielen. Für das Mittelholz wurde eine Holz-Rohdichte von 385 kg/m^3 angenommen.
Für ein Verhältnis t/d des außenliegenden Blechs zum Stabdübeldurchmesser von 1,0 ergibt sich für einen Stabdübel, mit einem Durchmesser von 12 mm, und einer Zugfestigkeit $f_{u,k}$ = 510 N/mm^2 eine benötigte Zugfestigkeit des Bleches von $f_{u,k}$ ~ 150 N/mm^2 um die Ausbildung eines Fließgelenkes im Stabdübel zu erreichen.

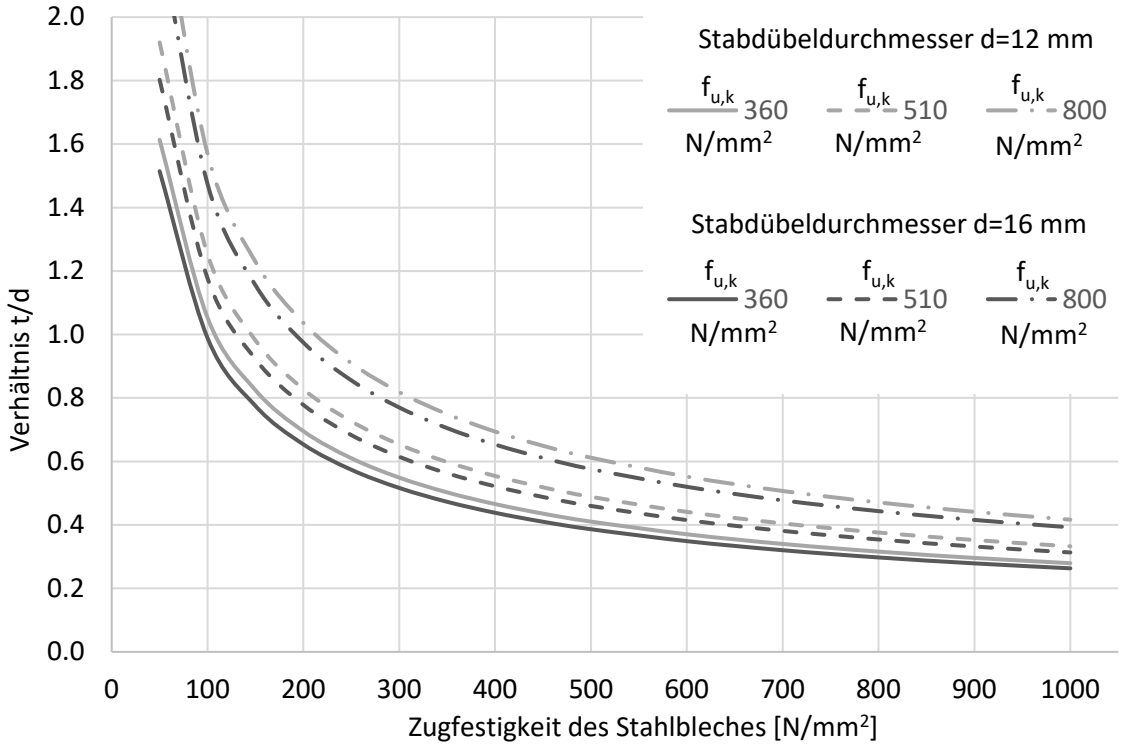
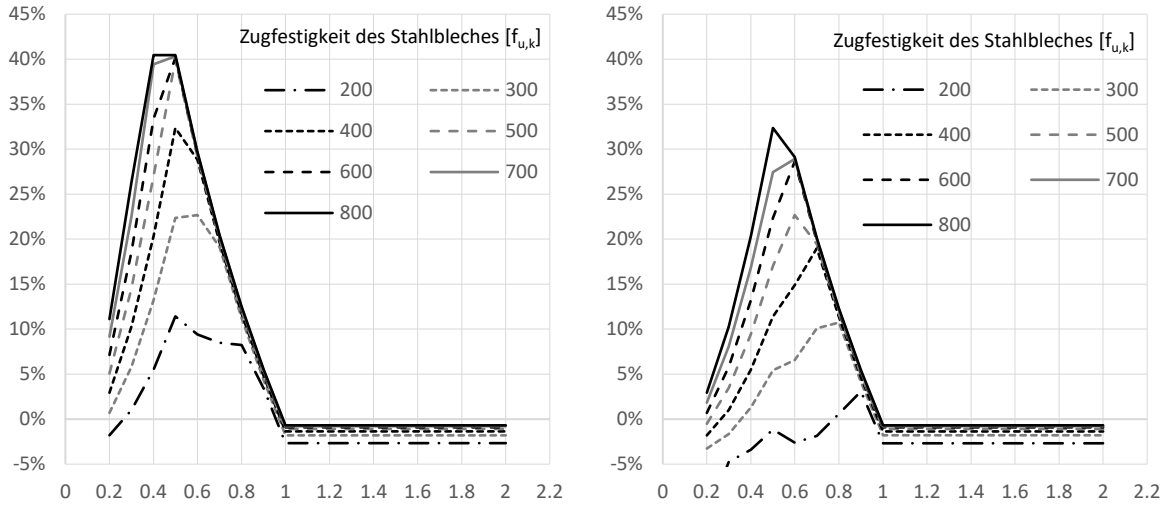


Abbildung 6: Benötigte Zugfestigkeit des außenliegenden Bleches für die Ausbildung eines Fließgelenkes

Vergleichsrechnungen unter Verwendung der sechs Grundgleichungen haben gezeigt, dass sich für außenliegende Bleche mit einem Dickenverhältnis kleiner als 1,0 signifikante Tragfähigkeitserhöhungen ergeben (vgl. Abb. 7(a)). Ein wesentlicher Einfluss hierfür ist die Ausbildung eines Fließgelenkes am Blech für Verhältnisse der Blechdicke zum Stabdübeldurchmesser (t/d) für weitaus kleinere Verhältnisse als 1,0, siehe Abb. 6.
Neben der reinen Johansen Theorie, sind weitere Effekte bei außenliegenden Blechen zu beachten. Dies ist unter anderem, neben dem reinen Lochspiel, eine mögliche plastische Verformung des Bleches im Fügebereich des Verbindungsmittels an das Blech. Leider liegen für die genauere Beurteilung keine Versuchsergebnisse vor. Um die Effekte einer Teileinspannung zu berücksichtigen, wurde der Faktor k_{pl} eingeführt. Dieser fordert eine Verringerung der Lochleibungsfestigkeit für Dickenverhältnisse (t/d) kleiner 0,5, um 50%. Im Bereich von Dickenverhältnissen (t/d) zwischen 0,5 und 1,0 muss der Faktor k_{pl} linear interpoliert werden.
Abbildung 7(b) zeigt den Vergleich der Tragfähigkeit basierend auf der derzeit gültigen Bemessungsnorm [19] und dem Bemessungsansatz basierend auf dem aktuellen Entwurf des EN 1995 [20].



(a) ohne Berücksichtigung von k_{pl} (b) mit Berücksichtigung von k_{pl}

Abbildung 7: Vergleich der Tragfähigkeiten nach EN 1995 [19] und prEN1995 [20]

3.3. Vorteile der vereinfachten Bemessungsgleichungen

Ein großer Vorteil der überarbeiteten Nachweisgleichungen ist die materialunabhängige Bemessung. So erfassen die Bemessungsformeln eine Kombination sämtlicher Materialien (z.B. Harthölzer, Furnierschichtholz, Plattenwerkstoffe, Aluminium, hochfeste Stähle, u. a.), welche in der Ausführung von modernen Verbindungen zum Tragen kommen können. Durch die Anwendung der jeweiligen Lochleibungstragfähigkeit der Bauteile 1 und 2 wird durch die Versagensmodi (a) und (b) direkt der Lochleibungsnachweis geführt, welcher bei dünnen Blechen maßgebend werden kann. Somit kann dieser bei der Bemessung nicht in Vergessenheit geraten.
In der Überprüfung der sechs Versagensmodi muss nicht zwischen dicken und dünnen außenliegenden Blechen unterschieden werden, da der auftretende Versagensfall durch die einzelnen Materialparameter bestimmt wird, siehe Abb. 6. Dadurch wird der Versagensfall klar definiert und zugeordnet.

3.4. Vereinfachungen

In Anlehnung an die im deutschsprachigen Raum [23], [24] bereits etablierte Vereinfachung, wurde diese in das Hauptdokument aufgenommen. So ist es möglich eine einfache und schnelle Bemessung durchzuführen.
Die vereinfachte Nachweisführung basiert auf dem Versagensmechanismus mit der Ausbildung von zwei Fließgelenken im Verbindungsmittel pro Scherfuge, Versagensmodus (f). Die benötigte Mindestholzdicke zur Ausbildung beider Fließgelenke ist für einschnittige und zweischnittige Verbindungen gegeben. Die Tragfähigkeit für Holzdicken kleiner als die erforderliche Holzdicke darf mit dem Verhältnis der beiden Holzdicken multipliziert werden, siehe Gleichung 6.

$$F_{\mathrm{D,k}} = 1{,}15 \sqrt{\frac{2\,\beta}{1+\beta}} \sqrt{2\,M_{\mathrm{y,k}}\,f_{\mathrm{h,1,k}}\,d}\ \min\begin{cases} t_{\mathrm{h,1}}/t_{\mathrm{h,1,req}} \\ t_{\mathrm{h,2}}/t_{\mathrm{h,2,req}} \\ 1 \end{cases} \tag{6}$$

mit:

$$\beta = \frac{f_{\mathrm{h,2,k}}}{f_{\mathrm{h,1,k}}} \tag{7}$$

$f_{h,1,k}$, $f_{h,2,k}$	charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Bauteil 1 und Bauteil 2
$t_{h,1}$, $t_{h,2}$	Einbindetiefe im Bauteil 1 und Bauteil 2
$t_{h,1,req}$, $t_{h,2,req}$	Einbindetiefe im Bauteil 1 und Bauteil 2 zur Bildung von 2 Fließgelenken im Verbindungsmittel
$M_{y,k}$	charakteristische Fließmoment
d	Durchmesser des Verbindungsmittels

4. Verbindungsmittelabstände

In Vorarbeiten kristallisierte sich heraus, dass es bei den winkelabhängigen Rand- und Seitenabständen zu Verwirrungen und Missverständnissen in der Anwendung kommt. Daher hat man sich entschieden die Verbindungsmittelabstände ohne einen Bezug zum Kraft-Faser Winkel zu definieren. Die einzelnen Mindestabstände sind tabellarisch für die jeweiligen Verbindungsmittel angegeben.
Bei dem Entwurf eines Anschlusses sind die Mindestabstände des verwendeten Verbindungsmittels oft für die Abmessungen eines Querschnittes maßbebend. Um hier dem Planer mehr Spielraum beim Anschlussentwurf zu ermöglichen, wurden Regelungen zum versetzten Anordnen von diversen Verbindungsmitteln aufgenommen [24], [25]. Dadurch ist es möglich die Abstände in Faserrichtung und rechtwinklig zur Faserrichtung in gegenseitiger Abhängigkeit zu variieren, siehe Gleichung 8.

$$\frac{a_{2s}}{a_2} \geq 1 - \left(\frac{a_{1s}}{a_1}\right)^2 \tag{8}$$

mit:

$$a_{1s}/a_1 \leq 1 \tag{9}$$

$a_{1,s}$ Mindestabstand in Faserrichtung bei versetzter Anordnung
$a_{2,s}$ Mindestabstand rechtwinklig zur Faserrichtung bei versetzter Anordnung
a_1 Mindestabstand in Faserrichtung
a_2 Mindestabstand rechtwinklig zur Faserrichtung

Abbildung 8 zeigt die graphische Auswertung von Gleichung 8 für Stabdübel- (E) und Bolzenverbindungen (F).

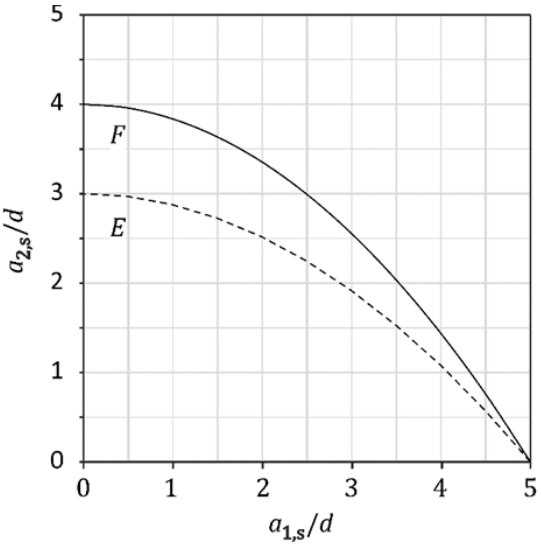
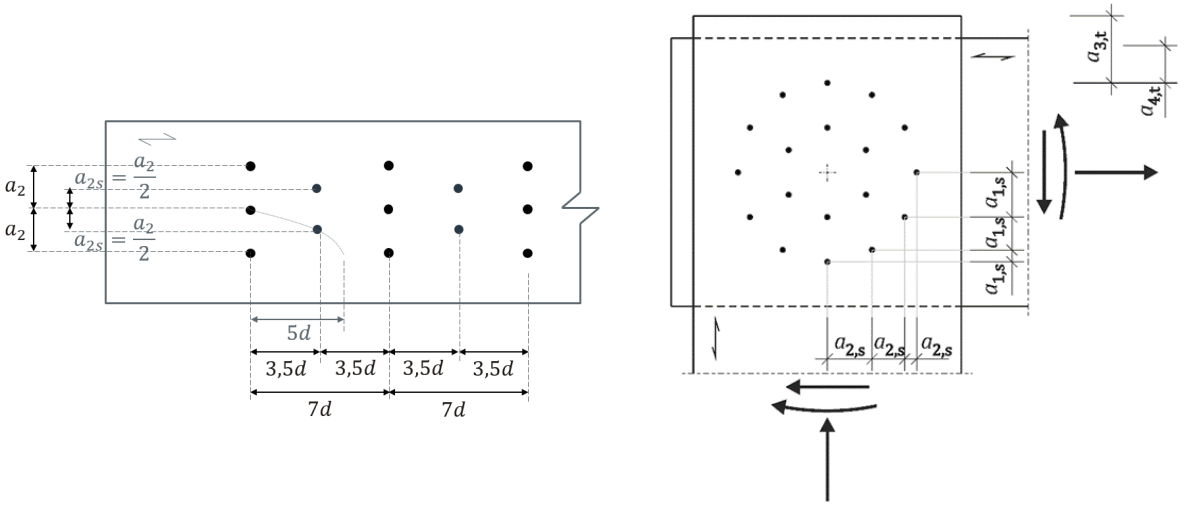


Abbildung 8: Mindestabstände für versetzt angeordnete Verbindungsmittel, (E) Stabdübel und (F) Bolzen [20]

Konfigurationen der Abstände in Faserrichtung ($a_{1,s}$) und rechtwinklig zur Faserrichtung ($a_{2,s}$), die oberhalb des jeweiligen Graphen zum Liegen kommen, sind grundsätzlich ausführbar.
Abbildung 9a zeigt eine mögliche versetzte Anordnung am Beispiel einer Stabdübelverbindung. Durch das Anordnen einer versetzten Stabdübelreihe im Mittelpunkt der Abstände rechtwinklig zur Faser, müssen die Abstände in Faserrichtung von 5d auf 7d erhöht werden. Der versetzt angeordnete Stabdübel muss mindestens einen Abstand von 3,5d zum ursprünglichen Stabdübel aufweisen, siehe Abb.8.



(a) Anschlussgeometrie einer Stabdübelverbindung (b) Stabdübelkreis [20]

Abbildung 9: Anwendungsbeispiel für eine versetzte Verbindungsmittelanordnung

Bei der Ausführung eines Stabdübelkreises können die Abstände der Verbindungsmittel nicht direkt den Abständen parallel (a_1) und rechtwinklig (a_2) zur Faserrichtung zugeordnet werden. Durch die Definition einer versetzten Anordnung können die einzelnen Abstände der Verbindungsmittel klar definiert werden, siehe Abb. 9b.

5. Zusammenfassung

Der Entwurf des Kapitels «Connections» wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Ad Leijten, Ulrich Hübner, Jørgen Munch-Anderson, Robert Jockwer, José Manuel Cabrero, Keerthi Ranasinghe, dem Autor, sowie João Negrão, Maurizio Piazza und Julian Marcroft erarbeitet. Für die vielen wertvollen und fruchtbaren Diskussionen auch in Zeiten der Pandemie möchte sich der Autor herzlich bedanken.
Die Überarbeitung des European Yield Model öffnet die Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln für unterschiedlichste Kombinationen der zu verbindenden Bauteile. Die Unterscheidung zwischen dicken und dünnen außenliegenden Blechen kann durch die Überarbeitung entfallen, da die Ausbildung des plastischen Gelenkes im Verbindungsmittel im Zuge der Nachweisführung direkt bewertet wird. Der Einfluss einer Teileinspannung des Verbindungsmittels bei dünnen Blechen bedarf weiterer Untersuchungen.
Die Einführung von versetzt angeordneten Verbindungsmitteln ermöglicht dem Planer eine höhere Variation in der Anordnung der Verbindungsmittel innerhalb eines Anschlusses. Dadurch muss die Breite des Querschnittes nicht zwangsläufig durch die Anschlussgeometrie bestimmt werden. Darüber hinaus sind die Abstände bei der Ausführung eines Stabdübelkreises klar definiert.

6. Literatur

[1] Krauth, T.; Meyer, F. (1895): Die Bau- und Kunstzimmerei mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Form, 13. Nachdruckauflage, Edition «libri rari» Th. Schäfer, Hannover, (Nachdruck 1994).

[2] Sandhaas, C.; Munch-Andersen, J.; Dietsch P. (2018): Design of Connections in Timber Structures, A state-of-the-art report by COST Action FP1402/WG3. Shaker Verlag GmbH, Aachen, Deutschland.

[3] Brunauer, A. (2017): The practical design of dowel-type connections in timber Engineering structures according to EC5. COST Action FP1402, International Conference on Connections in Timber Engineering – From Research to Standards. Graz, Österreich, S. 6-14.

[4] Rug, W. (2016): Holzbau im Bestand – Ausgewählte historische Bemessungs- und Konstruktionsnormen von 1917 bis 2007, 1. Auflage, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, Deutschland.

[5] DIN 104:1920-03: Holzbalken für Kleinhäuser. Deutsche Industrie Normen, Verlag unbekannt

[6] Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft (1926-12): Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

[7] DIN 1074:1930-08: Berechnungs- und Entwurfsgrundlagen für Hölzerne Brücken. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[8] DIN 1052:1933-07: Bestimmung für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[9] DIN 1052:1938-05: Bestimmung für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[10] DIN 1052:1940-12: Holzbauwerke – Berechnung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[11] DIN 1052:1947-10: Holzbauwerke – Berechnung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[12] DIN 1052:1969-10: Holzbauwerke – Berechnung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[13] DIN 1052-2:1988-04: Holzbauwerke – Mechanische Verbindungen. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[14] TGL 112-0730:1963-02: Tragwerke aus Holz – Projektierung. FSB, Berlin.

[15] TGL 33135/01:1984-01: Holzbau – Tragwerke- Berechnung, Bauliche Durchbildung. VEB Kombinat Bauelemente und Faserbaustoffe, Leipzig.

[16] DIN 1052:2004-08: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[17] Johansen K.W. (1949): Theory of timber connections. IABSE-International Association for Bridge and Structural Engineering 9, Zürich, Schweiz, S. 249-262.

[18] Meyer, A. (1957): Die Tragfähigkeit von Nagelverbindungen bei statischer Belastung. Holz als Roh- und Werkstoff 15 Heft 2, S. 96-109.

[19] EN 1995-1-1:2004; Eurocode 5: Design of Timber Structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, + AC (2006) + A1 (2008) + A2 (2014). CEN European committee for standardization, Brussels, Belgium.

[20] prEN 1995-1-1:20XX; Eurocode 5: Design of Timber Structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. CEN European committee for standardization, Brussels, Belgium. (working draft CEN/TC 250/SC 5/WG 5 N386, 03.10.2022)

[21] Jockwer, R.; Brühl, F; Cabrero J.M.; Hübner, U.; Leijten A.; Anderson J.M.; Ranasinghe, K.: Modern Connections in the future Eurocode 5 – overview of current developments. World Conference on Timber Engineering, Santiago, Chile

[22] DIN EN 1995-1-1/NA:2013; Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Holzbau. DIN, Berlin.

[23] ÖNORM B 1995-1-1:2015-06; Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau – Nationale Festlegungen zur Umsetzung der ÖNORM EN 1995-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen. ASI Austrian Standards International.

[24] Kuipers, J. (1957): Onderzoek naar het draagvermogen van houtverbindingsmiddelen, De bepaling van de basissterkte van rechte ringdeuvelverbindingen, Stevin Report 4-58-1/HV12, Technische Hogeschool Delft, Nederland.

[25] Vermeyden, P. (1963): Het beproeven van boutverbindingen, Stevin Report 4-63-6/B-2, Technische Hogeschool Delft, Nederland

Verschraubte BSH-BSP-Rippenplatten – Versuch und Praxis

Andreas Ringhofer
Institut für Holzbau und Holztechnologie
Technische Universität Graz
Graz, Österreich

freiraum ZT gmbh
Zivilingenieurbüro für das Bauwesen
Hartberg, Österreich

David Glasner
Institut für Holzbau und Holztechnologie
Technische Universität Graz
Graz, Österreich

Johann Scheibenreiter
Schmid Schrauben Hainfeld GmbH
Hainfeld, Österreich

Verschraubte BSH-BSP-Rippendecken – Versuch und Praxis

1. Motivation und theoretischer Hintergrund

Seit ca. 25 Jahren werden Wohn-, Büro- und Kommunalbauten in einer Größenordnung von 1-2 bis zu 25 Geschossen in Holz-Massivbauweise errichtet, welche aufgrund des nunmehr erreichten, industriellen Maßstabs eine wettbewerbsfähige und ökologische Alternative zu mineralischen Bauweisen mit Ziegel oder Stahlbeton darstellt. Das wesentliche Merkmal dieser Bauweise ist der vorwiegende Einsatz des flächenhaften (zweidimensionalen) Holzbauproduktes Brettsperrholz (BSP) für den raumabschließenden und lastabtragenden Zweck. Wie etwa in [1] angeführt, ist Brettsperrholz i.d.R. mit n = {3, 5, 7} kreuzweise geschichteten Brettlagen aufgebaut und weist somit übliche Dicken von t_{CLT} = 90 bis 280 mm auf. Aufgrund eines möglichen Spannweiten/Dicken-Verhältnisses von l / t_{CLT} = 25 ÷ 30 sind die gegebenen Dimensionen für die Deckenausbildung üblicher, ein- und zweiachsig gespannter Wohnbaugrundrisse als ausreichend zu erachten, vgl. [2]. Wirtschaftlich sinnvoll kommen dabei für gewöhnlich Platten mit 3- und 5-schichtigem Aufbau und einer Dicke bis zu 200 mm zur Anwendung.

Der Bedarf von Büro- oder Kommunalbauten an Raumtiefen > 6 m mit flexibler Gestaltungsmöglichkeit und somit möglichst wenig vertikal lastabtragenden Bauelementen (Stützen, Wände), führt jedoch zu vergleichsweise unwirtschaftlichen Brettsperrholzdicken – sofern als reines Plattendeckensystem eingesetzt, vgl. [2], [3] und [4]. Diesem Umstand, der im Wesentlichen auf eine gewisse Vulnerabilität des Produktes hinsichtlich Verformungs- und Schwingungskriterien zurückzuführen ist, wurde bereits bei frühen Pilotprojekten mit der Konzeption von hybriden Deckensystemen begegnet. Im Fall des 2001 errichteten Bautechnikzentrums der Technischen Universität Graz kamen etwa vorgefertigte Rippenelemente, bestehend aus Brettsperrholz-Platten und Brettschichtholz (BSH)-Trägern für die Überdachung des 2. Bürogeschosses und mittels Rundstahlstreben unterspannte Brettsperrholz-Platten für die Überdachung der großen Prüfhalle zur Anwendung. Diese beiden und weitere, in der Zwischenzeit entwickelte Lösungen sind in Abbildung 1 gegenübergestellt.

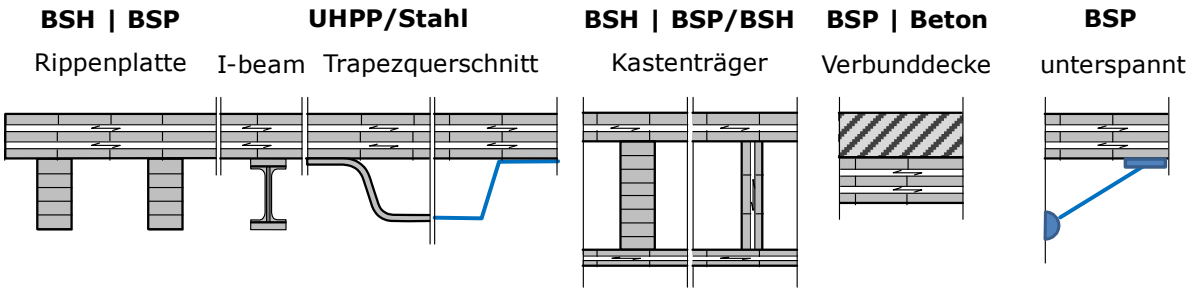


Abbildung 1: verschiedene Möglichkeiten zur Ausbildung von Decken- und Dachsysteme mit großen Spannweiten; von links nach rechts: BSH-BSP-, UHPP- BSP-, Stahl-BSP-Rippen- und -Kastenquerschnitte, BSP-Beton-Verbundsysteme sowie unterspannte BSP-Decken; nach [1], [5]

Auch wenn dieser Vergleich eine Mehrzahl an verfügbaren Lösungsmöglichkeiten der Überspannung größerer Deckenfelder suggeriert, haben nur wenige dieser Varianten das Labor- bzw. spezifische Projektstadium verlassen und eine systematische, massentaugliche und dem Stand der Technik entsprechende Anwendbarkeit erreicht. Unter Eingrenzung auf die Verwendung von Brettsperrholz als Deckenabschluss sind dies in geringerem Ausmaß BSP-Beton-Verbunddecken in Fertigteilbauweise (vgl. [6]) und in größerem Ausmaß BSH-BSP-Rippenplatten, auf welche im weiteren Beitrag näher eingegangen werden soll.

Eine dauerhafte Verbindung der Einzelbauteile von BSH-BSP-Rippenplatten als Fügung im Sinne der Herstellung und als kraftschlüssiger Verbund im Sinne des Einsatzes als lastabtragendes Bauteil wird heutzutage entweder mittels Verklebung oder mittels mechanischer Verbindungsmittel realisiert. Mit Ausnahme erster, neuartiger Entwicklungen zur systematischen Produktion solcher Hybridbauteile in den Pressanlagen der BSH- oder BSP-Hersteller, siehe etwa [7], wird im erstgenannten Fall der für die Verklebung von BSP und BSH notwendige Pressdruck gewöhnlich mittels selbstbohrender (Teilgewinde-)Holzbauschrauben (HBS) aufgebracht. Nachdem sie aufgrund der Dimensionen der beiden Fügeteile sowie aus mechanischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch im zweitgenannten Fall des mechanischen Verbundes vorwiegend eingesetzt werden, üben selbstbohrende Holzbauschrauben einen wesentlichen Einfluss auf das Tragverhalten und die Effizienz dieser Hybridbauteile aus.

Bei Gegenüberstellung der beiden Verbundvarianten sind als Vorteile des geschraubten, mechanischen Verbundes eine vergleichsweise einfache Herstellung (orts- und grundsätzlich witterungsunabhängig, relativ einfach in der Anwendung, erfordert keine speziellen Schulungen oder zusätzliche interne und externe Überwachungsmaßnahmen) zu nennen, wohingegen die Vorteile des geklebten Verbundes bei dessen mechanischer Leistungsfähigkeit zu finden sind, wie anhand der Bestimmung der effektiven Biegesteifigkeit $(EI)_{ef}$ mittels γ-Verfahren gem. [8], Anhang B als für Verformungs- und Schwingungsberechnungen wesentliches Merkmal gezeigt werden soll:

$$(EI)_{ef} = \sum \left(E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2 \right), \text{ mit } \gamma_i = \frac{1}{1 + \pi^2 \cdot \frac{E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_{ser,i} \cdot l^2}} \mid i \neq 2,\ \gamma_2 = 1, \text{ und} \qquad (1)$$

E_i, I_i und A_i als Elastizitätsmodul, Flächenträgheitsmoment und Fläche des Teilquerschnitts i, a_i als Abstand des Schwerpunktes des Teilquerschnittes i vom Gesamtschwerpunkt, l als Spannweite des (Decken-)Systems und s_i bzw. $K_{ser,i}$ als Abstand bzw. Verschiebungsmodul des für die Herstellung des Verbundes verwendeten Verbindungsmittels; γ ist der Verbundfaktor, welcher im Fall des geklebten (als schubstarr angenommenen) Verbundes ($K_{ser} \rightarrow \infty$) mit γ = 1 sein Maximum erreicht, wodurch das höchstmögliche, mechanische Potential des Hybridbauteils abgerufen wird.

Unter der Prämisse einer Annäherung an die mechanische Leistungsfähigkeit geklebter Systeme gilt es für geschraubte (schubnachgiebige) BSH-BSP-Rippenplatten demnach, den Verbundfaktor γ durch die richtige Schraubenwahl und –anordnung so weit als möglich zu maximieren. Dies kann einerseits durch den Nenndurchmesser d (vgl. [8], Tabelle 7.1) und die Anzahl an Holzbauschrauben und andererseits durch den Schraubentyp (Voll- statt Teilgewinde) in Kombination mit der Neigung α der Holzbauschrauben zur Verbundfuge (= Faserrichtung der BSP-Längslagen und der BSH-Rippen) und damit verbunden einer möglichen Erhöhung der effektiven Eindrehlänge l_{ef} erfolgen. Der Effekt einer signifikant positiven Beeinflussung von K_{ser} bei einer Erhöhung der Schrägstellung der Holzbauschrauben wurde bereits in der frühen 1990ern anhand von Holz-Beton-Verbunddecken erkannt, vgl. [9] und [10], und gilt seit dieser Zeit als wesentliches Charakteristikum effizienter Verschraubungslösungen im Ingenieurholzbau, vgl. [11]. Eine mittlerweile als erprobt anzusehende Möglichkeit der rechnerischen Quantifizierung dieses Effekts wurde in [12] hergeleitet und in ETA-12/0373 [13] verankert und ist in Gl. (2) angeführt:

$$K_{ser} = K_{ser,ax} \cdot \cos\alpha \cdot (\cos\alpha + \mu \cdot \sin\alpha) + K_{ser,lat} \cdot \sin\alpha \cdot (\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha), \text{ mit} \qquad (2)$$

$K_{ser,ax}$ bzw. $K_{ser,lat}$ als Verschiebungsmodul von selbstbohrenden Holzbauschrauben bei rein axialer bzw. lateraler Beanspruchung und μ als Reibbeiwert; hier für Holz-Holz. Eine entsprechende grafische Illustration der Auswirkung einer Schrägstellung der Holzbauschrauben auf die Verbundsteifigkeit K_{ser} gem. Gl. (2) ist in Abbildung 2 für 30 ° ≤ α ≤ 90 ° angeführt. Unter Annahme eines Verhältnisses $K_{ser,ax}$ / $K_{ser,lat}$ = 10 (vgl. [11]) und eines Reibbeiwerts von μ = 0,25 (vgl. den Anteil des Seileffekts in [8]) resultiert

darin eine Erhöhung der Verbundsteifigkeit um den Faktor 6,6 (8,7) für eine baupraktisch übliche Schrägstellung von α = 45 ° (30 °).

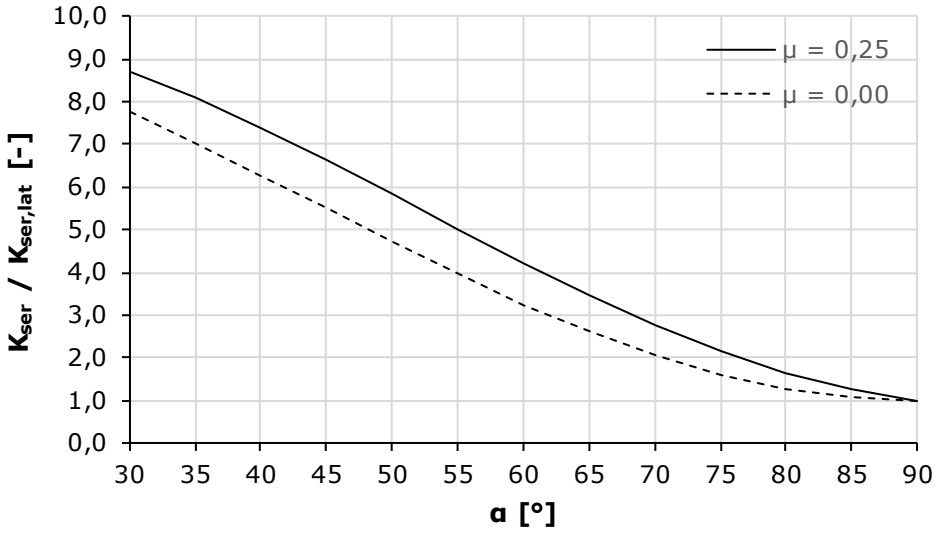


Abbildung 2: Verlauf von K_{ser} (als Vielfaches von $K_{ser,lat}$) in Abhängigkeit des Achs-Faser-Winkels α unter Zugrundlegung des Verhältnisses $K_{ser,ax}$ / $K_{ser,lat}$ = 10

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Größe von K_{ser} – und somit die Größe und die Genauigkeit der Bestimmung von $K_{ser,ax}$ und $K_{ser,lat}$ – einen entscheidenden Einfluss auf das Potential solcherart schubnachgiebig hergestellter Systeme haben. Erfolgt eine Berechnung der Holzbauschrauben anhand ihrer europäisch technischen Bewertungen (ETB), werden die Verschiebungskenngrößen üblicherweise im Fall von $K_{ser,lat}$ gemäß [8], Tabelle 7.1 (vgl. Gl. 3) und im Fall von $K_{ser,ax}$ gemäß Gl. (4) bestimmt:

$$K_{ser,lat} = \frac{\rho_m^{1,5} \cdot d}{23}, \text{ und} \tag{3}$$

$$K_{ser,ax} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{2} \frac{1}{K_{ser,ax,i}}}, \text{ mit } K_{ser,ax,i} = 25 \cdot d \cdot l_{ef,i} \text{ und} \tag{4}$$

d als Nenndurchmesser (Gewindeaußendurchmesser) und ρ_m als mittlere Rohdichte des Holzbauteils (bzw. der Holzbauteile). Untersuchungen zum Verschiebungsmodul von Verbindungen mit Holzbauschrauben in der Vergangenheit haben jedoch gezeigt, dass Kenngrößen, berechnet nach Gl. (3) und Gl. (4), in vielen Fällen die Prüfergebnisse signifikant überschätzen, vgl. [14] und [15]. Unter anderem um die Vorhersagegenauigkeit beider Verschiebungskenngrößen entscheidend zu verbessern, wurde am Institut für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz zwischen 2017 und 2021 gemeinsam mit den Firmenpartnern Schmid Schrauben Hainfeld GmbH und Wiehag GmbH das FFG BRIDGE 1 Projekt «SCREW_STIFFNESS» durchgeführt, im Rahmen dessen die in Gl (5) und Gl. (6) gezeigten Vorschläge zur Bestimmung von $K_{ser,lat}$ und $K_{ser,ax}$ entstanden:

$$K_{ser,lat} = 60 \cdot (1,1 \cdot d_i)^{1,7}, \text{ und} \tag{5}$$

$$K_{ser,ax,i} = k_{ax} \cdot 160 \cdot \left(\frac{\rho_m}{420}\right)^{0,85} \cdot d^{0,9} \cdot l_{ef}^{0,6}, \text{ und } k_{ax} = \begin{cases} 1,00 & 45° \le \alpha \le 90° \\ 1,3 - \frac{0,3}{45}\alpha & 0° \le \alpha \le 45° \end{cases}, \tag{6}$$

mit d_i als nomineller Gewindeinnendurchmesser der Holzbauschraube. Anmerkung: Gl. (5) ist in [16] für den entsprechenden Zweck enthalten und wurde bereits in [14] zur Bestimmung von $K_{ser,lat}$ von Holzbauschrauben (anstatt Gl. 3) empfohlen. Im Projekt «SCREW_STIFFNESS» wurde dieser Umstand im Rahmen einer Masterarbeit [17] erneut bestätigt. Um die in Gl. (5) und Gl. (6) enthaltenen Ansätze und die Eignung von Gl. (2)

für die Bestimmung der Nachgiebigkeit schubweicher Verbundfugen von BSH-BSP-

Rippenplatten entsprechend zu verifizieren, wurden zum Abschluss des Projektes «SCREW_STIFFNESS» entsprechende Biegeprüfungen dieser Hybridbauteile zur experimentellen Bestimmung von $(EI)_{ef}$ durchgeführt.

Das dabei umgesetzte Prüfprogramm, Material und Methoden sowie die Prüfergebnisse und deren Gegenüberstellung mit den Modellvorhersagen sind nachfolgend in Kapitel 2 zusammengefasst. Den zweiten inhaltlichen Schwerpunkt dieses Beitrages bildet eine in Kapitel 3 vorgestellte Vergleichsstudie betreffend die Effizienz beider genannter Verbundvarianten für baupraktisch übliche Spannweitenverhältnisse von BSH-BSP-Rippenplatten.

2. Prüfungen von verschraubten BSH-BSP-Rippenplatten

2.1. Übersicht des Prüfprogramms

Eine Übersicht des durchgeführten Prüfprogramms zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ verschraubter BSH-BSP-Rippenplatten ist in Tabelle 1 ausgewiesen. Dabei war es das vordergründige Ziel, eine experimentelle Basis zur Verifikation der Gleichungen (2-6) zufolge einer Variation der ausgesuchten Parameter «Schraubentyp», «Schrägstellung» (α & parallele vs. gekreuzte Verschraubung) und «Stückzahl» (Abstand s & Reihenanzahl m), allesamt mit einem erwartet signifikanten Einfluss auf den Verbundfaktor γ, zu schaffen. Aufgrund der zeitlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wurden weitere Parameter wie etwa der Schraubendurchmesser (d = 10 mm), der Achs-Faser-Winkel (α = 45 °) und die in Abschnitt 2.2 beschriebenen Dimensionen sowie mechanischen (Festigkeitsklasse) und physikalischen Eigenschaften (Holzfeuchte) der Holzbauteile konstant gehalten. Zudem wurde eine (Referenz-)Serie mit einer schubstarren Verklebung der BSH-BSP-Rippenplatten ebenfalls untersucht, um das Potential beider eingangs erwähnten Verbundvarianten anhand von Versuchsergebnissen vergleichen zu können. Insgesamt wurden somit 52 Versuche an BSH-BSP-Rippenplatten zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ durchgeführt, wobei 20 Prüfkörper darüber hinausgehend bis zum Bruch beansprucht wurden; siehe Abschnitt 2.3.

Tabelle 1: Übersicht des Prüfprogramms zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ von schubstarr verklebten und nachgiebig verschraubten BSH-BSP-Rippenplatten

Gruppe	Serie	#	Typ	α	s	m	n
		[-]		[°]	[mm]	[-]	[-]
I	SV*	4	-	-	-	-	-
II	TG90-400-01	4	TG**	90	400	1	8
	TG90-400-02	4	TG	90	400	2	16
	TG90-200-02	4	TG	90	200	2	32
III	VG90-400-01	4	VG***	90	400	1	8
	VG90-400-02	4	VG	90	400	2	16
	VG90-200-02	4	VG	90	200	2	32
IV	VG45p-400-01	4	VG	45	400	1	8
	VG45p-400-02	4	VG	45	400	2	16
	VG45p-200-02	4	VG	45	200	2	32
V	VG45x-400-01	4	VG	45	400	1	8
	VG45x-400-02	4	VG	45	400	2	16
	VG45x-200-02	4	VG	45	200	2	32

* SV = schubstarr verklebt; ** Rapid TG 10x340/100 mit Tellerkopf gem. [13];
*** Rapid VG 10x340 mit Zylinderkopf gem. [13]; p = parallele Verschraubung; x = kreuzweise Verschraubung

2.2. Material

Die Geometrie und Bezeichnung der von der Firma Schmid Schrauben Hainfeld GmbH für die Versuche zur Verfügung gestellten Holzbauschrauben gemäß [13] sind in Tabelle 1 ausgewiesen. Die verwendeten 20 Stück BSP-Platten mit einer Standard-Festigkeitsklasse

der Lamellen gem. [7] wiesen dabei Abmessungen von **b x t_{CLT} x L = 800 x 120 x 3600 mm** und einen Aufbau von Längslage|Querlage|Längslage = 40|40|40 mm auf. Die Abmessungen der 20 Stück BSH-Träger mit der Festigkeitsklasse GL24h gem. [18] betrugen **b x h x L = 120 x 240 x 3600 mm**.

2.3. Methodik

In einem ersten Schritt wurden die zur Verfügung stehenden BSP-Platten und BSH-Träger nach dem Zufallsprinzip zu je 4 Stück auf die Gruppen I bis V gem. Tabelle 1 aufgeteilt. Anschließend wurde für die Prüfkörper der Gruppen II bis V wie folgt vorgegangen:

1. zerstörungsfreie Prüfung (im linear-elastischen Bereich der Kraft-Verschiebungs-beziehung) zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls E der Einzelbauteile einer Rippenplatte als Eingangsparameter in Gl. (1),
2. zerstörungsfreie Prüfung zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ für die Rippenplatte ohne Verbund (vor der Verschraubung bzw. Verklebung),
3. Applikation von n = 8 Holzbauschrauben mit s = 400 mm und m =1,
4. zerstörungsfreie Prüfung zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ für diese Rippenplatten-Ausführungsvariante,
5. Erweiterung der Schraubenapplikation auf n = 16 durch Verdoppelung der Schraubenreihe,
6. zerstörungsfreie Prüfung zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ für diese Rippenplatten-Ausführungsvariante,
7. Erweiterung der Schraubenapplikation auf n = 32 durch Halbierung des Schraubenabstandes,
8. Prüfung zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ und F_{max} für diese Rippenplatten-Ausführungs-variante, Beanspruchung bis zum Bruch der Probe.

Für die Prüfkörper der Gruppe I unterschied sich das Vorgehen nur insofern, dass die Proben nach Schritt 2 mittels eines 2-K-MUF verklebt, in der Laborpresse bis zum Aushärten gepresst und anschließend analog zu Schritt 8 zur Bestimmung von $(EI)_{ef}$ und F_{max} bis zum Bruch geprüft wurden. Sämtliche Prüfungen der jeweiligen Schritte erfolgten in Anlehnung an [19] mit der in Abbildung 3 illustrierten 4-Punkt-Biegeprüfkonfiguration (Abmessungen siehe Tabelle 2) an der Universalprüfmaschine Zwick Universal 275 (lignum_uni_275) des Institutes für Holzbau und Holztechnologie der TU Graz. Für die Messung der globalen und lokalen Verformungen sowie des horizontalen Schlupfs in der Verbundfuge kamen je zwei Stück Wegaufnehmer der Fa. HBM zum Einsatz.

Tabelle 2: Abmessungen der Prüfkonfiguration

Bezeichnung	Zeichen	Wert	Anmerkung
	[-]	[mm]	[-]
freie Spannweite	l	3240	
Messlänge E-Modul	l_1	720	$6 \cdot t_{CLT}$
Abstand Auflager zur Lasteinleitung	a_1	1080	l / 3
Abstand der Lasteinleitungspunkte	a_2	1080	l / 3
Nennbreite	b	800 bzw. 120	BSP (& Rippenplatte) bzw. BSH
Nennhöhe	h	360, 120 bzw. 240	Rippenplatte, BSP bzw. BSH
Gesamtlänge	L	3600	
Auflagerbreite	b_a	180 bzw. 100	am Auflager bzw bei der Lasteinleitung

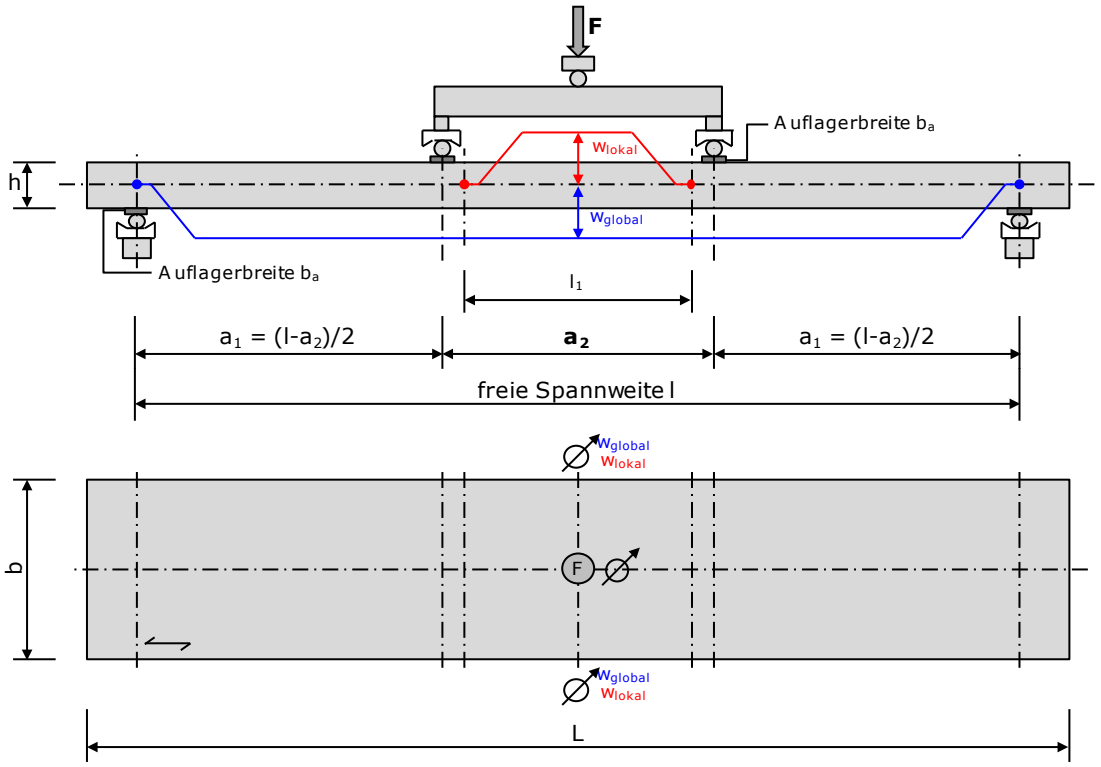


Abbildung 3: Prüfkonfiguration für die BSH-BSP-Rippenplatten und die einzelnen Holzbauteile

Im Anschluss an die Prüfungen wurde die Holzfeuchte gemäß [20] mittels Darrverfahren an Proben, je ein Stück entnommen aus den BSP-Platten und BSH-Trägern pro Rippenplatte bestimmt. Die Rohdichte wurde für alle BSP-Platten und BSH-Träger aus den globalen Abmessungen und der Masse des gesamten Bauteils und zusätzlich aus den entsprechenden Kennwerten der Darrproben ermittelt.

Die Bestimmung der Vorformungskennwerte in Form der Elastizitätsmoduln der Einzelkomponenten sowie der effektiven Biegesteifigkeit der Rippenplatten erfolgte sowohl mit den Ergebnissen der lokalen als auch mit jenen der globalen Wegmessung. Nachdem die in Abschnitt 2.4 diskutierten Prüfergebnisse auf der letztgenannten basieren, ist nur die dafür verwendete Funktion zur Bestimmung von $(EI)_{ef,exp}$ in Gl. (7) explizit angeführt. Betreffend den theoretischen Hintergrund zur Bestimmung des (globalen) Elastizitätsmoduls für die Einzelkomponenten wird auf [21] verwiesen.

$$(EI)_{ef,exp} = \frac{dF}{dw} \cdot \frac{a_1 \cdot l^2}{48} \cdot \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{a_1}{l}\right)^2\right], \text{ mit} \tag{7}$$

dF/dw als mittels Regressionsanalyse bestimmte Steigung der Last-Verschiebungskurve im linear-elastischen Bereich. Die Berechnung des experimentellen Verbundfaktors erfolgte näherungsweise anhand von Gl. (8):

$$\gamma = \frac{(EI)_{ef,exp} - (EI)_{ef,exp,\gamma=0,mean}}{(EI)_{ef,exp,\gamma=1,mean} - (EI)_{ef,exp,\gamma=0,mean}}, \text{ mit} \tag{8}$$

$(EI)_{ef,exp,\gamma=0,mean}$ und $(EI)_{ef,exp,\gamma=1,mean}$ als Mittelwerte der effektiven Biegesteifigkeiten, bestimmt für den losen (Gruppen II-V, Ergebnis von Schritt 2) und schubstarren Verbund (Gruppe I).

2.4. Prüfergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des in Abschnitt 2.1 vorgestellten Prüfprogramms sind in Abbildung 4 in Form der effektiven Biegesteifigkeit $(EI)_{ef,exp}$ und des Verbundfaktors γ in Abhängigkeit der Verschraubungsvariante illustriert. Eine Quantifizierung der wesentlichen, statistischen Lageparameter ist in Tabelle 3 ausgewiesen, während Tabelle 4 die Basisdaten der

Teilkomponenten und die Kennwerte des losen Verbundes beinhaltet. Auf Basis der analogen Verläufe in Abbildung 4 (oben vs. unten), können einige Rückschlüsse hinsichtlich der Effizienz unterschiedlich verschraubter BSH-BSP-Rippenplatten gezogen werden:

Das in Abschnitt 1 erwähnte, maximale mechanische Potential einer Rippenplatte durch schubstarre Verklebung wird hier bestätigt, $(EI)_{ef}$ resultiert signifikant höher als bei sämtlichen schubweich verschraubten Varianten. Wie in Tabelle 3 zahlenmäßig angeführt, erreichen die Verschraubungsvarianten mit α = 90 ° unabhängig des Schraubentyps und der –anzahl kaum höhere Werte für $(EI)_{ef}$ bzw. γ als die Variante mit dem losen Verbund (vgl. Tabelle 4). Darauf basierend sind Verschraubungen normal zur Verbundfuge als statisch unwirksam einzustufen. Wie bereits in Abbildung 2 anhand des theoretischen Anstiegs der Fugensteifigkeit mit kleiner werdendem Winkel α veranschaulicht, führt eine Schrägstellung der Schrauben zu einem signifikantem Anstieg beider Kenngrößen $(EI)_{ef}$ und γ, wobei im maximalen Fall rund 75 % der Biegesteifigkeit des starren Verbundes abgerufen wird. Unerwartet sind tendenziell höhere Ergebnisse der Variante mit gekreuzter Verschraubung (keine Reibung abrufbar, μ = 0 in Gl. 2; vgl. Abbildung 2) gegenüber jener mit paralleler 45 °-Verschraubung zu beobachten. Eine entsprechende Verifizierung mit einer größeren Stichprobe erscheint hier durchaus sinnvoll. Ungeachtet der Verschraubungsvariante ist für den hier vorgestellten Untersuchungsbereich ein positiver, näherungsweise linearer Trend von $(EI)_{ef}$ und γ bei einer Erhöhung der Schraubenanzahl (unabhängig ob > m oder < s) festzustellen.

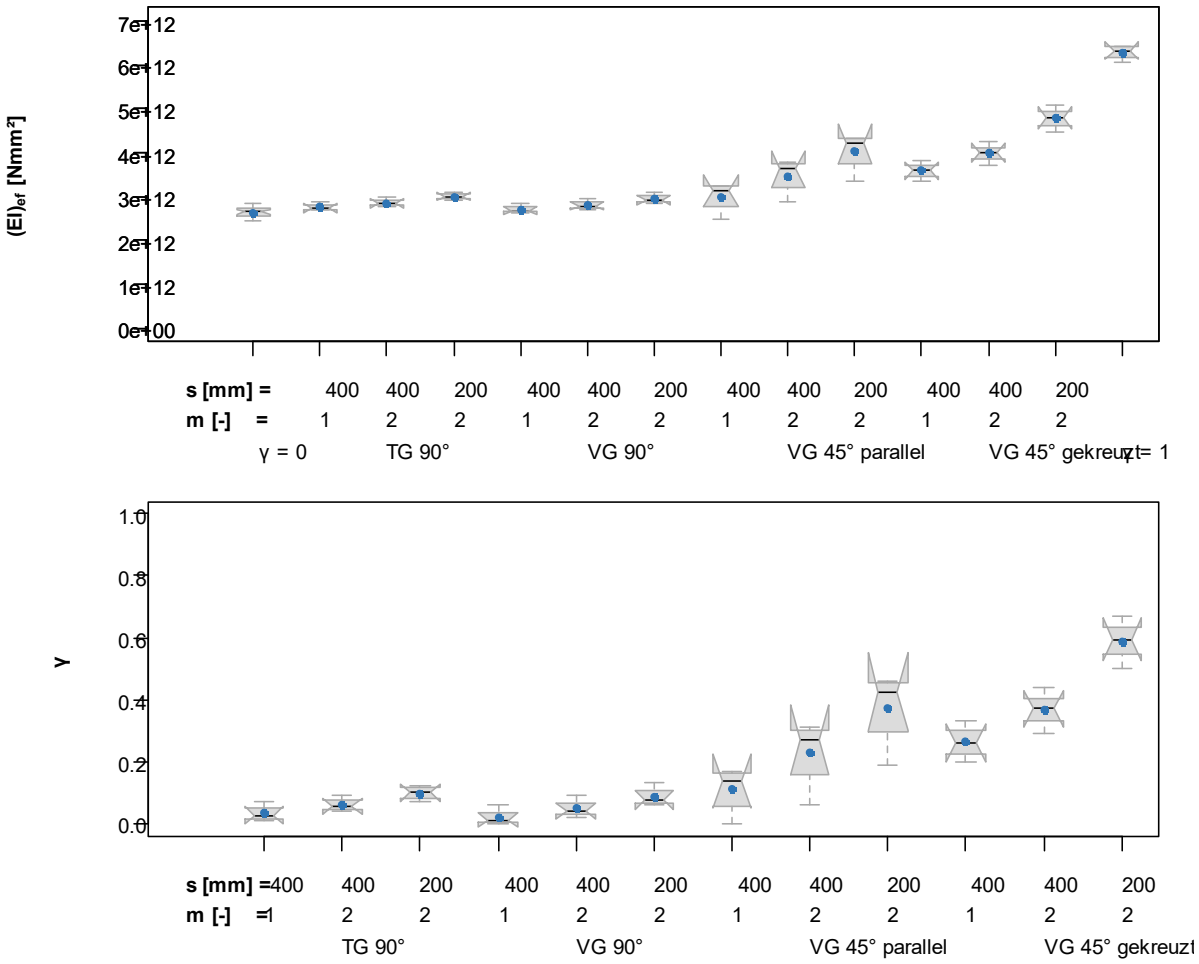


Abbildung 4: Prüfergebnisse in Abhängigkeit der Verschraubungsvariante;
oben: effektive Biegesteifigkeit $(EI)_{ef}$, unten: Verbundfaktor γ

Tabelle 3: statistische Lageparameter der effektiven Biegesteifigkeit und des Verbundfaktors für die Gruppen I bis V

Gruppe	Serie	$(EI)_{ef}$			γ		
		#	MW	CV	#	MW	CV
		[-]	[10^12 Nmm²]	[%]	[-]	[-]	[%]
I	SV*	4	6,29	2,59	4	1,000	0,00
II	TG90-400-01	4	2,76	3,26	4	0,032	75,9
	TG90-400-02	4	2,87	2,91	4	0,061	37,8
	TG90-200-02	4	3,01	2,71	4	0,100	22,4
III	VG90-400-01	4	2,72	3,69	3	0,027	101,9
	VG90-400-02	4	2,81	3,66	4	0,046	61,2
	VG90-200-02	4	2,95	3,78	4	0,085	36,1
IV	VG45p-400-01	4	3,00	12,0	4	0,109	70,4
	VG45p-400-02	4	3,48	11,8	4	0,229	49,0
	VG45p-200-02	4	4,03	11,5	4	0,379	33,4
V	VG45x-400-01	4	3,60	5,37	4	0,261	20,3
	VG45x-400-02	4	3,99	5,55	4	0,368	16,5
	VG45x-200-02	4	4,79	5,14	4	0,589	11,5

Tabelle 4: statistische Lageparameter der Rohdichte, Holzfeuchte und E-Modul der Teilkomponenten und effektiven Biegesteifigkeit des losen Verbundes

	BSP-Platte			BSH-Träger			loser Verbund
	ρ_{12}	u	E	ρ_{12}	u	E	$(EI)_{ef,\gamma=0}$
	[kg/m³]	[%]	[N/mm²]	[kg/m³]	[%]	[N/mm²]	[Nmm²]
Anzahl [-]	20	20	20	20	20	20	20
Mittelwert	456	10,4	12.329	447	12,5	11.778	2,65·10^12
CV[%]	1,65	6,15	6,39	3,77	3,10	7,70	4,25

2.5. Modellvergleich

In Abbildung 5 sind die experimentell bestimmten, effektiven Biegesteifigkeiten sämtlicher Verschraubungsvarianten den mit Gl (1) und (2) bestimmten Vorhersagen gegenübergestellt, wobei die Berechnung von $K_{ser,ax}$ und $K_{ser,lat}$ einmal mittels Gl. (3) und (4) (Abbildung 5, links) und einmal mittels Gl. (5) und (6) (Abbildung 5, rechts) erfolgte. Grundsätzlich ist festzustellen, dass beide Modellvarianten zu einer für die Vorhersage von Steifigkeitskenngrößen vergleichsweise hohen Übereinstimmung zwischen Versuch und Rechenmodell führen. Ungeachtet dessen wird die in der Vergangenheit bereits beobachtete Tendenz der gegenwärtig verwendeten $K_{ser,ax}$- und $K_{ser,lat}$-Modelle zur progressiven Überschätzung des realen Verhaltens erneut bestätigt. Für die beiden neu zur Diskussion gestellten Ansätze in Gl. (5) und (6) hingegen, ist mit Ausnahme eines Prüfkörpers der Serie VG45p (welcher in seinen drei Verschraubungsvarianten zu den drei deutlicher abweichenden Prüfergebnissen führt) eine maßgeblich verbesserte Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen zu beobachten.

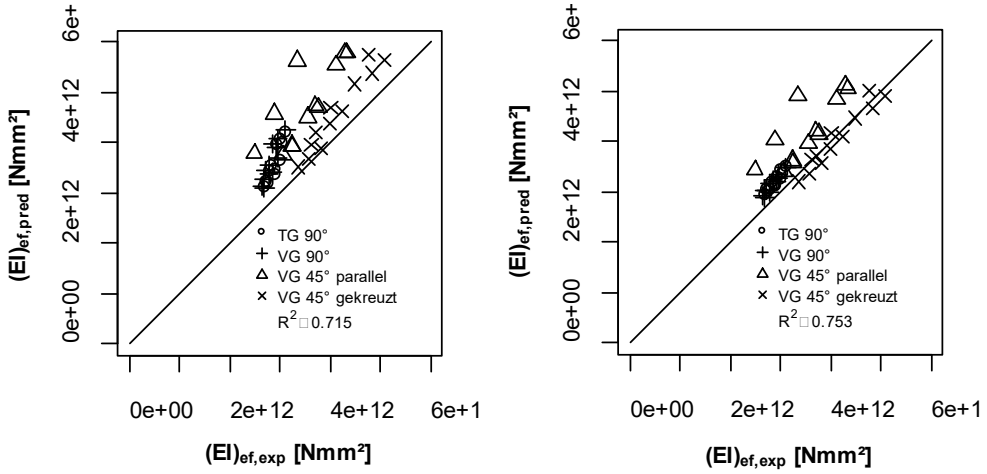


Abbildung 5: Prüfergebnisse vs. Modellvorhersagen der effektiven Biegesteifigkeit $(EI)_{ef}$; links: $K_{ser,ax}$ und $K_{ser,lat}$ gem. Gl. (3) und (4), rechts: $K_{ser,ax}$ und $K_{ser,lat}$ gem. Gl. (5) und (6)

3. Vergleichsstudie unterschiedlicher Verbundvarianten

Auf Basis der in Abschnitt 1 vorgestellten Ansätze (Gl. 2 bzw. Gl. 5 und 6) wurde in einem weiteren Schritt eine Vergleichsstudie durchgeführt, mit dem Ziel einer Gegenüberstellung der Effizienz der diskutierten Verbundvarianten unter baupraktisch üblichen Bedingungen.

Neben jener der drei auch experimentell untersuchten Verbundvarianten (schubstarr verklebt, schubweich verschraubt mit α = {45, 90}°, loser Verbund) erfolgte dabei eine Variation der Spannweite der Einfeldträger-Deckensysteme im praxisrelevanten Einsatzbereich → l = {6, 8, 10, 12} m. Für alle Varianten konstant gehalten wurden neben der verwendeten Schraube (Rapid VG 10x350/338) die Querschnittshöhe der BSP-Platten und die Querschnittsbreite der BSH-Rippen (analog zu Abschnitt 2.2: t_{CLT} = 120 mm mit 40|40|40 mm Aufbau; b_{BSH} = 120 mm) sowie deren Materialkenngrößen (BSP gem. [7], BSH Gl24h gem. [18]). Die Ausprägung der Querschnittshöhe h_{BSH} der BSH-Rippen sowie die Querschnittsbreite b der BSP-Platten (= Rippenabstand e) wurde nach dem folgenden Schema gestaltet:

- Bestimmung von h_{BSH} in Abhängigkeit von l für die schubstarr verklebte Verbundvariante und einen Rippenabstand e = 800 mm,
- 1. Variation: sukzessive Erhöhung von h_{BSH} (in 40 mm Schritten) als gesuchte Kenngröße der verbleibenden Verbundvarianten bei Beibehaltung von e = 800 mm, um die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gem. [8] zu erfüllen,
- 2. Variation: ident wie 1. Variation, nur wurde hier sukzessive e verringert, während h_{BSH} beibehalten wurde.

Das Ziel der beiden Variationen war es, einerseits mit der Erhöhung von h_{BSH} den minimal zusätzlichen Materialaufwand und andererseits die Auswirkungen auf den Rippenabstand e zufolge eines nachgiebigen Verbundes zu bestimmen.

Für die 1. Variation wurde dabei zusätzlich noch der Abstand der Verschraubung (m = 1) in Form von s = {50, 200} mm variiert, während für die 2. Variation s = 200 mm betrug. Anmerkungen: s = 50 mm entspricht dem Mindestabstand a_1 der Schrauben untereinander in einer Ebene parallel zur Faserrichtung gem. [13] und somit der maximal möglichen, einreihigen Schraubenbestückung der Verbundfuge. Dagegen entspricht s = 200 mm dem Maximalabstand der Schrauben (Rapid Komprex S25 10x340/120) gem. [22], Anhang L für die Herstellung der schubstarren Verbundvariante mittels Schraubpressverklebung, wodurch dieselbe notwendige Stückzahl an Holzbauschrauben für alle Verbundvarianten (ausgenommen loser Verbund) resultiert.

Bezüglich der baustatischen Berechnung und Nachweisführung wurden ein schwerer Fußbodenaufbau (u.a. 6 cm schwimmender Zementestrich mit E = 26.000 N/mm², $g_{k,1}$ = 2,00 kN/m²) sowie eine Bürodecke der Kategorie B.2 gem. [23] (q_k = 3,8 kN/m², Trennwandzuschlag inkludiert) mit hohen Schwingungsanforderungen (Klasse 1) angenommen. Die Deckenbreite betrug dabei stets 2 · l und das Dämpfungsmaß wurde mit 3 % angesetzt. Anmerkung: das Schwingungsnachweisverfahren gem. [22] war in sämtlichen Fällen bemessungsrelevant.

Die Ergebnisse dieser Vergleichsstudie sind folglich in Abbildung 6 bis Abbildung 8 in Form von Balkendiagrammen betreffend BSH-Querschnittshöhe und Rippenabstand und getrennt nach Schraubenabstand illustriert. Wie erwartet ist eine geringfügige bis deutliche Zunahme von h_{BSH} (bei gleichbleibendem e) bzw. eine signifikante Reduktion von e (bei gleichbleibendem h_{BSH}) zufolge einer Abnahme des Verbundfaktors γ ($\gamma_{schubstarr} = 1 > \gamma_{\alpha=45°} > \gamma_{\alpha=90°} > \gamma_{loserVerbund} = 0$) zu beobachten. Dieses Verhalten wird mit zunehmender Spannweite l sukzessive abgeschwächt, sodass die geringsten Unterschiede bei l = 12 m festzustellen sind. Bezogen auf einen (wirtschaftlichen) Schraubenabstand von s = 200 mm, führt dies für Rippenplattensysteme mit einer freien Wahl der Systemhöhe zu einer 1,1- bis 1,6-fachen Zunahme des Holzvolumens (= Zunahme von h_{BSH}) und bei solchen

mit einer eingeschränkten Systemhöhe zu einer 1,3- bis 3,2-fachen Zunahme des Holzvolumens und der Schraubenanzahl.

Eine signifikante Reduktion des Schraubenabstandes auf s = 50 mm hat nur für die Verschraubung mit α = 45 ° einen relevanten, positiven Einfluss. Für die untersuchten Spannweiten mit l ≠ 6 m lassen sich mit dieser Maximalbestückung mehr oder minder dieselben Holzdimensionen wie beim schubstarren Verbund realisieren.

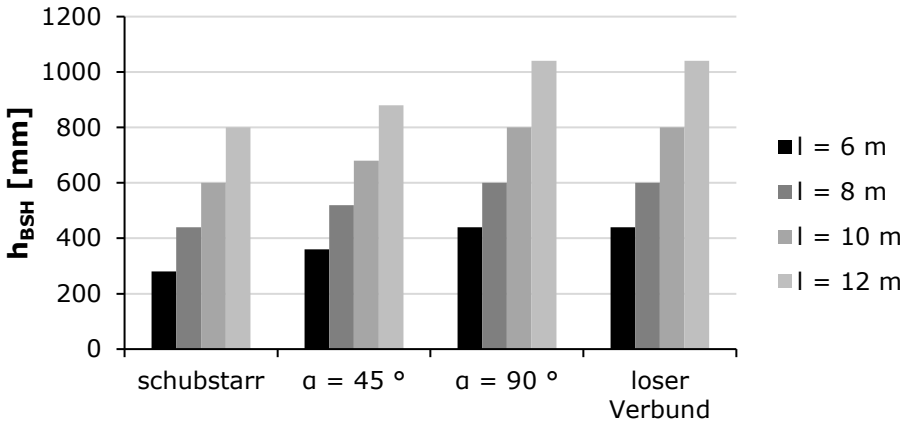


Abbildung 6: erforderliche BSH-Querschnittshöhe h_{BSH} in Abhängigkeit der Verbundvariante und der Spannweite für s = 200 mm

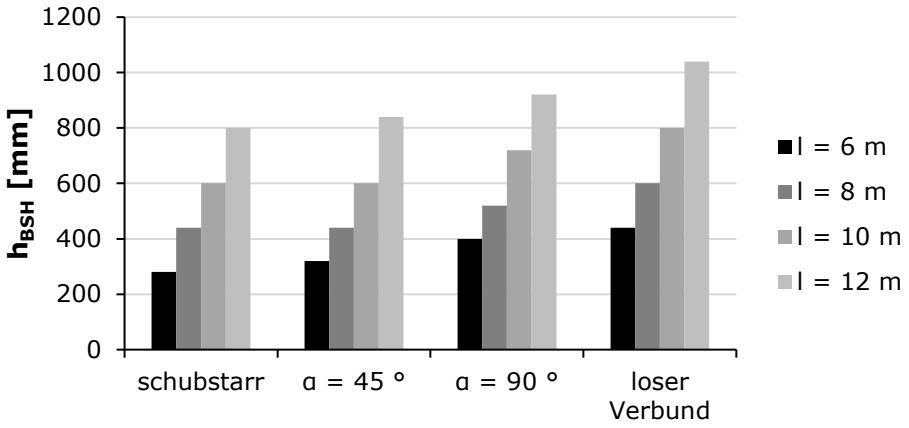


Abbildung 7: erforderliche BSH-Querschnittshöhe h_{BSH} in Abhängigkeit der Verbundvariante und der Spannweite für s = 50 mm

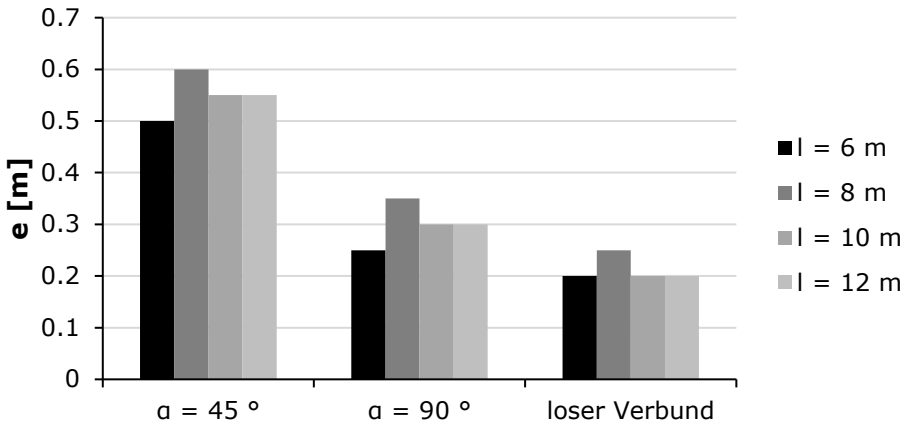


Abbildung 8: erforderlicher Rippenabstand e in Abhängigkeit der Verbundvariante und der Spannweite für ein konstantes h_{BSH} und s = 200 mm

4. Zusammenfassung

Rippendecken, bestehend aus Brettsperrholz-Platten und Brettschichtholz-Trägern sind mittlerweile ein vielfach erprobtes System zur Überspannung von für reine Brettsperrholz-Deckenplatten unwirtschaftlich großen Raumtiefen. Neben dem schubstarr verklebten Verbund zwischen Brettsperrholz und Brettschichtholz – großteils mittels Schraubpressverklebung realisiert und mit erhöhten Anforderungen hinsichtlich Qualifikation sowie interner und externer Produktionskontrolle verbunden – stellen schubweich verschraubte Systeme eine weniger komplexe jedoch auch mechanisch weniger leistungsfähige Alternative dar.

Bei der letztgenannten Verbundvariante übt die Schraubkonfiguration (Nenndurchmesser, Anzahl, Einschraubwinkel, Schraubentyp, etc.) einen signifikanten Einfluss auf die mechanische Leistungsfähigkeit aus. Nachdem sich die gegenwärtig am häufigsten verwendeten Rechenmodelle zur Bestimmung der lateralen ($K_{ser,lat}$) und axialen Steifigkeit ($K_{ser,ax}$) (als für die Verbundkenngrößen wesentliche Eingangskenngrößen) in der Vergangenheit als zu progressiv erwiesen haben, war es ein Ziel des Projektes «SCREW_STIFFNESS», neue Ansätze für deren Bestimmung auszuarbeiten. Im Rahmen des vorliegenden Beitrages wird die entsprechende, experimentelle Verifizierung dieser Modelle anhand von 4-Punkt-Biegeprüfungen schubweich mittels RAPID-Schrauben der Fa. Schmid Schrauben Hainfeld GmbH verschraubter und schubstarr verklebter BSH-BSP-Rippenplatten vorgestellt. Als wesentliche Ergebnisse sind eine weitgehende Bestätigung der theoretischen Modellannahmen (nachgiebiger Verbund gem. [8], Bestimmung von K_{ser} gem. Gl. 2) sowie eine verbesserte Übereinstimmung der Prüfergebnisse mit den neuen Rechenmodellen (Gl. 5 und 6) im Vergleich zum bisherigen Stand des Wissens zu nennen.

Die Ergebnisse einer auf diesen Erkenntnissen basierenden Vergleichsstudie der Leistungsfähigkeit der unterschiedlichen Verbundvarianten zeigen das größere mechanische Potential des schubstarren Verbundes in Form eines teilw. signifikant geringeren Materialbedarfs deutlich auf. Speziell im Fall einer frei wählbaren Systemhöhe der BSH-BSP-Rippenplatte ist insbesondere bei größeren Spannweiten eine Annäherung der Leistungsfähigkeit mittels (45 °) geneigter Applikation von Vollgewindeschrauben bei ähnlichem Holzvolumen und Schraubenstückzahl jedoch durchaus möglich. Eine 90 °-Verschraubung übt hingegen keinen nennenswert positiven Einfluss auf die Verbundwirkung aus.

5. Danksagung

Die Grundlage für den vorliegenden Beitrag wurden primär im Rahmen des Forschungsprojektes FFG BRIDGE 1 «SCREW_STIFFNESS» (No. 861554) erarbeitet. Das Projekt erhielt öffentliche Fördermittel von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG). Diese sowie jene Unterstützung durch die Wirtschaftspartner, Schmid Schrauben Hainfeld GmbH und Wiehag GmbH werden dankend erwähnt.

6. Quellenverzeichnis

[1] Brandner, R.; Flatscher, G.; Ringhofer, A.; Schickhofer, G.; Thiel, A. (2016) Cross laminated timber (CLT): overview and development. Eur. J. Wood. Prod., doi: 10.1007/s00107-015-0999-5.

[2] Ringhofer, A.; Schickhofer, G. (2013) Timber-in-Town – current examples for residential buildings in CLT and tasks for the future. In: Focus Solid Timber Solutions – European Conference on Cross Laminated Timber (CLT), Graz, Austria, p. 196-217.

[3] Zimmer, S. (2015) focus_sts 1.1.2_3 – Teilbericht aus Deckensysteme | Untersuchungen zu Rippenquerschnitten aus BSP und BSH mit verstärkten Ausklinkungen. Forschungsbericht, holz.bau forschungs gmbh, Graz, Austria.

[4] Augustin, M.; Zimmer, S. (2016) Untersuchung und Nachweisführung auflagernah ausgeklinkter BSH/BSP-Plattenbalkenquerschnitte. In: 2. Klagenfurter Holzbau-Fachtagung (2. KlaHFT'16): Versorgen und Umhüllen im Holzbau - Schnittstellen des Holzbaus zur Gebäude- und Fassadentechnik. Verlag der Technischen Universität Graz, Austria, p. 1-36.

[5] Schickhofer, G. (2015) CLT—European experience: idea & development, technology & applications. In: Presentation, CLT Seminar, Kochi, Japan, 5th February 2015.

[6] MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH (2021) Handbuch – XlamConcrete – das Holz-Beton-Verbundelement. Produktunterlagen, Wöllersdorf, Austria.

[7] ETA-14/0349 (2020) Stora Enso Wood Products OY Ltd: CLT – Cross Laminated Timber, European Technical Assessment, OIB.

[8] EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 + A2:2014 (2014): Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. CEN.

[9] Küng, R. (1987) Verbunddecke Holz-Leichtbeton – Theoretische und experimentelle Untersuchung der Verbundkonstruktion aus Holz und Leichtbeton mit Holzschrauben als Verbundmittel. Forschungsbericht, Technische Universität Graz, Graz, Austria.

[10] Meierhofer, A. U. (1993) Tests on timber concrete composite structural elements (TCCS). In: Proceedings of the 26th CIB W18 Meeting, Athens, Georgia (USA). Paper CIB-W18/26-7-5.

[11] Ringhofer, A. (2017): Axially Loaded Self-Tapping Screws in Solid Timber and Laminated Timber Products. In: Schickhofer, G; Brandner, R (eds.) Timber Engineering & Technology, TET 5, Verlag der Technischen Universität Graz, Graz, Austria.

[12] Tomasi, R.; Crosatti, A.; Piazza, M. (2010) Theoretical and experimental analysis of timber-to-timber joints connected with inclined screws. Construction and Building Materials 24(2010), p. 1560-1571.

[13] ETA-12/0373 (2020) Schmid Schrauben Hainfeld GmbH: Schmid screws RAPID, STAR-DRIVE and SP, European Technical Assessment, OIB.

[14] Laggner, T. M. (2016) Prüftechnische Untersuchung kombiniert beanspruchter selbstbohrender Holzschrauben. Masterarbeit, Technische Universität Graz, Graz, Austria.

[15] Ringhofer, A. (2016) Stiffness Properties of Axially Loaded Self-Tapping Screws. Short Term Scientific Mission (STSM) Report of COST Action FP1402, Institut für Holzbau und Holztechnologie, Technische Universität Graz, Graz, Austria.

[16] SIA 265 (2012) Holzbau.

[17] Burtscher, M (2021) Experimentelle Untersuchung des Tragverhaltens mehrachsig beanspruchter Holzschrauben. Masterarbeit, Technische Universität Graz, Graz, Austria.

[18] ÖNORM EN 14080 (2013) Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen.

[19] ÖNORM EN 408 (2012) Holzbauwerke- Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz- Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften.

[20] ÖNORM EN 13183-1 (2004) Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren (EN 13183-1:2002 + AC:2003).

[21] Schickhofer G, Bogensperger T, Moosbrugger T (eds., 2010) BSPhandbuch: Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz—Nachweise auf Basis des neuen europäischen Normenkonzepts. Verlag der Technischen Universität Graz, Graz, Austria.

[22] ÖNORM B 1995-1-1 (2019) Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau. Konsolidierte Version mit nationalen Festlegungen, nationalen Erläuterungen und nationalen Ergänzungen zur Umsetzung der ÖNORM EN 1995-1-1.

[23] ÖNORM B 1991-1-1 (2017) Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen - Wichten, Eigengewicht, Nutzlasten im Hochbau Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-1-1 und nationale Ergänzungen.

Terminus – Timber Office Building with an innovative Seismic Force Resisting System

Bernhard Gafner

Brendan Fitzgerald
Ilana Danzig
Jardine Ross
Mehrdad Jahangiri

ASPECT Structural Engineers
Vancouver, Kanada / Bern, Schweiz

Terminus – Timber Office Building with an innovative Seismic Force Resisting System

1. Team-Work and Innovative Solutions in Solving a Mass Timber Challenge

In the Spring of 2020 around the time the scale and severity of the Covid Pandemic was being realized worldwide, ASPECT Structural Engineers (ASPECT) of Vancouver, Canada was busy coordinating the final details for an exciting and challenging new mass timber building. Aptly named Terminus, this was one of the last projects that ASPECT would provide structural engineering services for in the pre-Pandemic landscape. Now complete, Terminus is a 5-storey commercial building featuring a novel steel buckling-restrained brace lateral system framed within its mass timber superstructure. This marriage of two complex systems required the design, installation, and fabrication of many difficult details. Despite these and other hurdles faced by the project, the design team comprising ASPECT (structural engineer), Jack James (Architect), DB Services (DBS) of Victoria, BC (developer, building designer, and general contractor), Structurlam Mass Timber Corporation (mass timber supplier/fabricator and 3D modeler), and CoreBrace (steel brace designer and supplier) proved well prepared to ensure a smooth delivery. Employing a combination of close collaboration, precise modelling, and multiple rounds of thorough review, Terminus was constructed by the Spring of 2021 on time and well within budget.

Figure 1: District 56, Terminus

2. Motivation

Located in the City of Langford, BC at the Southern tip of Vancouver Island, Terminus is situated in one of the most seismically demanding regions in North America. According to the Structural Engineers Association of British Columbia, the West Coast of Canada is one of the few areas in the world where all three major categories of tectonic plate boundaries are present: convergent, divergent, and transform. Movements between the Juan De Fuca, North American, and Pacific Plates along these boundaries have resulted in more than 100 recorded earthquakes of magnitude 5 or greater in this region over the past 70 years, many of which have occurred near Vancouver Island [1]. The seismicity of the region was the primary issue facing the project team leading into Terminus' design phase. Aggravated further by a very wet Pacific Northwest climate and a construction industry that is still rather new to mass timber, the decision to proceed with a mass timber superstructure and novel lateral system required some compelling motivations to justify.

First, it was DBS' intent from the outset to establish themselves as leaders and innovators in the mass timber industry with this project. Having already gotten their feet wet with mass timber in a handful of hybrid light-wood frame and mass timber projects, and realizing the benefits of mass timber construction, DBS was ready to make a splash with Terminus, especially given the prominent location in downtown Langford. Given that they intended to occupy the top floor of the building and additionally motivated by a desire to provide future tenants with a beautiful and resilient building, they conveyed a willingness early in the project to explore various state-of-the-art options for the building's lateral force resisting system. Effectively, it was DBS' expectation that the design of this building's structural systems was not going to be conventional, and that it would celebrate timber as a structural and architectural feature.

Although the additional upfront effort and coordination required to design a building of this nature was clearly going to cost more than a conventional build, the potential savings during the construction process provided more than enough justification for DBS to pursue a mass timber assembly. Prefabricated CLT panels and pre-installed hardware for both gravity and lateral connections would facilitate a predictable, efficient, and quick erection process requiring much less construction coordination, a smaller erection team, smaller equipment, and lighter requirements (timber projects require comparatively smaller cranes). All these aspects of the mass timber installation process presented significant cost benefits to DBS on previous residential projects, and it was their expectation that they would be able to reap the same benefits on this project, despite the complex nature of certain facets of its design.

Lastly, one of the additional motivating factors that drove the decision to incorporate a mass timber superstructure was the environmental benefits of this type of construction. By replacing what would otherwise be a structure comprised entirely of concrete, Terminus' hybrid design offered potential savings in embodied carbon. To assess this impact, ASPECT performed an embodied carbon calculation using a tool developed specifically for Canadian design and materials (based on the IStructE Guide - How to Calculate Embodied Carbon) [2]. The total embodied carbon of the structure amounted to approximately 2,149 tCO2e for Modules A1-5. A GWP rate of 232 kgCO2e/m^2 was calculated using the GIFA of the building (total internal floor area including basement). If the area of covered parking under the transfer slab was also included, this rate would be 220 kgCO2e/m^2. The calculation included all structural elements but excluded interior partitions and building envelope (such as façade, insulation, glazing etc.). The values were calculated using EPDs for materials in Canada so may not be directly comparable to buildings in other countries.

Table 1: Terminus: Embodied Carbon Calculation Breakdown

Element	A1-A3	A4	A5	A1-A5		
				$kgCO_2e$	$[kgCO_2e/m^2]$*	$[kgCO_2e/m^2]$**
Foundations	272,233	3,654	9,505	285,392	31	29
Basement	699,242	7,629	22,637	729,508	79	75
Ground floor slab	281,651	3,052	9,055	293,758	32	30
Glulam frame	54,891	8,786	1,807	65,483	7	7
CLT slabs	147,045	22,244	4,710	173,998	19	18
Floor build-up (Screed)	55,727	935	2,433	59,096	6	6
First floor transfer system	503,858	5,460	16,200	525,517	57	54
Stability system	14,565	272	604	15,441	2	2
Other structure	437	35	12	485	0.05	0
TOTAL				**2,148,678**	**232**	**220**

* Rate based on GIFA only

** Rate based on GFIA + Covered Parking

Based on the SCORS rating outlined by IStructE [3] and Leti [4], the rate was higher than one would hope for a mass timber building. Key design requirements such as large unobstructed floor plates for commercial tenants and extensive underground parking meant that a large volume of concrete was required, contributing significantly to the building's total embodied carbon (*Table 1*). Nonetheless, ASPECT's calculations concluded that the mass timber system above podium level offered roughly 60% saving in carbon compared to an equivalent concrete system above podium (concrete shear walls, columns and flat slab were schematically designed for a direct comparison model). However, with the vast majority of embodied carbon coming from the podium and structure below, using mass timber translated to a net 14% reduction when comparing the hybrid scheme against the full concrete scheme.
This still represented a saving of around 300 tCO_2e (equivalent to 65 cars [US] off the road for 1 year) [5] and provided additional motivation for DBS to proceed with a design featuring a mass timber superstructure.

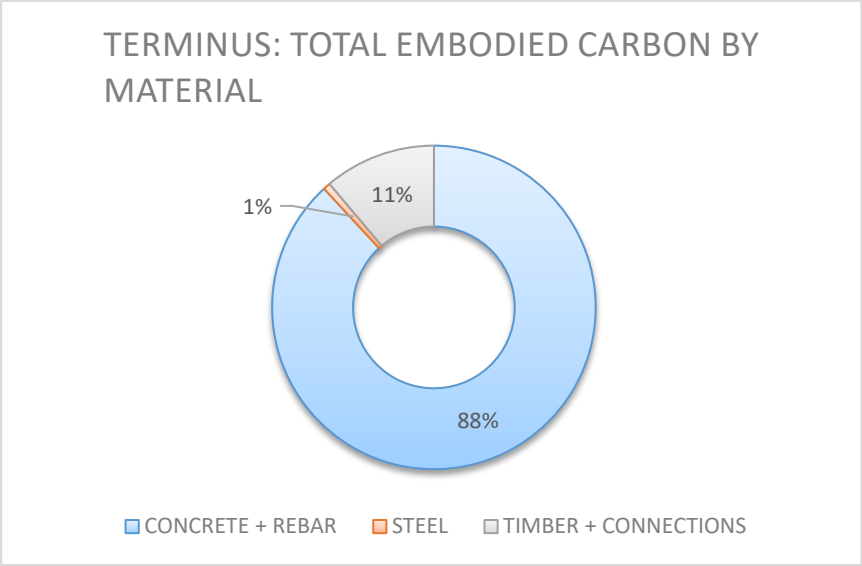


Figure 2: Terminus: Total Embodied Carbon by Material

3. Design & Detailing

DBS engaged two additional parties to support the design of Terminus' hybrid mass timber/steel assembly. Structurlam Mass Timber Corporation (based in British Columbia) was brought on to 3D model and fabricate the mass timber and CoreBrace (based in Utah) was brought on to supply and design the steel buckling restrained braces. To successfully coordinate the design of the building's different systems and materials (steel, timber, concrete), ASPECT facilitated frequent coordination meetings with all project team members.

3.1. Gravity Load Resisting System

Terminus' gravity system is composed of glulam columns and beams, complete with one-way spanning CLT floor and roof panels. Working closely with DBS, ASPECT sized all gravity members and detailed all gravity connections ensuring that they would satisfy the building's loads, fire rating, and further, that all components of the gravity system would be easily installed during construction. The West Coast of Canada is notoriously rainy during much of the year, so it was expected from the start of the project that at least a portion of the timber erection process would occur in wet conditions. As such, frequent discussions were held between ASPECT and DBS during the design process on the topic of constructability, namely focused on detailing the building to expedite the installation process as much as possible. Accordingly, all gravity connections were designed with shop installed components that would permit the timber elements to slip into place onsite; these connections were accomplished with slip fit concealed beam hangers and column splice details that could be quickly installed with a few site-installed pins.

Terminus' gravity system components and connections were designed with a 1-hour fire rating. All glulam and CLT members were sized with additional charring layers on exposed faces using specified charring rates in accordance with the British Columbia Building Code [6]. Aspect coordinated closely with Structurlam to ensure that all steel gravity connections remained concealed with appropriate cover (typically 45mm from exposed glulam faces, based on a codified charring rate of between 0.7mm and 0.8mm/minute [7], including a zero-strength layer) to ensure adequate fire protection.

Unlike other many other jurisdictions around the world (including Europe and the U.S.), building codes in Canada do not stipulate any specific requirements for robustness design. The British Columbia Building Code [6] includes a clause stating that gravity systems be designed with inherent robustness but does not include design provisions. Due to the inherent structural continuity provided by the building's lateral system (drag straps and splines across the entire diaphragm), and because close attention was paid by the project team in designing the seismic and gravity connections (with continuity in mind), Aspect was able to positively conclude that the structure would be sufficiently robust.

3.2. Lateral Load Resisting System

Figure 3: Terminus Brace Frame

Terminus' lateral system features several sets of chevron-oriented steel buckling-restrained braces framed within glulam columns and beams at each level. Each brace features a ductile steel plate core enclosed within an outer steel casing, a grout fill, and a proprietary debonding interface material. The ends of the ductile steel plate core are connected to steel lug plates extending out beyond the ends of the outer casing, complete with bolt holes for connecting to the knife plates withing the timber superstructure. As shown on the detail below (*figure 4*), Terminus' typical brace-column connection consists of double 25mm thick steel knife plates fastened to the glulam columns with several rows of 16mm diameter stainless steel tight fit pins. The knife plates project inwards from the columns to receive the end of the braces, which connect to the lug plates with 28mm diameter F3125 heavy hex head steel bolts. The typical connection at the top of the brace consists of a 25mm diameter steel v-shaped knife plate, which extends up through a slot in the glulam beam to the floor above. Atop the beam, the knife plate connects to a steel drag strut tie consisting of two angles fastened to the top of CLT floor/roof plate running between the adjacent columns. Because each of Terminus' storeys features a raised floor system, this drag strut tie is effectively hidden from sight at each level. With this tie in-place, the glulam beam does not need to be used as a frame member, which drastically reduces the complexity of the beam/column connections required for this system.

Due to the complexity and tight tolerances involved with the brace connections, ASPECT worked closely with CoreBrace and Structurlam during the design phase to ensure that all components would fit together seamlessly during installation. Following the preliminary design of the lateral system, ASPECT worked with CoreBrace to design and test the steel brace members. To meet the requirements of the Canadian code and standards [8], CoreBrace performed inhouse testing of the selected braces to verify the brace mechanical properties. At the same time, ASPECT collaborated with Structurlam to design and detail the typical connections between the steel elements of the lateral system and the mass timber frame members.

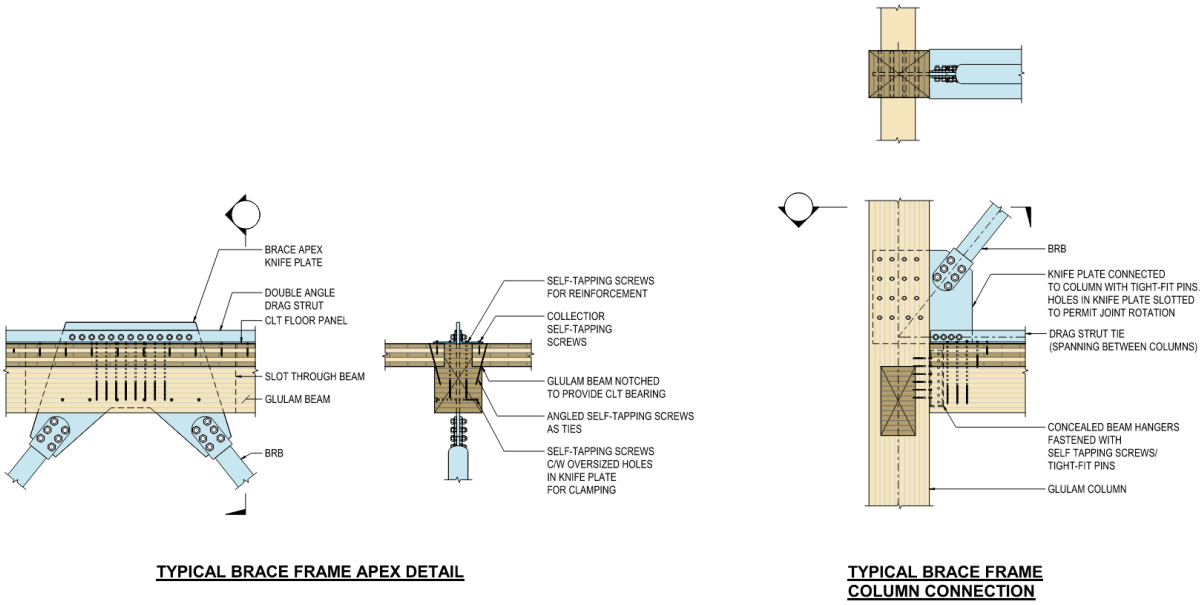


Figure 4: Terminus Brace Frame Connection Details

3.2.1. Lateral System Design Challenges and Solutions

Terminus' lateral system is the first example in North America of steel buckling-restrained braces integrated within a timber frame. Consequently, there were various unforeseen detailing challenges faced by the project team during the design process that had to be resolved quickly and without any precedents to lean on.

Brace Apex Connection: The chevron orientation of the braces, while architecturally appealing resulted in rather short braces. A shorter brace allows less yield length for the BRB core, which results in higher brace strains and overstrength connection forces much higher than could otherwise be achieved with a longer brace. Whereas the beams at the top of the brace frames were originally positioned directly below the CLT floor panels at each level, the project team devised a solution to slightly increase the length of the braces by shifting the beams upwards to be top flush with the top of the CLT. The additional brace length facilitated a higher level of ductility in the braces and helped reduce the amount of steel required for the apex connection. Conventional chevron brace frames typically require rather large beams to resolve the net vertical component arising from one brace buckling in compression and the other yielding in tension. BRB's allow designers to largely circumvent this design challenge, because the compression capacity and the tension capacity are much closer. In this case, the glulam beam was easily designed to resist the comparatively smaller vertical reaction at the brace apex.

Deformation Compatibility: All timber connections within the brace frames were designed to the probable capacities of the braces, as required by CSA S16-14: Design of Steel Structures [8]. Deformation compatibility principles were important to ensure the connections between timber elements did not attract moment during the building's drift and therefore joint rotation was not restrained. To ensure that the connections at either ends of the braces (at the columns and at the brace apex) would achieve this deformation compatibility, the steel knife plates were fabricated with slotted holes to allow some rotation.

Fastener type: Early in the design of the buckling restrained braces, the project team collaborated to determine what type of fastener would be employed in connecting the braces and the glulam frame members. This decision required a lot of coordination and careful analysis, as the frame members and their connections needed to be designed to resist relatively high forces (for example, the brace frame columns on the 1st floor needed to be designed to resist 3280kN compression and the connections between these columns and the base plates needed to be designed for 1565kN uplift). After some deliberation, the team settled on knife plate connections either involving tight fit pins or self- tapping screws. Further research and coordination led to the decision to proceed with tight fit pins, as it was determined that the pins, if detailed correctly, could provide additional ductility to the system, and could be pre-installed in Structurlam's shop. Additionally, it was decided that providing ductility in the connections via slender tight fit pins through multiple knife plates

meant that a secondary fuse would protect the timber during a seismic event. This assumption was later verified by Dong et.al. at the University of Canterbury in an experimental study involving this type of system [9].

3.3. Modelling and Shop Drawing Review

Following the design of the gravity and lateral systems, ASPECT and CoreBrace sent coordination drawings to Structurlam so that they could begin modelling the building and assembling shop drawings. ASPECT would typically draft all the connection details for any building designed in-house, but the project team decided to hire Structurlam to draft and prepare all of Terminus' connection details for inclusion in the final construction drawing set. Instead of drafting the same details twice (first by ASPECT in-house and then by Structurlam for their shop drawing submittal), the project team recognized that this approach would save time and eliminate a layer of complexity. ASPECT thus would draft typical details for the straightforward mass timber connections and then issue design sketches to Structurlam for the remaining atypical connections, namely those occurring within the lateral system.
Accordingly, ASPECT worked closely with Structurlam while they modelled the structure, answering multiple rounds of questions via remote meetings and frequently cooperating via Zoom to solve any tricky connection details. Thanks to the accurate building model, several connection challenges were realized and solved by the project team during the shop drawing process. In addition to frequent collaboration between ASPECT and Structurlam, the project team relied on a thorough review by ASPECT and DBS to ensure that any loose ends were captured and addressed in Structurlam's shop drawings. Once the building model was complete and all the shop drawings were reviewed, ASPECT inserted all the necessary details from the shop drawing package into their own final construction drawing set for record and to prepare the drawings for submittal to the jurisdiction.

4. Fabrication & Installation

Close coordination amongst the project team during the design and shop drawing phases of the project helped to ensure a high degree of accuracy in the fabrication of the building components. This accuracy was an essential factor in ensuring a timely and relatively pain free installation process, as the integration of timber and steel elements in the building's lateral system required very tight connection tolerances.

Figure 5: Terminus During Construction

Figure 6: Terminus Brace Frame During Construction

In addition to manufacturing the mass timber elements for the project, Structurlam fabricated all the steel components for the lateral system (outside of the steel braces), including the drag struts and all of the large steel connections between the braces and the timber frame members. To simplify the onsite installation of the lateral system components, Structurlam assembled the knife-plate/column connections (the largest and most critical lateral system components) in their shop. Figure 4 below shows the large shop installed steel knife plates protruding from the recently installed timber brace frame columns. Because these large connections involve many tight fit pins, each requiring very strict tolerances in both the timber and the steel elements, the pre-installation of these knife plates saved a

substantial amount of time onsite and guaranteed that these crucial connections were assembled in a controlled environment by individuals with abundant mass timber experience. Despite periods of inclement weather (including intense rains, snow, and driving winds), once all the components for the gravity and lateral systems arrived onsite, everything was installed by DBS' team quickly and with ease. Aided not only by the precision of the prefabricated elements, but also by a carefully formulated approach during installation, the building was erected in a timely manner; the installation of all timber and steel components for both the gravity and lateral systems was completed in a timeframe tallying roughly 2.5 months (this included 3 levels and the roof, each comprising roughly 1230m^2 in area). Frequent onsite reviews by ASPECT and DBS' team, as well as a solid moisture management plan helped to ensure that all the building's critical connections remained sufficiently dry during erection. Whereas some mass timber projects in Europe may employ the use of a temporary tent structure during construction to protect a superstructure from rain, this is not common in North America. During Terminus' erection DBS employed a moisture mitigation strategy involving frequent squeegeeing, temporary rainwater leaders, coverings for important steel components, and an expedited installation process to help them mitigate moisture concerns until they could apply a waterproof membrane on the building's roof panels. Even though the structure was partially erected during a rainy Pacific Northwest winter, DBS managed to install all the building components without significant moisture damage.

5. Conclusion

Terminus is now complete almost two years after its inception. Standing tall in one of Canada's most seismically and climatically demanding jurisdictions, its precedent setting lateral system and beautiful superstructure shine brightly as benchmarks for future mass timber projects. Despite the many challenges faced by the design team from the outset, its success represents what any mass timber project should strive for: teamwork, precision, and care.

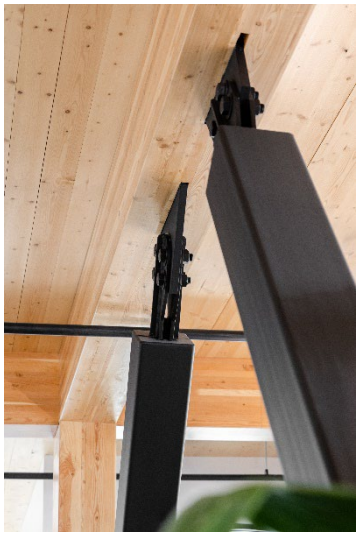


Figure 7: Terminus Painted Braces

Figure 8: Terminus Finished Interior

6. References

[1] Structural Engineers Association of British Columbia, «Bristish Columbia Earthquake Fact Sheet,» December 2013. [Online]. Available: https://seabc.ca/resources/practice-guidelines/. [Accessed April 2021].

[2] IStructE, «How to Calculate Embodied Carbon,» 2020. [Online]. Available: https://www.istructe.org/resources/guidance/how-to-calculate-embodied-carbon/. [Accessed 01 2022].

[3] IStructE, «Setting Carbon Targets: An Introduction to the Proposed SCORS Rating Scheme,» 2020. [Online]. Available: https://www.istructe.org/journal/volumes/volume-98-(2020)/issue-10/setting-carbon-targets-an-introduction-to-scors/. [Accessed 01 2022].

[4] LETI, «Ebodied Carbon Primer,» 2020. [Online]. Available: https://www.leti.london/publications. [Accessed 01 2022].

[5] EPA, «Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle», 2018. [Online]. Available: https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle. [Accessed 03 2022].

[6] British Columbia Building Code, BCBC 2018, 2018.

[7] The CSA Group, CSA-086-14, 2014.

[8] The CSA Group, CSA-S16-14, 2014.

[9] W. Dong, M. Li, C.-L. Lee, G. MacRae and A. Abu, «Experimental Testing of Full-Scale Glulam Frames with Buckling Restrained Braces», Engineering Structures, 2020.

7. PROJECT CREDITS

Structural engineer: Aspect Structural Engineers

Architect: Jack James Architect

Developer, building designer and general contractor: Design Build Services (DBS)

Mass timber supplier/fabricator and 3D modeller: Structurlam Mass Timber Corporation

Steel brace designer and supplier: CoreBrace

Sponsoren und Aussteller

binderholz

INTRO, Cleveland | USA

Fyrtornet, Malmö | SE

Quartier Prinz-Eugen-Park, München | D

INTRO, Cleveland | USA

Komplettanbieter für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte Massivholzbaulösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettsperrholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressspanpaletten und -klötze | Biobrennstoffe | Pferdestreu

bbs@binderholz.com **www.binderholz.com**

Kostensenkung, Zeitersparnis, Planungssicherheit und höhere Qualität – so lautet der Plan. Mit unseren geprüften und zertifizierten Konstruktionen ist das möglich. Einfach die bewährten Bauteile in den passenden digitalen Datenformaten herunterladen und in Ihr BIM- oder CAD-System integrieren.
Mit der EGGER Planungshilfe geht Ihr Plan auf.

MEHR AUS HOLZ.

EGGER

hsbcad

FORUM HOLZBAU PREMIUM PARTNER

AUTODESK Authorized Developer

buildingSMART German Chapter Member

BUILD IN WOOD

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 862820.

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.

www.hsbcad.com

ISOCELL

ISOCELL GmbH & Co KG
Gewerbestraße 9
5202 Neumarkt am Wallersee | Österreich
Tel: +43 6216 4108-0 | Fax: +43 6216 7979
office@isocell.at
WWW.ISOCELL.COM

AIRSTOP SOLO KLEBEBAND - 50% ZEITERSPARNIS UND KEIN ABFALL

Das AIRSTOP SOLO Klebeband ist leicht dehnbar und optimal zur luftdichten Verklebung. Der Spezialträger verfügt über eine hochwertige Acrylatklebebeschichtung.

HARMONISCHE HOLZOPTIK

VORTEILE

- PATENTIERTE SPEZIALFOLIE
  Quer von Hand reißbar
  Längs reißfest durch Fadengelege
- FEINTUNING SPEZIALFOLIE
  Ruckfreies, geschmeidiges Abrollen
  Einfachste Verarbeitung
- LINERFREI
  Schneller zu verarbeiten
  Spart Zeit und Entsorgungskosten
- PERFEKTE HAFTUNG UND VERARBEITUNG

Leicht reißbar

Linerfrei

Schnell zu verarbeiten

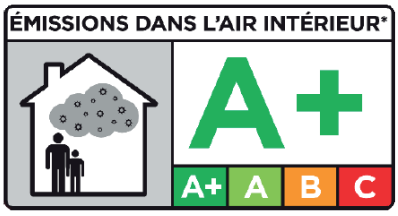
WOHNGESUND
LÖSUNGSMITTELFREI
INNENRAUM-QUALITÄT GETESTET

EINSATZBEREICHE

- Verklebung von Dampfbremsen und -sperren
- Verklebung von OSB und MDF im Innen- und Außenbereich
- Übergänge und Anschlüsse an Holz,Mauerwerk und Metalle

KOMFORTABLE VERARBEITUNG

DIN 4108-11 inkl. Alterung
DIN 4108-7
ÖNORM B 8110-2
SIA 180



WWW.ISOCELL.COM

Hardie® VL Plank

Die schnelle Lösung für elegante Fassaden. It's Possible™.

- Mehr Effizienz auf der Baustelle durch schnelle und einfache Verlegetechnik
- Erhältlich in 8 attraktiven Farben und edler, natürlicher Holzoptik
- Wartungsarm und pflegeleicht

Mehr Informationen unter
www.jameshardie.de

© 2022 James Hardie Europe GmbH. ™ und ® bezeichnen registrierte und eingetragene Marken der James Hardie Technology Limited und James Hardie Europe GmbH.

Hardie® VL Plank
Fassadenplatten

15 Jahre
Garantie

JamesHardie™

Bester Schutz vor Bauschäden und Schimmel

SOLITEX® ADHERO

Vollflächig klebende, diffusionsoffene Luftdichtungs- und Witterungsschutzbahn

mehr Info

- Ermöglicht Herstellung der Luftdichtheit auf Holzwerkstoffen und mineralischen Untergründen
- Temporärer Bauzeitenschutz auf Zwischendecken von mehrgeschossigen Bauten in CLT- und Holzrahmenbauweise
- Trockene Konstruktion: Diffusionsfähig und maximal schlagregendicht
- Leicht und sicher zu verarbeiten
- Haftet sofort auf tragfähigen Untergründen
- Extrem alterungs- und hitzebeständig
- 3 Monate Freibewitterung

Schadstoffgeprüft nach AgBB
Nach den Kriterien des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten beim Umweltbundesamt

AEROSANA® VISCONN

Sprühbare Luftdichtung mit feuchtevariablem s_d-Wert

mehr Info

- Einfach aufsprühen
- Fläche und Details
- Holzbau, Mauerwerk, Beton
- Übergänge schneller dicht

phA ZERTIFIZIERTE KOMPONENTE Passivhaus Institut

Schadstoffgeprüft nach AgBB
Nach den Kriterien des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten beim Umweltbundesamt

Planungshandbuch pro clima WISSEN
Kostenfrei anfordern
proclima.de/wissen

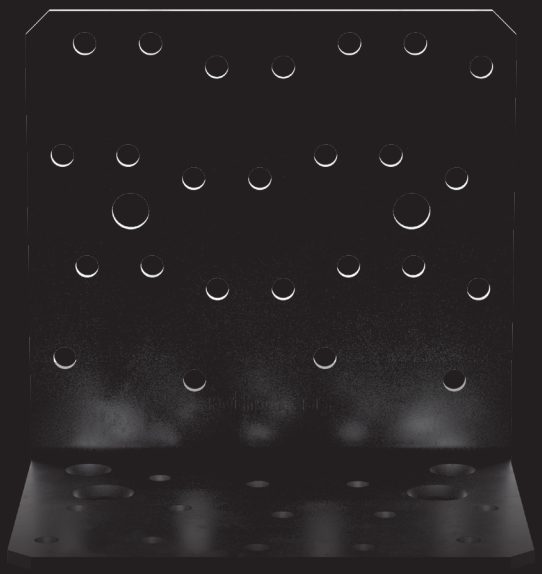
proclima.com ... und die Dämmung ist perfekt

pro clima®

Fokus
Qualität &
Innovation
HASSLACHER
NORICA TIMBER
From wood to wonders.
Führender Lieferant
von Systemlösungen
für den modernen Holzbau.
hasslacher.com
Design: UPPERCUT.at | Photos: © HASSLACHER Gruppe | Peter Maier, Adobe Stock

Small in size,

yet big in performance



NINO is the new universal angle bracket for shear and tensile loads.

What makes it special is well-known and already available to industry professionals such as you: it is the strength values calculated by our engineers for even the most unique timber-to-timber or timber-to-concrete configurations.
Thousands of tests and a CE ETA-22/0089 certification for NINO, the small-sized, big-performance angle bracket.

The strength of
NINO is here

rothoblaas

Solutions for Building Technology

rothoblaas.com

FORUM HOLZBAU PREMIUM PARTNER

Besuchen Sie uns am STEICO Infostand auf dem IHF 2022 oder auf steico.com

Gut für das Weltklima. Gut für das Raumklima.

Ökologisch sanieren mit STEICO

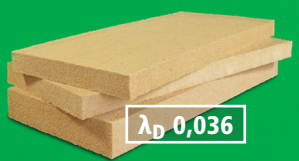
STEICO Holzfaser-Dämmstoffe und Konstruktionsprodukte verwandeln Altbauten in Kohlenstoffsenken – und tragen gleichzeitig zu einem wohngesunden Raumklima bei.

Mit einer **CO_2-Speicherung von bis zu 420 kg/m³** nehmen STEICO Dämmstoffe eine führende Position unter den Naturdämmstoffen ein.

Darüber hinaus überzeugen STEICO Dämmstoffe gerade bei Sanierungen durch ihr breites Vorteilsspektrum: hervorragende Wärmedämmung kombiniert mit exzellentem Hitzeschutz im Sommer; Witterungsschutz und Diffusionsoffenheit zum Schutz der Konstruktion sowie ihre Feuchte ausgleichenden Eigenschaften machen einen spürbaren Unterschied.

Gut zu wissen

Laut Bauprodukte-Datenbank baubook.at leisten Holzfaser-Dämmstoffe einen Beitrag, die Erderwärmung zu reduzieren – wohingegen viele konventionelle Dämmstoffe zur Erderwärmung beitragen.



Ökologische Holzfaser-Dämmstoffe

Innovative Holztragwerke: Stegträger + Furnierschichtholz

STEICO
Das Naturbausystem

Akustischer Komfort & zeitloses Design

Akustik Paneele aus Massivholz

3D Bibliothek

PBR-Standard / 8K

NOVATOP

UNSERE NR. 1 IM SCHALLSCHUTZ

» für den **mehrgeschossigen Holzbau**

» **erhöhter Schallschutz auch im tieffrequenten Bereich**

» Brandschutz bis F90/REI90

» große Spannweiten möglich

NEU!

Exklusiv-Sichtqualitäten in heimischer Fichte ASTREIN und heimischer Weißtanne ASTREIN

---

best wood **INGENIEURBÜRO**

» unterstützt Sie bei der Planung und erstellt für Sie Brandschutz-, Schallschutz- und Statiknachweise

best wood **CLT BOX – DECKE FS**

Hier gehts direkt zur CLT BOX – DECKE FS

best wood® SCHNEIDER

www.schneider-holz.com

ERLUS

ERLUS ist Partner vom IHF 2022!

Qualität aus Deutschland

NEU

Der neue Glattziegel für flach geneigte Dächer ab 10°!

Ergoldsbacher Level RS®

Der Ergoldsbacher Level RS® ist bereits der dritte Spezialist für flach geneigte Dächer. Auffallend ist seine klare, kantige Form mit geradem Abschluss. Bedeutend ist seine tiefe Ringverfalzung mit 3-fachem Kopf- und Seitenfalz. Durch diese formtechnische Besonderheit wird das Wasser auf der Ziegeloberfläche perfekt abgeleitet. So bleibt selbst bei flachen Dachneigungen (im Halbverband verlegt: Regeldachneigung 16°, Mindestdachneigung 10°) die Unterkonstruktion trocken. Der neue Ergoldsbacher Level RS® ist die echte Lösung: ein regensicherer Dachziegel, der kein wasserdichtes Unterdach braucht!

www.erlus.com

LOCTITE®

LOCTITE PURBOND-KLEBSTOFFE

DIE MESSLATTE IM TRAGENDEN HOLZLEIMBAU

LOCTITE PURBOND-Produkte stellen seit ihrer Markt-Einführung im Jahre 1988 die Messlatte für die Herstellung von tragenden Holzleimbauteilen mit innovativen Klebstoffen dar.

Seitdem schreibt das **Henkel Engineered Wood Geschäft** mit seinem etablierten Konzept einer intensiven technischen Kundenberatung und der kontinuierlichen Innovation die Erfolgsgeschichte fort. Die Anwender können sich hierbei sowohl auf das ihnen bekannte Personal sowie auf die ungebrochen hochstehende Produktqualität der Klebstoffe mit Zertifikaten in den wichtigsten Holzleimbau-Märkten der Welt verlassen.

Henkel & Cie. AG | Industriestrasse 17a
6203 Sempach Station, Schweiz
www.henkel-adhesives.com/engineered-wood

Henkel

BRANDSCHUTZ IM HOLZBAU

Geprüfte Anwendungen mit Hilti

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

30. November - 2. Dezember 2022

Erhöhte Produktivität in der Planung und Vorfertigung.
Hilti bringt seine 30 Jahre Brandschutzerfahrung in den Holzbau. Europaweit zugelassene Brandschutzprodukte für Holzanwendungen vereinfachen die Planungs- und Genehmigungsschritte in jedem Holzbauprojekt.
Ob mehrgeschossiger Wohnbau, Hotelbauten oder Bürogebäude, Hilti bietet Lösungen für die Abschottung der Gebäudetechnik. Die trockenen Brandschutzlösungen ermöglichen einen schnelleren Einbau auf der Baustelle. Kein Warten auf Mörtelaushärten. Kein Einbringen von Baufeuchte. Vorgefertigte Brandschutzlösungen unterstützen den Holzbauer bei der industriellen Vorfertigung und eröffnen Möglichkeiten zur Steigerung seiner Wertschöpfung.

KLH®

PRINTAUSGABE VON TIMBER ARCH VOL. 03 AM STAND TF118 ERHÄLTLICH

- PIONIER IN DER HERSTELLUNG VON BRETTSPERRHOLZ
- MEHR ALS ZWEI JAHRZEHNTE ERFAHRUNG
- ÜBER 38.000 PROJEKTE 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

ORIGINAL 100% KLH® ORIGINAL

West Fraser

KLIMA
+ POSITIV +

KLIMASCHUTZ EINFACH+ EFFEKTIV

Unsere SterlingOSB geben Ihnen ein CO_2-Darlehen

SterlingOSB® Zero®

Mit Sicherheit umweltfreundlich bauen

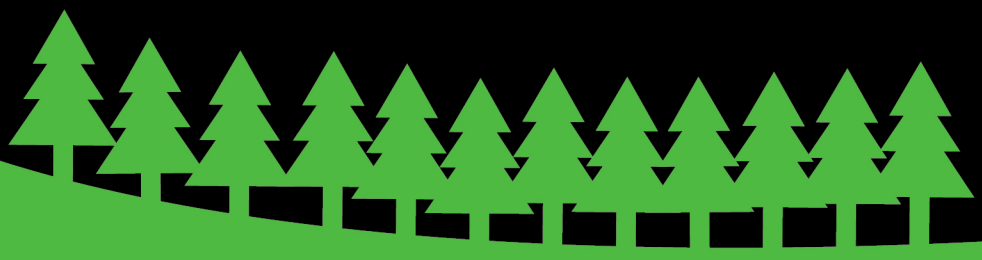
KLIMAPOSITIV.
Nachhaltig CO_2 speichern

Ziel ist es, auch im Baugewerbe den Ausstoß von Treibhausgasen auf null zu senken. Unsere in Europa hergestellten OSB-Platten sind **+klimapositiv+** und können somit zum Ausgleich kalkulatorisch in der Gebäudebilanz angesetzt werden.

KLIMAPOSITIV. Nachhaltig CO_2 speichern

Besuchen Sie uns: 1. Obergeschoss Stand 116

www.Westfraser.com | www.SterlingOSB.de



FSC www.fsc.org FSC® C012333 The mark of responsible forestry

PEFC PEFC/07-21-020 Förderung nachhaltiger Waldwirtschaft www.pefc.org

westfraser_d.a.ch

Verkauf: **Tel. 00800 67226783** (kostenfrei D/A/CH)

Um auch höchsten Ansprüchen gerecht zu werden!

Erweiterung der technischen Bewertungen

ETA-15/0187 / ETA-10/0413

HVP Verbinder
- NKL III
- Brandschutz 120 min
- Flexibles Verschraubungskonzept
- Sondergrößen zulassungstechnisch abgesichert

ISO-CONNECT
Zulässige Anschlüsse an wärmegedämmte Holzfassaden; für Markisen, Vordächer usw.

RIGID Verbinder
Lösungen für steife Rahmenecken technisch zugelassen

GePi
Das bewährte schallentkoppelte Winkelkonzept auch als Flachverbinder

ETA-Danmark A/S
Göteborg Plads 1
DK-2150 Nordhavn
Tel. +45 72 24 59 00
Fax +45 72 24 59 04
Internet www.etadanmark.dk

Genehmigt und gemeldet gemäß Artikel 29 der Richtlinie (EU) Nr. 305/2011 des Europaparlaments und des Rates vom 9 März 2011

MITGLIED DER EOTA

Europäische Technische Bewertung ETA-10/0413 vom 2017/12/21

Dies ist eine Übersetzung der englischsprachigen Originalfassung. Maßgeblich ist das Original.

I Allgemeiner Teil

Technische Bewertungsstelle, welche die ETA ausstellt und nach Artikel 29 der Verordnung (EU) Nr.305/2011: ETA-Danmark A/S	
Handelsbezeichnung des Bauprodukts:	Pfostenträger, Säulen-Pfetten-Verbinder und Balkonsäulen
Produktfamilie, zu welcher das vorstehende Produkt gehört:	Dreidimensionale Nagelplatte (Pfostenträger zur Abstützung von Holzsäulen und Pfosten als tragende Elemente und Verbinder für Pfosten und Pfetten als tragende Elemente)
Hersteller:	Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG Siemensstraße 26 D-84051 Altheim Tel.: +49 (0) 8703 9346-0 Fax: +49 (0) 8703 9346-55 Internet: www.pitzl-connectors.com
Herstellwerk:	Herstellwerk 1
Diese Europäische Technische Bewertung Umfasst:	103 Seiten einschließlich 3 Anhänge, welche einen wesentlichen Bestandteil des Dokumentes bilden

ETA-Danmark A/S
Göteborg Plads 1
DK-2150 Nordhavn
Tel. +45 72 24 59 00
Fax +45 72 24 59 04
Internet ww.etadanmark.dk

Genehmigt und gemeldet gemäß Artikel 29 der Richtlinie (EU) Nr. 305/2011des Europaparlaments und des Rates vom 9. März 2011

MEMBER OF EOTA

Europäische Technische Bewertung ETA-15/0187 vom 11/08/2017

I Allgemeiner Teil

Technische Bewertungsstelle, welche die ETA ausstellt und nach Artikel 29 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 bezeichnet ist: ETA-Danmark A/S	
Handelsbezeichnung des Bauprodukts:	Pitzl HVP-Verbinder
Produktfamilie, zu welcher das vorstehende Produkt gehört:	Dreidimensionale Nagelplatte (Befestigungswinkel und Niederhalter für Holz-Holz-, Holz-Beton- und Holz-Stahlverbindungen)
Hersteller:	Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG Siemensstraße 26 DE-84051 Altheim Tel.: +49 (0) 8703 9346-0 Telefax: +49 (0) 8703 9346-55 Internet: www.pitzl-connectors.com
Herstellwerk:	Herstellwerk 1
Diese Europäische Technische Bewertung umfasst:	71 Seiten einschließlich dreier Anhänge, die einen wesentlichen Bestandteil des Dokuments bilden.
Diese Europäische Technische Bewertung wurde ausgestellt gemäß Verordnung (EU) Nr. 305/2011 auf der Grundlage von:	Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung (ETAG) Nr. 015 Dreidimensionale Nagelplatten, April 2013, als Europäisches Bewertungsdokument (EAD)
Diese Fassung ersetzt:	Die unter derselben Nummer am 14.04.2015 ausgestellte ETA

Innovative Holzverbindungssysteme für höchste Ansprüche.

Pfostenträger | Verbinder | Balkonsäulen | Zaunsäulen | Werkzeuge | Schallschutz

Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG
Siemensstraße 26, 84051 Altheim
Telefon: +49 8703 93460
www.pitzl-connectors.com

rubner.com/holzbau

Better with wood

Sechsgeschossiger Holzmassiv-Wohnbau„Walden 48“ in Berlin – unter den drei Finalisten beim Deutschen Nachhaltigkeitspreis.

Mehr-geschossiger Holzbau im urbanen Raum

„Roots“ in der Hamburger HafenCity – Deutschlands höchstes Holzhochhaus. 73 m Gesamthöhe, 20 Nutzgeschosse, davon 16 in Holzbauweise.

Holz ist der einzige Baustoff, mit dem sich Hochbauten in der erforderlichen Größe errichten und dabei die durch den Bau verursachten CO_2-Emissionen senken lassen – im Neubau, bei energetischen Sanierungen, Aufstockungen und bei der urbanen Nachverdichtung. Das Holzhochhaus „Roots“ in der Hamburger HafenCity und der mehrfach ausgezeichnete Holzmassiv-Wohnbau „Walden 48“ in Berlin sind herausragende Beispiele für den wegweisenden Ingenieurholzbau von Rubner.

RUBNER

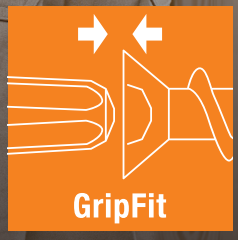
HECO SCHRAUBEN

NEU

HECO-TOPIX®-plus: Macht die Besten besser.

Zusammenzieh-Effekt
ganz ohne Vorspannen.

Optimierte Gewindesteigung
für jede Schraubenlänge.



Einhändig arbeiten geht
jetzt auch mit Edelstahl.

www.heco-topix-plus.com

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 schütz 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.

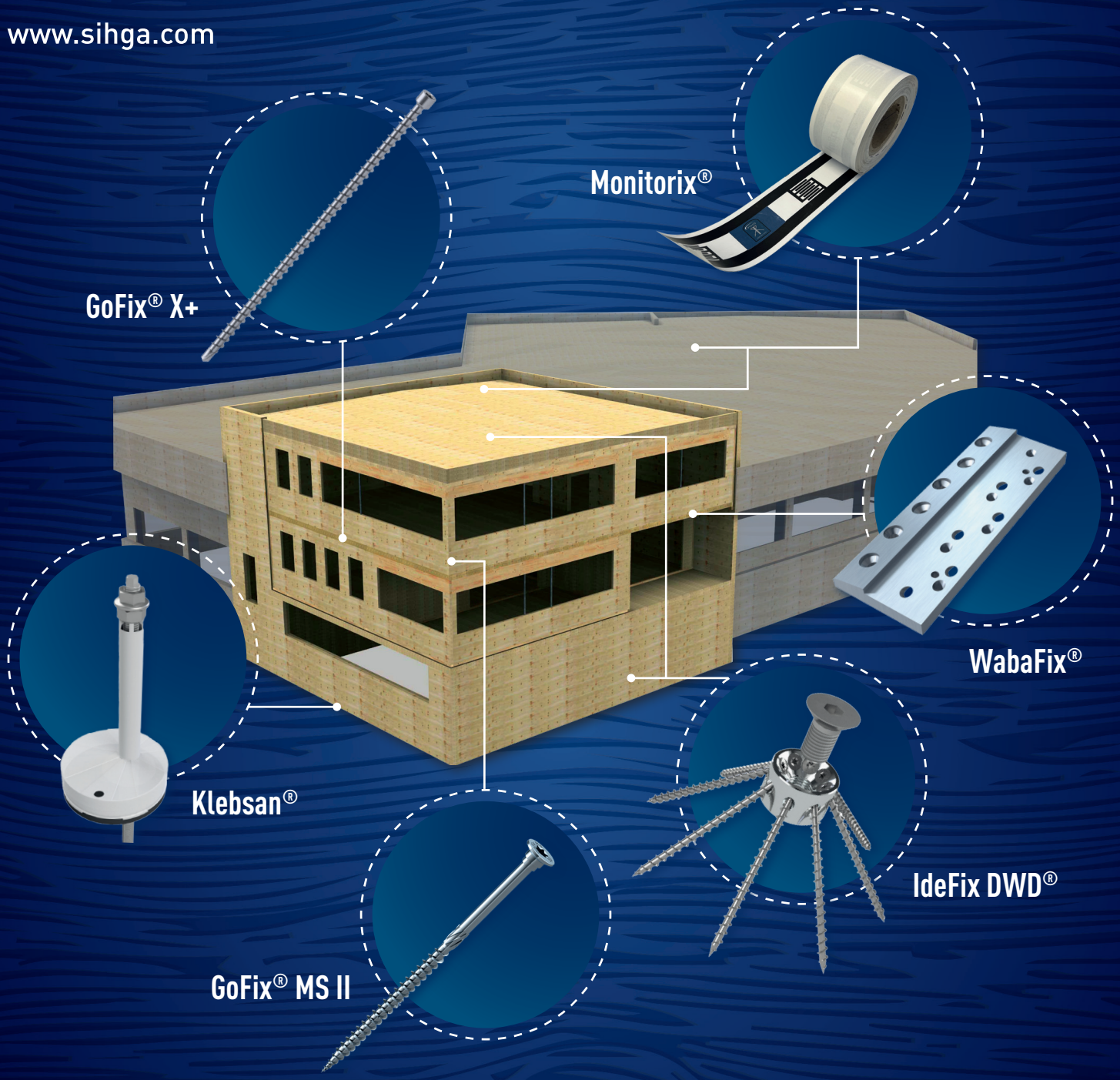
Die Folie ist robust gegenüber mechanischer Belastung und auch bei Nässe rutschfest. Der formstabile Träger ermöglicht einfaches, schnelles und faltenfreies Verlegen und ist sofort dicht verklebt. SIGA Wetguard ist in drei Produktdimensionen (1560mm / 780mm / 390mm x 50m) erhältlich. Für spezielle Anwendungen 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.

SIHGA®

Der Spezialist für Befestigungstechnik auch im Massivholzbau

www.sihga.com



TAKE THE BEST

KLIMANEUTRALES UNTERNEHMEN
certified by Fokus Zukunft
Klimaneutral durch Kompensation mit Klimaschutzzertifikaten

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.**

VELUX Flachdach-Fenster

Lichtdurchflutete Räume und Panorama-Ausblick

VELUX Flachdach-Fenster sind in Größen bis 200 x 100 cm fix-verglast, elektrisch und solarbetrieben erhältlich

Nähere Infos unter:
www.velux.de/fachkunden/flachdach
www.velux.at/fachkunden/flachdach
www.velux.ch/fachkunden/flachdach

INNOVATIVER HOLZBAU MIT SYSTEM

Nachhaltig hochwertig

Knauf bietet ganzheitliche, perfekt aufeinander abgestimmte Lösungen für den Holzbau, die höchste Anforderungen an Schall-, Brand- und Wärmeschutz in Boden, Wand, Decke und Dach erfüllen.

Auf unserem Ausstellungsstand beraten Sie unsere Experten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz umfassend zu neuen und bewährten System- und Dämmlösungen von Knauf und Knauf Insulation. Dabei stehen folgende Themen im Fokus:

- Außenwand-Systeme für den innovativen und auch mehrgeschossigen Holzbau
- Holzbalkendecken mit außergewöhnlichem Schallschutz – auch im tieffrequenten Bereich
- Wirtschaftliche und effiziente Dämmsysteme

www.knauf.com

KNAUF INSULATION

KNAUF

Holz in Bestform

SWISS KRONO

ZUKUNFT IN HOLZ

MAGNUMBOARD® OSB
Showmodul

Erleben Sie die Vorteile des massiven Holzbausystems! Direkt vor dem Tiroler Landestheater, gegenüber vom Kongresszentrum.

swisskrono.com/de

Aus der Praxis - Für die Praxis

LIVEPRÄSENTATION

Direkte Beschichtung der Oberflächen - Überzeugen Sie sich von der Kosten- und Zeitersparnis!

swisskrono.com/showmodul

Rationalisieren ohne Automatisieren

FÜR HOLZBAUPROFIS

Dach | Wand | Decke

tectofix
VOM HOLZBAUER.
FÜR HOLZBAUER.

Filme auf
www.tectofix.de

ZEITEINSPARUNG
40 % durch Vorfertigung

35 JAHRE ERFAHRUNG
Montagefreundliche Elementstöße

PRAXISNAH
dank einfacher Bedienbarkeit

PLATZSPAREND
zum Parken zusammenschieben

BG BAU EMPFIEHLT
Vorfertigung für mehr Sicherheit

Leichte Bedienung der Anlage

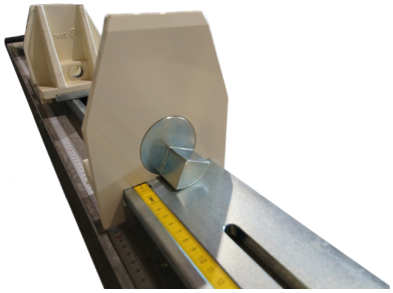
Wohnhaus: Sichtdachstuhl mit Querbaukehle

KiTa Stromboli: Alle Wand- und Dachelemente wurden auf **tectofix** von Geiger Holzbau, Westhausen-Lippach, vorgefertigt.
Keine ◺ ◿ - Die Dachlandschaft passt perfekt durch vollflächige Elementierung. Tel. 07363/9655-0, E-Mail info@geiger-holz.de

Ergonomie durch begehbaren Tisch und optimale Arbeitshöhe

Wandspannsystem - Alle Anschläge beliebig im Unterflansch einhängbar

Ein genialer Dreh ist der schwenkende Kervenanschlag

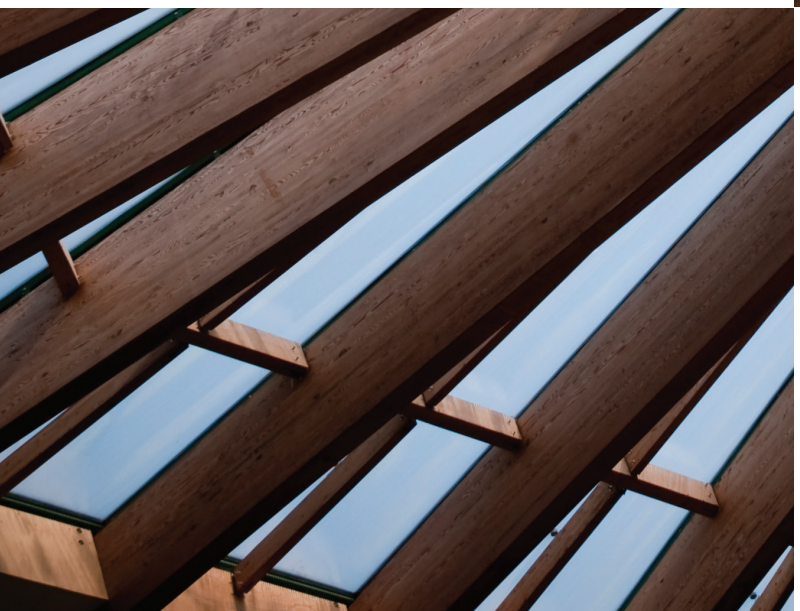


dynea®

prefere® by dynea

Komplette Lösungen für konstruktive Holzverklebung. Vollsortiment nach EN, DIN, JAS, ASTM

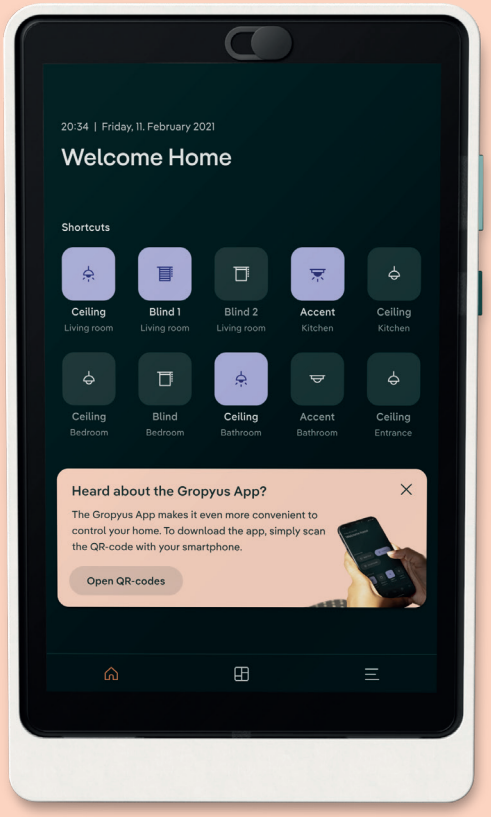
Dynea - Partner in allen Fragen der Holzverleimung



Norway / Europe
Dynea AS
Svelleveien 33
N-2001 Lillestrøm
Tel: +47 63 89 71 00
Tel: +47 951 46 741
dynea@dynea.com

Österreich / Deutchland:
Dynea Austra GmbH
Hafsenstrasse 77
A-3500 Krems
Tel: +43 664 811 5340
Tel: +49 174 3965223
dynea@dynea.com

www.dynea.com



GROPYUS combines
sustainability and technology
to build affordable homes.

Creating sustainable living for everyone.

gropyus.com

GROPYUS

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!

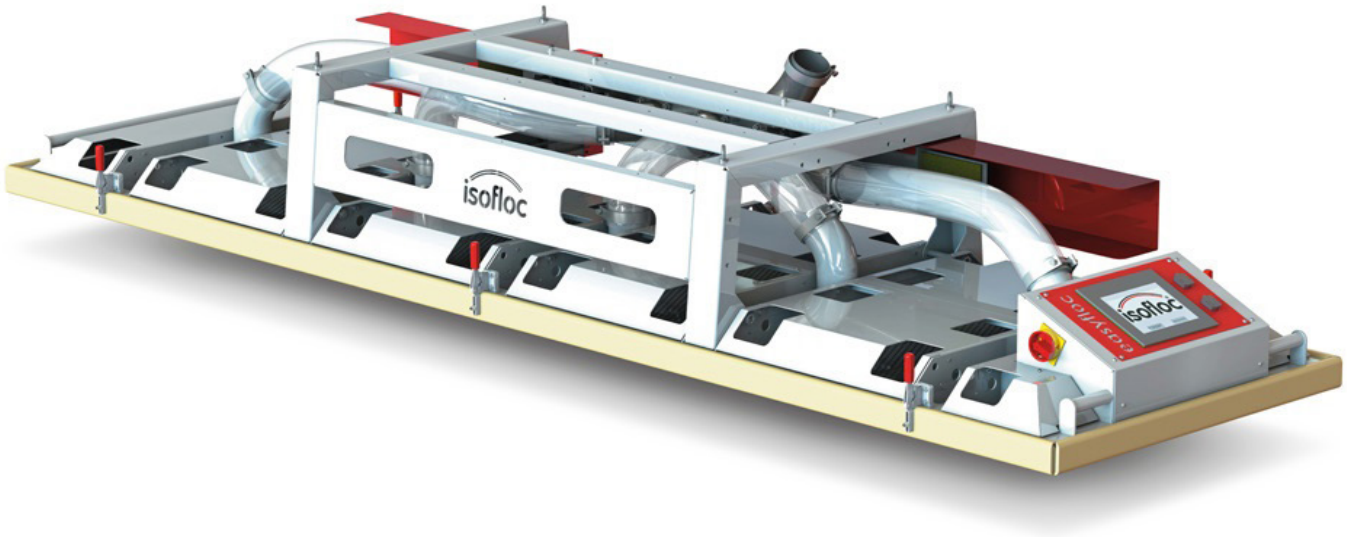
Erfahren Sie mehr unter www.pyroresist.de

GUTEX Holzfaserplattenwerk
Gutenburg 5 | D-79761 Waldshut-Tiengen | + 49 7741 6099-0 | info@gutex.de | www.gutex.de

GUTEX
NACHHALTIG MIT JEDER FASER

isofloc®

Einfach perfekt dämmen.



Das Original ist zurück: schneller, günstiger, besser

Dank der neusten Generation unserer Einblasplatte easyfloc lassen sich vorgefertigte Holzbauelemente jetzt noch effizienter dämmen.

MADE SWISS

LIGNOPRO®

Holzbeschichtungen für die industrielle Anwendung

LIGNOPRO® 851

CLT-Varnish UV

Hydrophobe Oberfläche
Optimaler UV-Schutz
Hochwertige Optik

...in einem Arbeitsgang!

Kontakt:
Adam Maciejewski
Verkaufsleiter | Sales Manager

+49 171 23 72 832
a.maciejewski@kochundschulte.de
www.kochundschulte.de

KOCH & SCHULTE
Holzschutzmittel | Holzveredelungsprodukte

LIGNATUR®

Alles in einem Element:

- Statik - tragend
- Feuerwiderstand 90 min
- Ästhetik
- Ökologie
- Schallschutz
- Raumakustik
- Wärmeschutz
- Top-Beratung

Interessiert?

Kontaktieren Sie unser Beratungsteam:

+41 71 353 04 10
beratung@lignatur.ch

Erfahren Sie mehr unter: www.lignatur.ch

Holzwerke Pfarrkirchen

Premium Holzbau-produkte

Genau das, was Sie brauchen – genau dann, wann Sie es brauchen:
Das gibt's bei uns, Holzwerke Pfarrkirchen. Mit über 115 Mitarbeitern, einer Jahresproduktionskapazität von 175.000 m² sowie über 40-jähriger Erfahrung in der Keilzinkentechnik gehören wir zu den führenden Herstellern in der holzverarbeitenden Industrie.

Unsere langjährigen Kunden – Bau- und Zimmereiunternehmen, der Holzfachhandel sowie Fertighaus-Spezialisten – können sich auf unsere hochwertigen Holzbauprodukte, eine ausgefeilte Lagerlogistik und eine fortschrittliche Hightech-Werksanlage verlassen. Hinzu kommt die Möglichkeit, Kleinchargen, Sonderabmessungen, Bestellungen nach Liste sowie spezielle Kundenanforderungen flexibel und innerhalb kurzer Lieferfristen zu realisieren – selbstverständlich in höchster Qualität.

Egal ob KVH® (Konstruktionsvollholz), Balkenschichtholz, Duobalken, Triobalken, Brettschichtholz oder Sonderprodukte – Sie entscheiden, wir liefern.

Premium Holzbauprodukte aus Pfarrkirchen • info@hwpan.de • www.hwpan.de

Besser im System: ULTIMATE und Rigidur H Gipsfaserplatten - zwei starke Partner

- innovative leichte Dämm- und Beplankungslösungen
- sichere, geprüfte und schlanke Konstruktionen
- für optimal kombinierten Wärme-, Schall- und Brandschutz sowie
- hohe mechanische und optische Anforderungen

www.holzbau.saint-gobain.de

Wir haben unsere(n) Teil(e) getan!

Was Sie hier sehen ist ein Gebäude. Ein Gebäude, das schneller, einfacher und mit bis zu 70%* weniger CO_2-Emissionen gebaut werden kann. Ein Gebäude aus Holz. Sie sehen zugleich auch ein Beispiel dafür, was wir bei Stora Enso Wood Products fertigen: Wände, Decken, Dachelemente, Träger und Stützen... einen ganzen Baukasten aus massiven Holzbauteilen, die Sie für Ihr Holzbauprojekt brauchen. Der einzige Unterschied zum Gebäude hier ist: wir bauen alles hundertmal größer.

Wir möchten Ihnen unsere neue Produktmarke Sylva vorstellen, die unser gesamtes Produktportfolio aus montagefertigen Massivholz-Elementen unter sich vereint. Mit Sylva liefern wir Ihnen fertig abgebundene Holzbauteile für Schulen, Wohnungs-, Büro- oder Industriegebäude. Mit einer mindestens 30% schnelleren Bauzeit und der Just-in-Time Anlieferung der Holzbauteile an die Baustelle, bieten wir eine langlebige und nachhaltige Baulösung an, die den traditionellen Bausektor herausfordert.

Wir haben unseren Teil getan. Den Rest machen wir mit Ihnen zusammen.

Erfahren Sie mehr über Sylva unter: **storaenso.de/einfach-zu-bauen**

*Materialvergleich der Emissionen des Tragskeletts

Quelle: Combient Pure, Comparison Calculations of Low-carbon Construction, Multi-storey Apartment Building.

Sylva™ by Stora Enso

INDIVIDUELLER SERVICE
FÜR FEINSCHMECKER.

Seit 1982 unterstützen türmerleim und die BASF BSH-Hersteller mit persönlicher Beratung und innovativen Produkten. Gemeinsam stimmen wir die Services genau auf Ihren Bedarf ab. Ein wichtiger Baustein sind unsere Leim- und Thermoassistenten. Diese ermöglichen einen optimierten Leimauftrag und höchste Prozesssicherheit. Wir glauben an stabile Verbindungen – damit Sie heute wie morgen Ihre BSH-Produktion sicher und mit höchster Effizienz gestalten können. Nutzen Sie die Kraft gemeinsamer Erfahrung.

Türmerleim GmbH
Arnulfstraße 43
67061 Ludwigshafen/Rhein
Tel. 0621 56 107-0
www.tuermerleim.de

BASF
We create chemistry

türmerleim
Experience in Adhesives

Lignovit Interior UV 100 von ADLER - für den dauerhaften Natureffekt

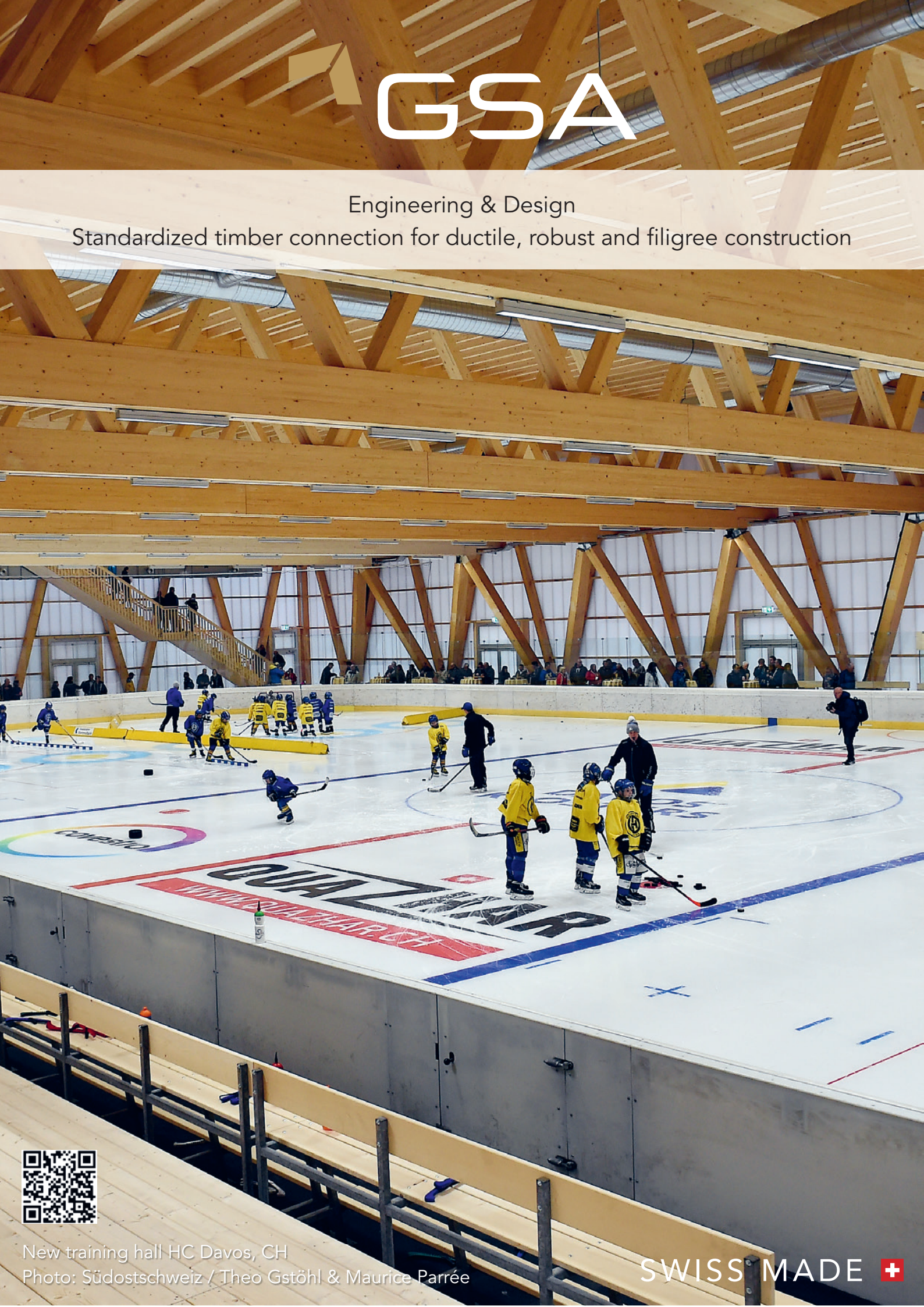
So frisch wie am ersten Tag. Damit helles Holz im Innenbereich auch nach Jahren noch aussieht wie neu, haben wir die atmungsaktive Holzlasur Lignovit Interior UV 100 entwickelt. Dank ihres speziellen Vergilbungs- und UV-Schutzes wird die natürliche Holz-Optik perfekt bewahrt – wasserbasiert und umweltfreundlich. Eben nachhaltiges Anti-Aging fürs Holz.

ADLER-LACKE.COM | TEL. +43 5242 6922-300 | VERKAUF@ADLER-LACKE.COM

GSA

Engineering & Design

Standardized timber connection for ductile, robust and filigree construction



New training hall HC Davos, CH
Photo: Südostschweiz / Theo Gstöhl & Maurice Parrée

SWISS MADE

LEIDORF
HOLZBAU

EIN VOLLES BRETT AN LEISTUNGEN

CLT

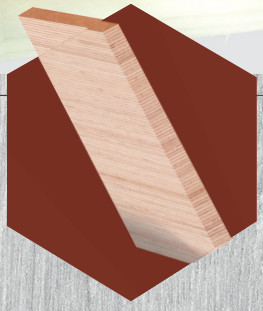
CLT BESCHAFFUNG
MIT KURZER LIEFERZEIT

HOLZBAU PLANUNG

HIGH-TECH ROBOTER ABBUND

EINBAU VON
FENSTERN, GIPSKARTONPLATTEN,
DÄMMUNG, ... IM WERK

LIEFERUNG MIT EIGENEN LKW'S
AUF DIE BAUSTELLE



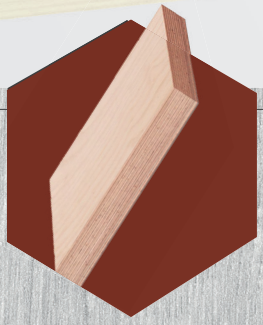
KERTO

WIR SIND PREMIUM-HÄNDLER
FÜR ÖSTERREICH UND
SÜDDEUTSCHLAND

LAGERFORMAT: 2,5 X 13,5 M

ABBUND AUCH GROSSFORMATIGER
PLATTEN

> 3.600 M² KERTO | LVL LAGERND



BAUBUCHE

WIR BEARBEITEN UND
LIEFERN BAUBUCHE
FÜR IHR PROJEKT

INTERESSIERT?

UNVERBINDLICH ANFRAGEN:

office@leidorf.com

+43 7723 43 01 7

www.leidorf.com

mafell
creating excellence

Vielseitig, leistungsstark, präzise:

Die Nutfräse NFU 50

Die Nutfräse NFU 50 ist flexibel einsetzbar und ein Allrounder für unterschiedlichste Fräsungen im Holzbau. Umfangreiches Sonderzubehör erweitert dabei die Möglichkeiten im täglichen Job.

Weitere Informationen unter:
nfu50.mafell.de

mafell · 10/21 · Änderungen vorbehalten

Besuchen Sie uns auf dem FORUM HOLZBAU
30. November – 02. Dezember 2022, Congress Innsbruck, AT
Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

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.

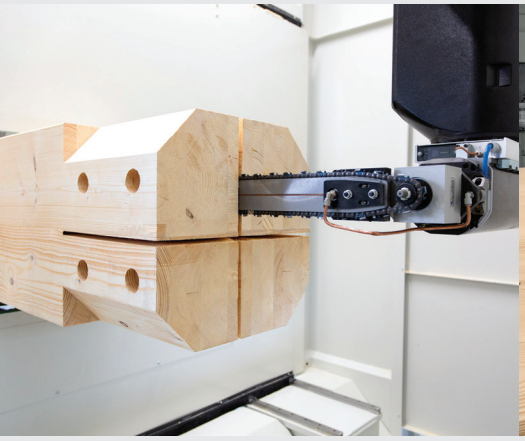
BauBuche GL75 Stütze 32/56
Druckfestigkeit in NK1: 59,4–70 N/mm²

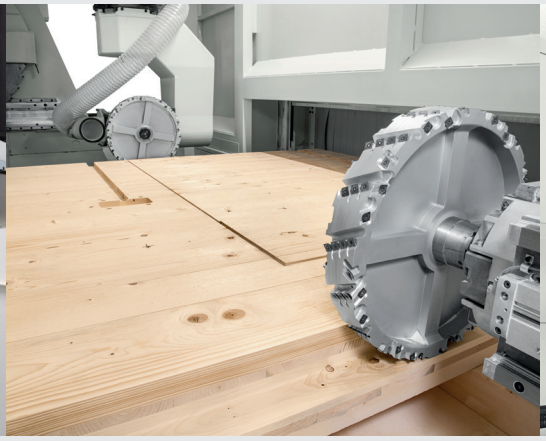
Plangrafik: HK Architekten, AT

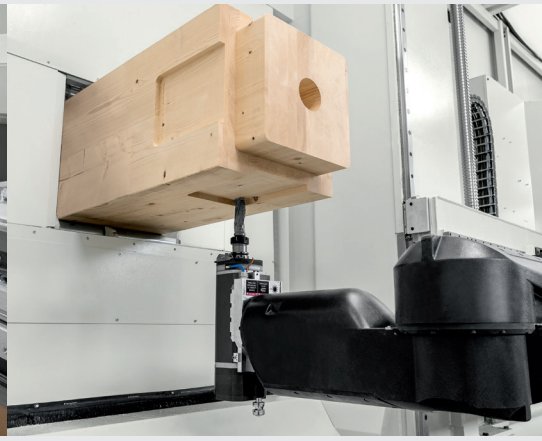
Pollmeier +49 (0)36 926 945 560 | baubuche@pollmeier.com | www.pollmeier.com

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN FÜR DEN HOLZBAU

TIEF VERWURZELT IN UNSERER DNA







CNC-ABBUNDANLAGEN 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 **SCM-CNC-Abbundanlagen für den Holzbau, die für die Herstellung von Strukturbalken, BSP-Wandelementen, vorgefertigten Wänden und Dämmplatten** bestimmt sind.
Technologische Lösungen, die im SCM-Werk in Sinalunga (Siena) entwickelt und produziert werden, einem hochspezialisierten Industriezentrum mit einer Fläche von 6.000 Quadratmetern, in dem jede neue Maschine in Übereinstimmung mit den spezifischen Anforderungen der Kunden und den Trends der Branche entwickelt wird.

100% Made in Italy-Technologie, die auf den Werten von Know-How und Innovation basiert.

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL
Innsbruck, 30.11 - 2.12.2022

www.scmwood.com

ERFAHREN SIE MEHR

scm woodworking technology

scm group

DIE FÜHRENDE TECHNOLOGIE BEI
STANDARDISIERTEN HOLZVERBINDER-SYSTEMEN

SHERPA®

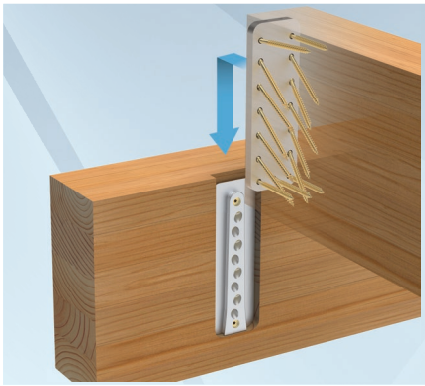
UNSER SORTIMENT

Einzigartige Lösungen

SONUS

Weltneuheit – Wenn Schallschutz, dann richtig! Dieser Winkel revolutioniert die Verbindungstechnik im Holzbau in Punkto Schallschutz.

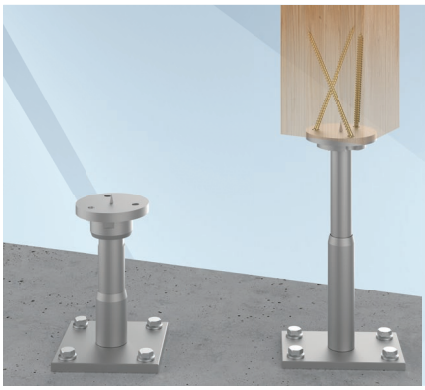
- Optimaler Schallschutz
- Hohe Tragfähigkeit
- Geprüftes System
- Einfache Montage
- Top Schallentkopplung



HOLZVERBINDER

Die ausgereiften und bewährten SHERPA Holzverbinder ermöglichen eine effiziente & wettbewerbsfähige Planung sowie Ausführung anspruchsvoller Aufgabenstellungen im gesamten Bauwesen.

SHERPA-Brandschutzlösungen bis R120
Seit 8. Februar 2022 können alle Planer und ausführende Betriebe im Holzbau von den Neuerungen der ETA-12/0067 profitieren.



POWER BASE

Durch die ausgewogene Kombination unserer Stützenfüße aus der Kopfplatte, der Verschlussarten, den Höhenverstellungsbereichen und den daraus resultierten Tragfähigkeitswerten können aus unserer Sicht alle praxisüblichen Stützenanschlüsse mit lediglich sieben Power Base Typen ausgeführt werden.

SHERPA Connection Systems GmbH
Badl 31, A-8130 Frohnleiten, office@sherpa-connector.com

www.sherpa-connector.com

Qualität und Beratung ohne Gleichen

Unter der Marke Simpson Strong-Tie® produzieren und vermarkten wir innovative Verbinder für Holzkonstruktionen, Kammnägel und Schrauben mit dem Ziel, Holzverbindungen für den konstruktiven Holzbau sicherer, stabiler und effizienter zu machen.

Weitere Informationen unter **strongtie.de** oder rufen Sie uns an +49 6032 8680-0.

SIMPSON
Strong-Tie®

© 2022 Simpson Strong-Tie Company Inc.

Vertrieb FORUM **HOLZBAU**
Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz
T +41 32 372 20 00
info@forum-holzbau.com, www.forum-holzbau.com

Bearbeitung und Satz: Simone Burri, Katja Rossel, Katharina Uebersax

© 2022 by FORUM **HOLZBAU**, Biel/Bienne, Schweiz
ISBN 978-3-906226-48-4