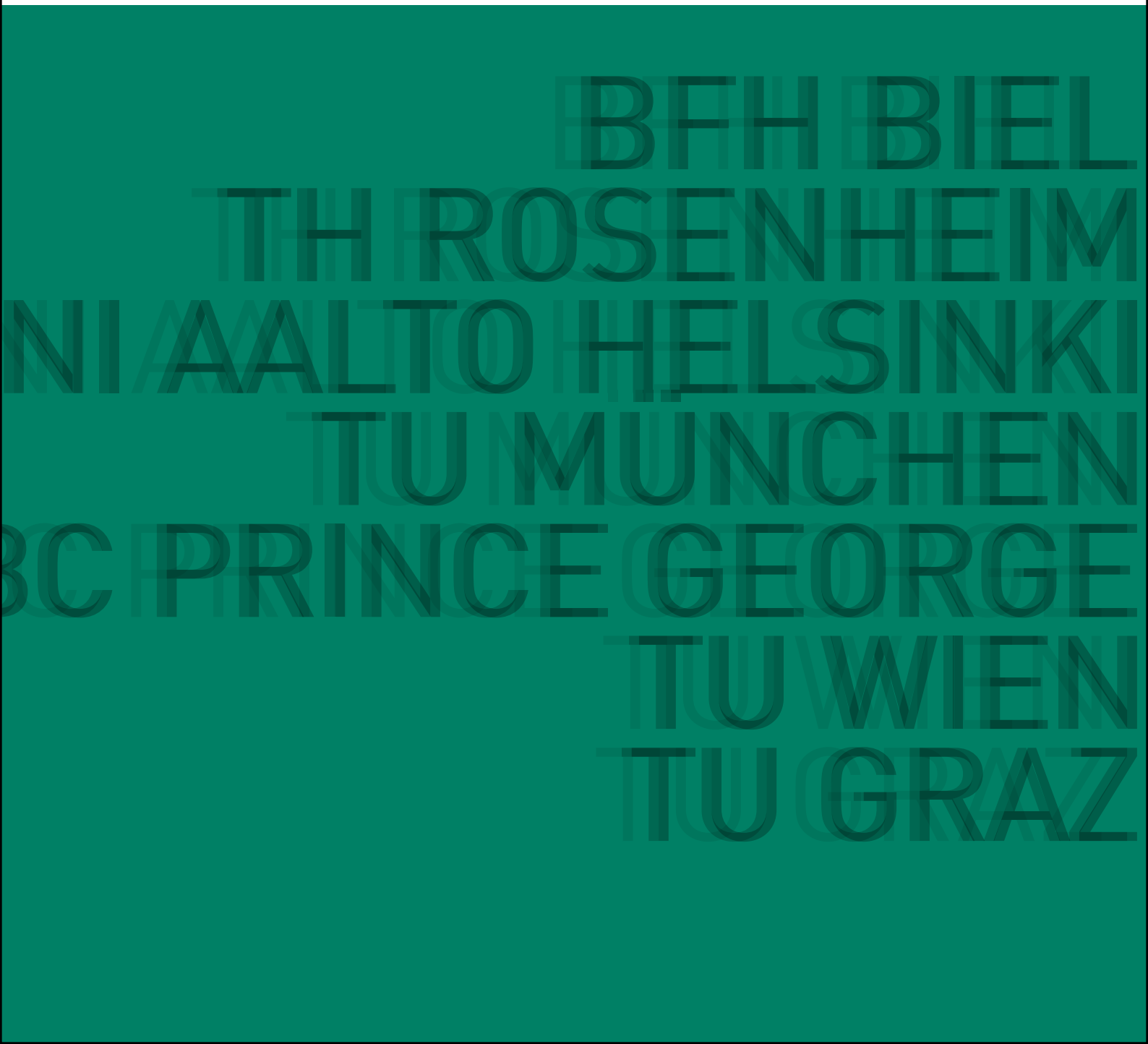
FORUM HOLZBAU TECHNIK & WIRTSCHAFT

2. Internationaler Kongress
HolzBau | Technik & Wirtschaft (HTW)
1./2. Juni 2022, Memmingen, Deutschland

Geschäftsmodelle I Prozesse I Digitalisierung I
Logistik I Automatisierung I Klebetechnik I Strategien



Inhalt

Mittwoch, 1. Juni 2022
Die BAUwelt ändert sich, Neue Geschäftsmodelle entstehen

Cooperate or die – Eine Warnung an die Bau- und Zulieferindustrie 8
Jochen M. Wilms, W Ventures, Berlin, Deutschland

Neue Kette Holzbau – von der Hobelromantik zur zukunftsfähigen Branche 13
Roland Sitzberger, Porsche Consulting, Stuttgart, Deutschland

Open BIM: Am Projekt «Studentisches Wohnen Rosenheim» umgesetzt

Open BIM am Beispiel vom Campus RO Die Sicht eines Architekten 22
Laura J. Heidelauf, ACMS Architekten, Wuppertal, Deutschland

BIM und Holzbau: Die Sicht des Holzbauingenieurs 33
Florian Willers, Pirmin Jung Deutschland, Remagen Deutschland

BIM und Holzbau – Sicht des Holzbauers 40
Bernhard Gineiger, Huber & Sohn, Eiselfing, Deutschland

Block A1
Kostenplanung / Kalkulation im Holzbau – essenziell, standardisiert und schlüssig

Einfache Werkzeuge für valide Kalkulationsansätze im Holzbau 49
Bernhard Braun, BRAUN – EDV im Handwerk, Scheidegg, Deutschland

Das ERP-System als Herzstück der Datenwelt im Holzbau 70
Christof Jeker, Triviso, Solothurn, Schweiz

Block B1
Digitalisierung in Engineering und Produktion

Digitale Fabrikation: Was bringt uns die Zukunft? 76
Hans Jakob Wagner, Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung Stuttgart, Deutschland

Modellbasierte Berechnung von Holzgebäuden: Konstruktion, Bemessung und Berechnung 87
Maximilian Franz und Joshua Brett, ModuGen, Karlsruhe, Deutschland

Digitalisierung für die Produktion 93
Fabian Scheurer, Design-to-Production, Erlenbach/Zürich, Schweiz

Block A2
Planungshilfen zur Wissens- & Effizienzsteigerung im Holzbau

Holz&BIM | BIMwood 107
Sandra Schuster, TUM.wood, Technische Universität München, München, Deutschland

Baudokumentation sichert wirtschaftliches Überleben 112
Richard Hofer, BauDok.com, Seeboden, Österreich

Block B2
Raumzellen – neu gedacht

Küchen und Badmodule mit statischem Ansatz 117
Stefan Beer, Beer Holzbau, Bern, Schweiz

Vorfabrizierte Haustechnik-Module als Problemlöser 124
Nicolas Bless, Tecslot, Luzern, Schweiz

Die Feldfabrik – Wohnraum aus Holzmodulen schnell und effizient vor Ort produziert 130
Stefan Stenzel, LiWooD, München, Deutschland

Donnerstag, 2. Juni 2022
Produktionstechnik und Automatisierung

Fixture systems and methods for window installation 138
Tobias Schauerte, Dept. of Mechanical Engineering, Linnaeus University, Växjö, Sweden

Die Chancen von Mixed Reality im Holzrahmenbau 147
Michael Schär, schaerholzbau / Timbar, Altbüron, Schweiz

Reichenbacher Hamuel – Industrielle Anforderung und Fertigung von Beplankungsteilen im Holzrahmenbau 152
Thomas Czwielong, Reichenbacher Hamuel, Dörfles-Esbach, Deutschland

Robotic im Holzrahmenbau – Stand der Technik 167
Wolfgang Horn, HORN Hausbau Technologie, Reutlingen, Deutschland

Block A3
Logistik & Bauprozesse: Taktgeber von Produktion und Montage

Produktionssteuerung, oder wer dirigiert die Elementfertigung 174
Thomas Arnold, ecoholz, Winterthur, Schweiz

Produktionslogistik 4.0 im Holzbau 178
Thomas Solle, SC Solle Consulting, Barntrup, Deutschland
Tobias Hehl-Puttrich, HUF HAUS, Hartenfels, Deutschland

Digitaler Prozess von der Planung bis zur Baustelle mit modernen Verbindungsmitteln 184
Henning Artmann, Hilti Deutschland, Kaufering, Deutschland

Kooperationen bei Großprojekten – Zusammenarbeit, die Chance für KMU 193
Gerd Prause, Prause Holzbauplanung, Lindlar, Deutschland

Block B3
Schraub- und Klebetechnik im modernen Holz(haus)bau

Verklebung als Verbund für Holz-Beton-Deckensysteme 201
Volker Schmid und Melf Sutter, Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Geklebte Verbindungen für Knotenpunkte von weitgespannten Hybrid-Fachwerkträgern 211
Dr. Jan Wenker, Brüninghoff Group, Heiden, Deutschland

Deconstructable screw-connections for timber concrete composites 218
Gerhard Fink und Mohammad Derikvand, Aalto University, Espoo, Finland

Was bewegt den Holz(haus)bau in der Zukunft

Brettsperrholz: Wo geht's hin in der Fertigungstiefe? 225
Georg Jeitler, HASSLACHER Gruppe, Sachsenburg, Österreich

Maschinentechnologie als Chance für den Nischenplayer im Holzbau 236
Thomas Koster, TechnoWood, Alt St. Johann, Schweiz

Urban Mining und Holzbau 243
Andreas Haug, Baubüro in situ, Zürich, Schweiz

Moderatoren

Alversammer Wolfgang
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 23 81
wolfgang.alversammer@th-rosenheim.de

Prof. Dr. Becker Jörg
Fachhochschule Dortmund
Emil-Figge-Strasse 40
44227 Dortmund, Deutschland

+49 231 911 244 26
joerg.becker@fh-dortmund.de

Prof. Germerott Uwe
Berner Fachhochschule
Solothurnstrasse 102
2500 Biel/Bienne, Schweiz

+41 32 344 03 50
uwe.germerott@bfh.ch

Dr. Hirschmüller Sebastian
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 24 77
sebastian.hirschmueller@th-rosenheim.de

Dr. Koppelhuber Jörg
Technische Universität Graz
Lessingstrasse 25
8010 Graz, Österreich

+43 664 864 40 33
joerg.koppelhuber@tugraz.at

Prof. Dr. h.c. Köster Heinrich
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

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

Prof. Dr. Kraler Anton
Universität Innsbruck
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck, Österreich

+43 512 507 632 06
anton.kraler@uibk.ac.at

Niemann Anne
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 923 881
anne.niemann@tum.de

Ass. Prof. Dr. Schauerte Tobias
Linnaeus University
Lückligsplats 1
351 95 Växjö, Schweden

+46 470 708 824
tobias.schauerte@lnu.se

Prof. Winterberg Norbert
Berner Fachhochschule
Solothurnstrasse 102
2500 Biel/Bienne, Schweiz

+41 32 344 17 74
norbert.winterberg@bfh.ch

Referenten

Dr. Aicher Simon
Materialprüfungsanstalt (MPA)
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 856 22 87
Simon.Aicher@mpa.uni-stuttgart.de

Arnold Thomas
ecoholz GmbH
Markt 226
5441 Abtenau, Österreich

+43 670 605 85 58
ta@ecoholz.at

Artmann Henning
Hilti Deutschland AG
Hiltistrasse 2
86916 Kaufering, Deutschland

+49 170 853 03 17
hanshenning.artmann@hilti.com

Beer Stefan
Beer Holzbau AG
Obere Zollgasse 76
3072 Ostermundigen, Schweiz

+41 31 930 16 55
stefan.beer@beer-holzbau.ch

Bless Nicolas
Tecslot / Wirkungsgrad Ingenieure
Habsburgerstrasse 1a
6003 Luzern, Schweiz

+41 41 510 80 99
nicolas.bless@tecslot.ch

Braun Bernhard
EDV im Handwerk
Ellersreute 1
88175 Scheidegg, Deutschland

+49 8381 929 20 90
info@edvimhandwerk.de

Brett Joshua
ModuGen GmbH
Haid-und-Neu-Strasse 18
76131 Kalrsruhe, Deutschland

+49 157 567 052 90
joshua@modugen.de

Czwielong Thomas
Reichenbacher Hamuel GmbH
Rosenauer Strasse 32
96487 Dörfles-Esbach, Deutschland

+49 9561 599 498
thomas.czwielong@reichenbacher.de

Prof. Dr. Fink Gerhard
Aalto University Foundation sr
Otakaari 1B
00076 Aalto, Finnland

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

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

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

Haug Andreas
baubüro in situ ag
Dornacherstrasse 192
4018 Basel, Schweiz

+41 61 337 84 00
a.haug@insitu.ch

Hehl-Puttrich Tobias
HUF HAUS GmbH u. Co. KG
Franz-Huf-Strasse 1
56244 Hartenfels, Deutschland

+49 2626 76 10
tobias.hehl@huf-haus.com

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

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

Dr. Heilmann Lucas
A-Z Gartenhaus GmbH
Bahrenfelder Chaussee 49
22761 Hamburg, Deutschland

+49 4023 767 05 47
l.heilmann@gartenhaus-gmbh.de

Hofer Richard
BauDok.com GmbH
Treffling 75
9871 Seeboden, Österreich

+43 699 141 414 20
richard.hofer@baudok.com

Horn Wolfgang
HORN Hausbau Technologie
Lüftestrasse 60
72762 Reutlingen, Deutschland

+49 157 326 258 33
wolfgang.horn@hausbau.technology

Jeitler Georg
HASSLACHER Holding GmbH
Feistritz 1
9751 Sachsenburg, Österreich

+43 664 886 305 22
georg.jeitler@hasslacher.com

Jeker Christof
Triviso AG
Hauptbahnhofstrasse 8
4500 Solothurn, Schweiz

+41 32 628 21 28
christof.jeker@triviso.ch

Jung Pirmin
PIRMIN JUNG Schweiz AG
Grossweid 4
6026 Rain, Schweiz

+41 41 459 70 40
pirmin.jung@pirminjung.ch

Dr. Koppelhuber Jörg
KOPPELHUBER² und Partner consulting engineers & architects ZT OG
Sporgasse 11
8010 Graz, Österreich

+43 664 864 40 33
joerg@koppelhuber-partner.at

Koster Thomas
TechnoWood AG
Horb 5
9656 Alt St. Johann, Schweiz

+41 71 997 04 00
thomas.koster@technowood.ch

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

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

Schär Michael
schaerholzbau ag
Kreuzmatte 1
6147 Altbüron, Schweiz

+41 62 917 70 84
michael.schaer@schaerholzbau.ch

Ass. Prof. Dr. Schauerte Tobias
Linnaeus University
Lückligsplats 1
351 95 Växjö, Schweden

+46 470 708 824
tobias.schauerte@lnu.se

Scheurer Fabian
Design-to-Production GmbH
Seestrasse 78
8703 Erlenbach, Schweiz

+41 44 914 74 91
scheurer@designtoproduction.com

Schuster Sandra
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 925 493
sandra.schuster@tum.de

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

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

Solle Thomas
SC Solle Consulting
Torweg 9
32683 Barntrup, Deutschland

+49 172 520 13 95
thomas.solle@gmx.com

Stenzel Stefan
LiWooD Management AG
Rückertstrasse 5
80336 München, Deutschland

+49 151 659 038 30
stefan.stenzel@liwood.com

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

+49 3031 472 163
melf.sutter@tu-berlin.de

Wagner Hans Jakob
Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 858 19 28
hans.jakob.wagner@icd.uni-stuttgart.de

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

+49 2867 223 55 16
jan.wenker@brueninghoff.de

Willers Florian
PIRMIN JUNG Deutschland GmbH
Am Güterbahnhof 16
53424 Remagen, Deutschland

+49 2642 905 91 18
florian.willers@pirminjung.de

Mittwoch, 1. Juni 2022

Die BAUwelt ändert sich, Neue Geschäftsmodelle entstehen

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 die tägliche Diskussion. Es gehört zur Tagesordnung, dass renommierte Unternehmen von der Bildfläche verschwinden. Gleichzeitig werden die Schlagzeilen in den Finanznachrichten von sogenannten «Einhörnern» mit Unternehmensbewertungen in Milliardenhöhe dominiert. Über 400 Einhörner soll es weltweit geben und jeden Monat werden es mehr. Die «Einhörner» vermehren sich rasant und ihre Positionierung und Größe wächst gleichzeitig überproportional. Nicht immer sind die Bewertungen gerechtfertigt, wie es sich zum Beispiel bei «WeWork» zeigte. 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 allen 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 die Top fünf Unternehmen ausschließlich digitale Unternehmen. Die UNO hat mit dem Digital Economy Report 2019 erstmals 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.

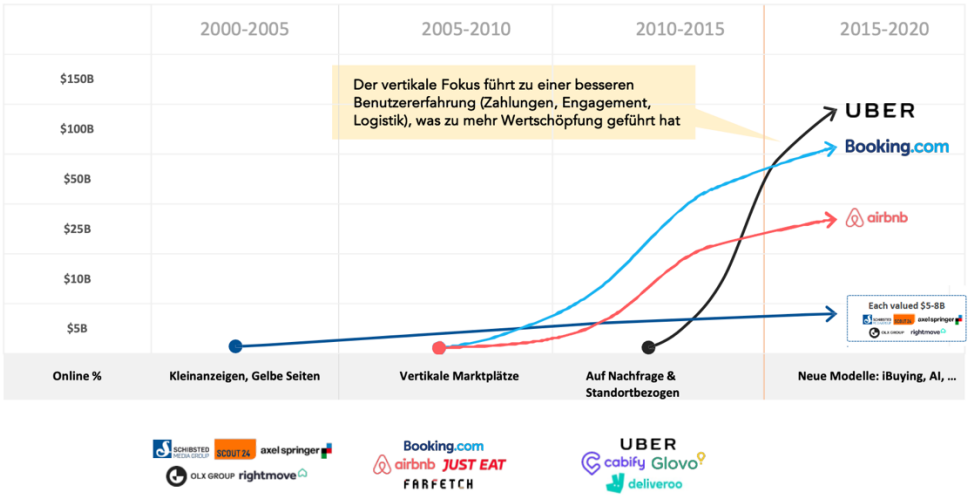


Abbildung 1: (dealroom.co)

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!" \V

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?

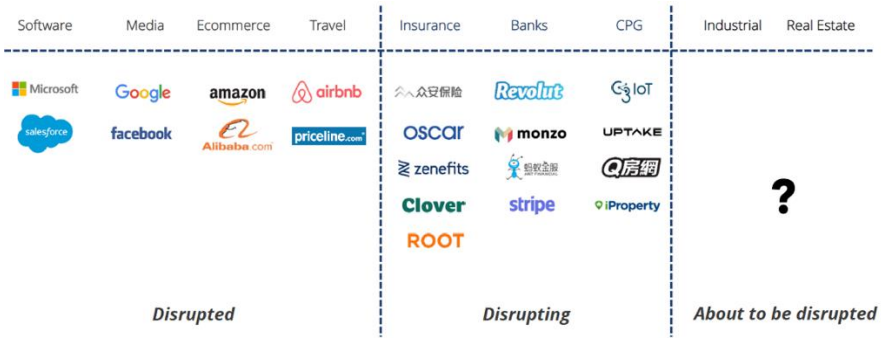


Abbildung 3: (W Ventures)

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 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.

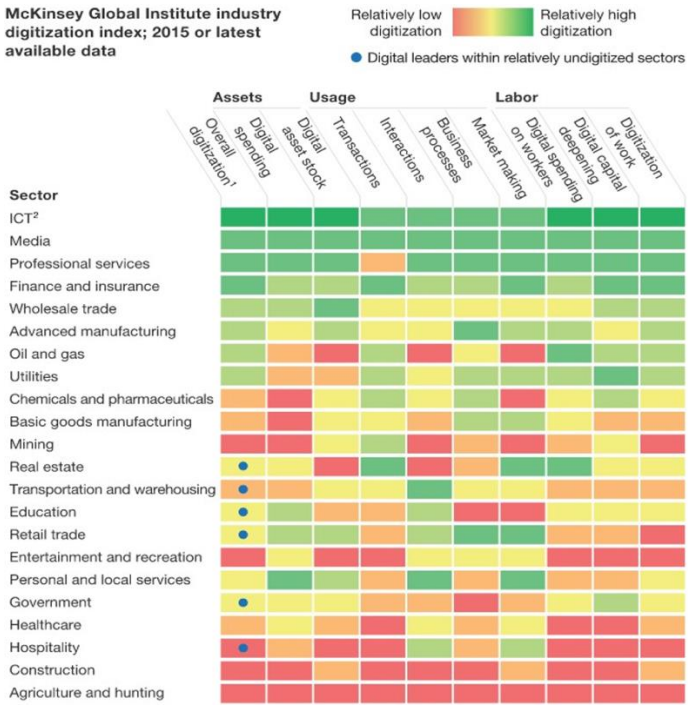


Abbildung 4: (W Ventures)

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 in einem atemberaubenden Maßstab 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 ihren Marken ihre unternehmensspezifische digitale Stärke finden und Mehrwerte für die Kunden schaffen. Sonst macht es eben 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).

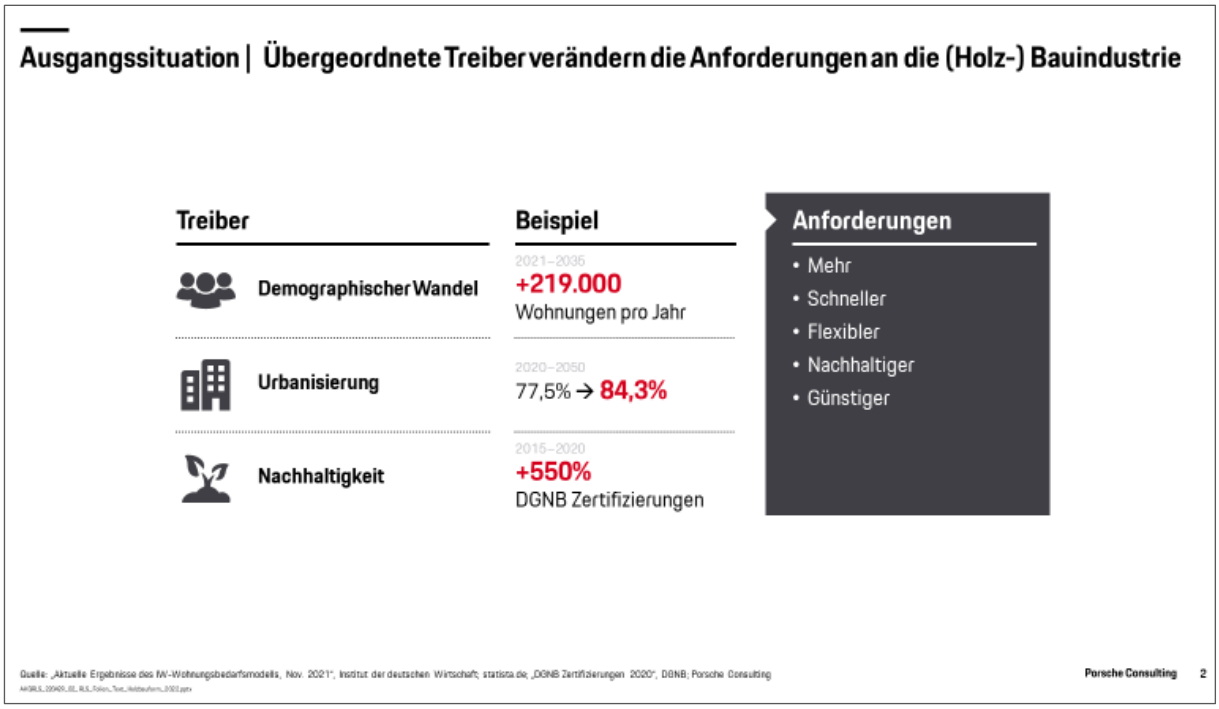


Abbildung 1: Treiber für Anforderungen

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. Fünf 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.

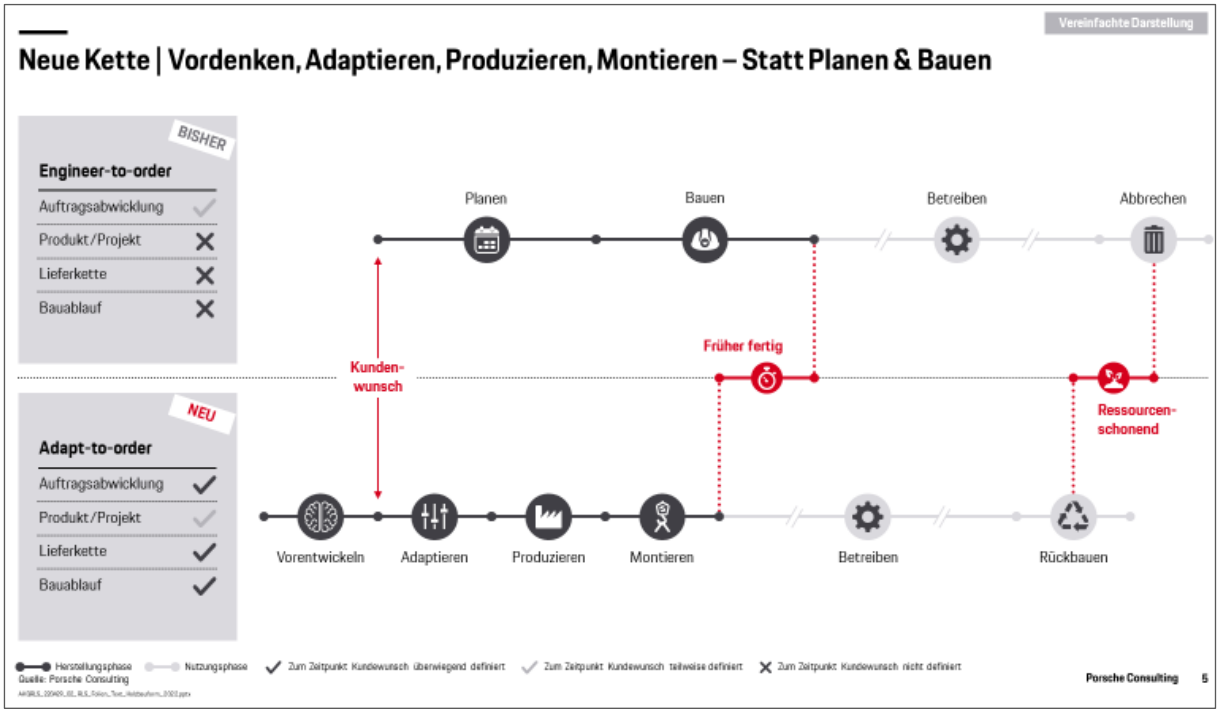


Abbildung 2: Wertschöpfungskette Holzbau, bisher und neu

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.

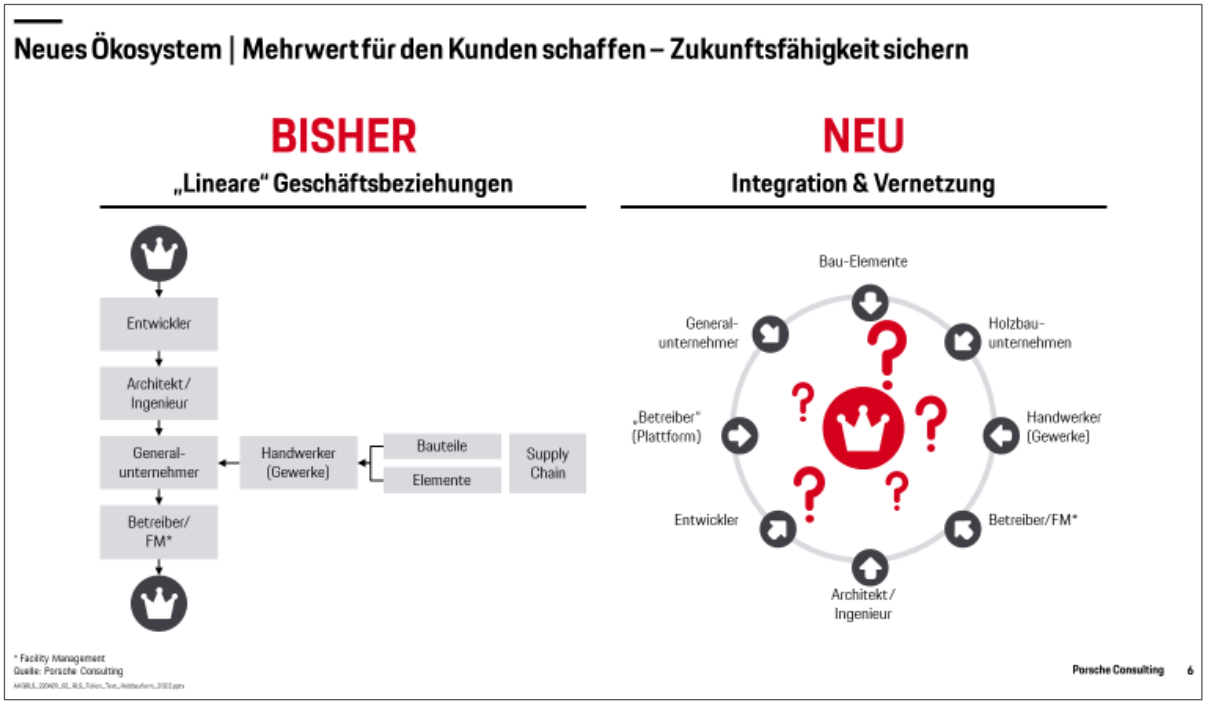


Abbildung 3

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

Open BIM: Am Projekt «Studentisches Wohnen Rosenheim» umgesetzt

Open BIM am Beispiel vom Campus RO Die Sicht eines Architekten

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

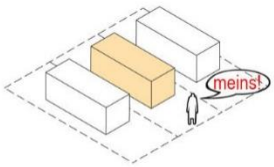
Open BIM am Beispiel vom Campus RO

Abbildung 1: Rendering PONNIE Images, Aachen

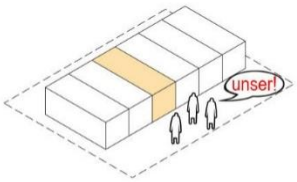
1. Projektvorstellung │ Vom Wettbewerb zum Projekt

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.

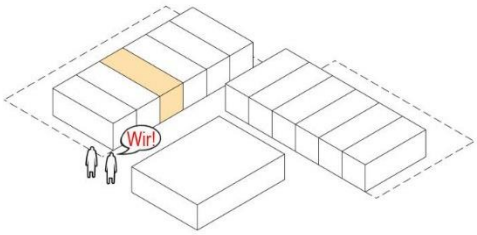
Die Hausreihen werden entsprechend der städteräumlichen Bezüge positioniert und durch Raumbereiche für Gemeinschaftsnutzungen ergänzt.



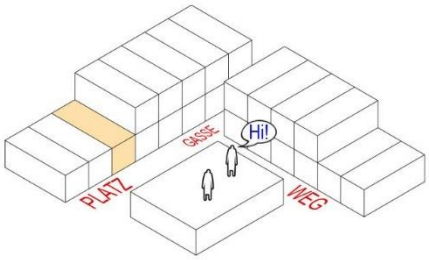
IDIVIDUELLER WOHNRAUM



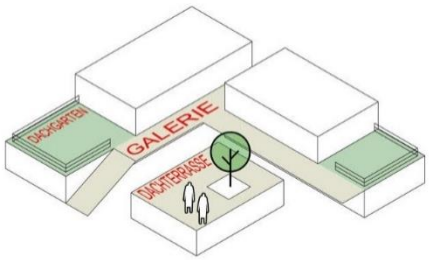
HÄUSERREIHEN - HAUSGRUPPEN



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.

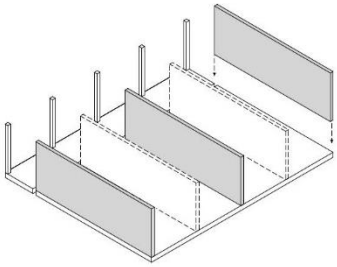
Das Netz aus Wegen und Aufweitungen, Plätzen und Gärten erstreckt sich somit auf alle Wohnebenen und bietet vielfältige Sichtbeziehungen.
Wesentlich ist, dass mit diesem vielfältigen Außenraum an der Schnittstelle zwischen Öffentlichkeit und privatem Wohnbereich ganz selbstverständlich eine Interaktionsfläche 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

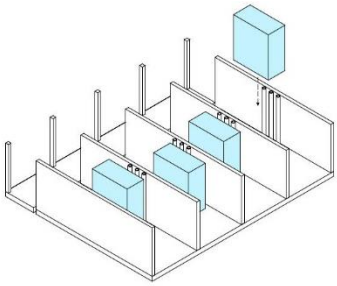
Abbildung 4: Dachgärten und Kontaktbereiche Umsetzung

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

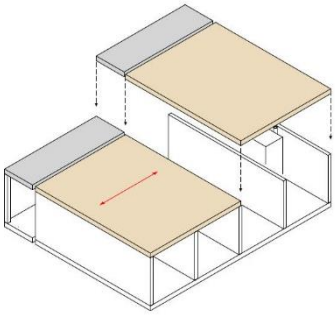
Nach intensiver Prüfung von Varianten werden die tragenden Wände nun als Brettsperrholzwände mit einer einseitigen Vorsatzschale ausgeführt und die Decken als Holz-Beton-Verbunddecken mit einer sichtbaren Holzuntersicht vorgesehen. Dies macht den Holzbau für die Bewohner erlebbar.
Darüber hinaus werden 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.



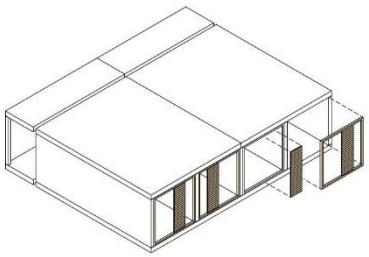
Vorgefertigte Brettsperrholzwände innen & Laubengang aus Betonfertigteilen



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.

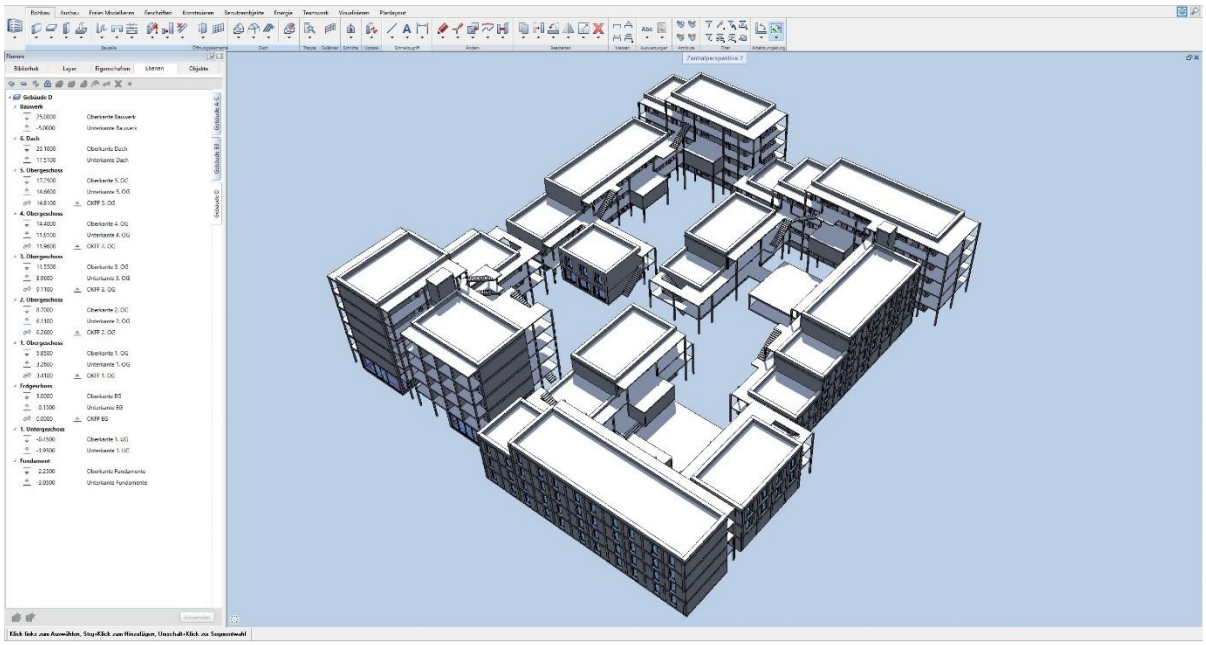


Abbildung 6: Architekturmodell Campus RO in Allplan

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 Prozessen 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.

4.2. 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.

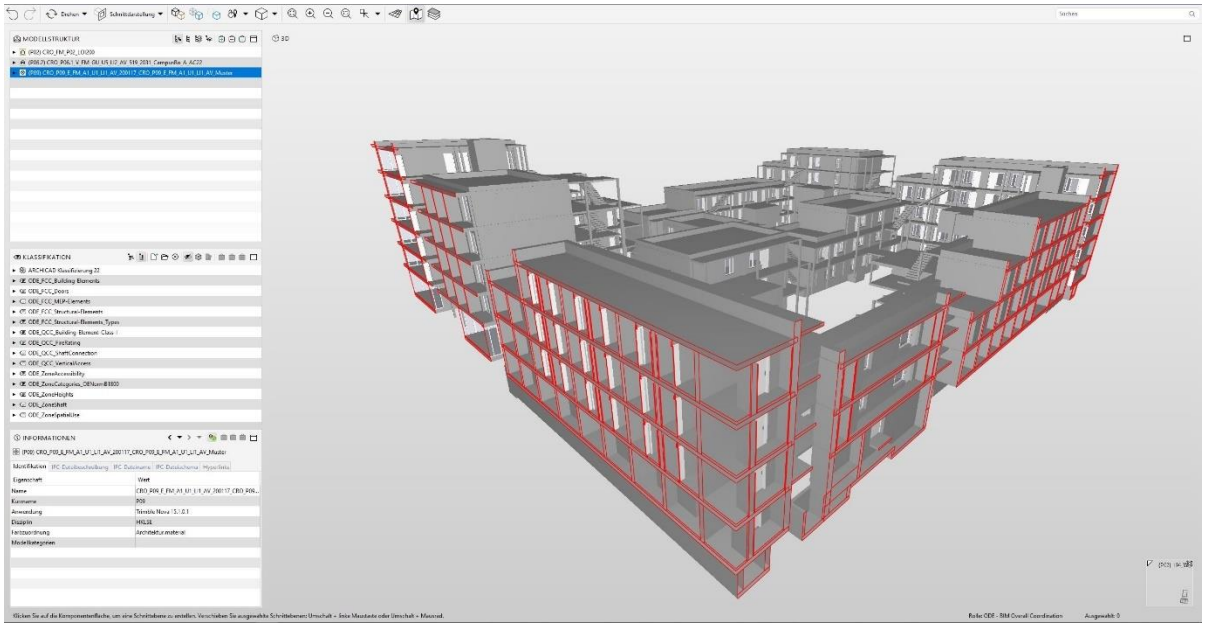


Abbildung 7: Architekturmodell Campus RO in Solibri

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.

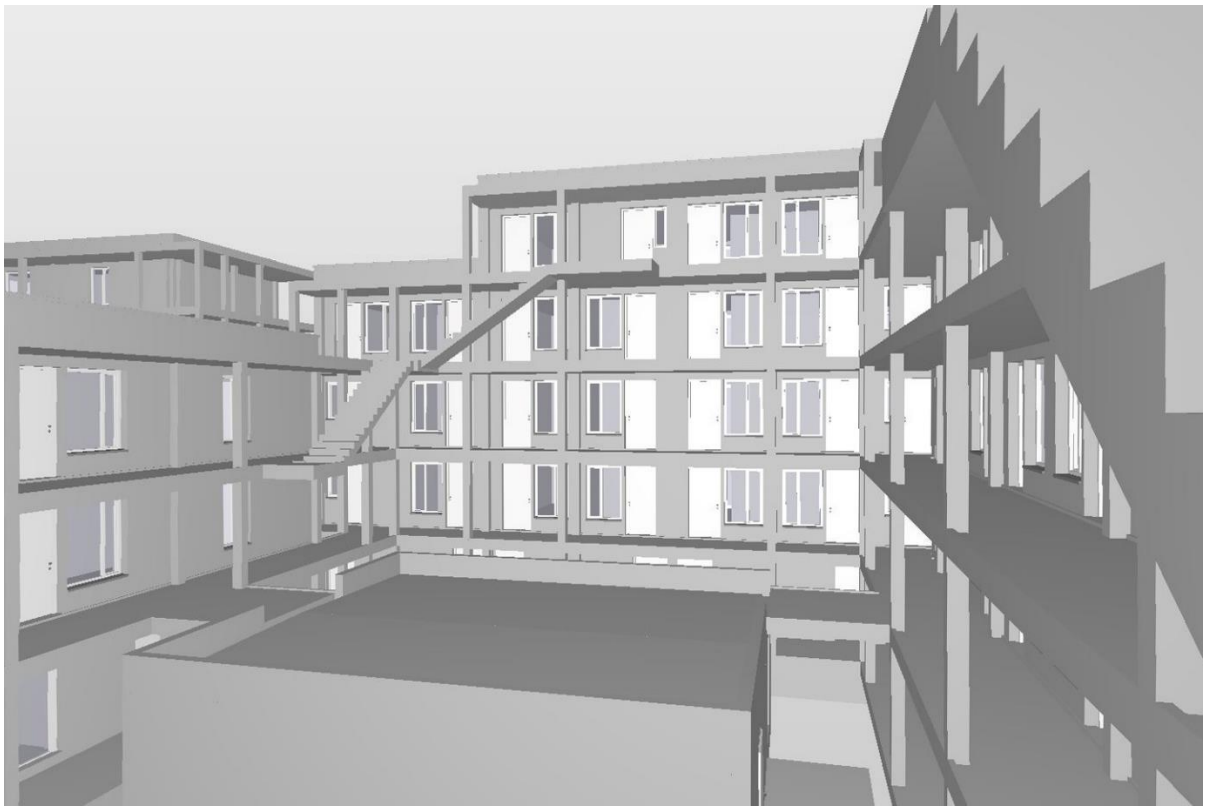


Abbildung 8: Architekturmodell Campus RO in Solibri – Innenhof Haus A

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

BIM und Holzbau:
Die Sicht des Holzbauingenieurs

Florian Willers
Pirmin Jung Deutschland
Remagen, Deutschland

BIM und Holzbau: Die Sicht des Holzbauingenieurs

1. Wunsch und Motivation des Projektteams

Auf den vorherigen Seiten ist das Projekt «Campus RO» von den Mitgliedern des Projektteams vorgestellt worden. Im Folgenden wird die Sicht des zuständigen Tragwerksplaner auf das Projekt und vor allem auf die digitale Planungsmethode dargestellt. Die Pirmin Jung Deutschland GmbH ist bei diesem Projekt für die Tragwerksplanung, den Brandschutz und die Bauakustik verantwortlich. Das Projekt befindet sich derzeit in der Endphase, die ersten Gebäude sind bezogen.

Es war der ausdrückliche Wunsch der Bauherrschaft, dass das Projekt mit Hilfe von digitalen Planungsmethoden umgesetzt wird. Die neuen Methoden generieren Mehrwerte für das Projekt und die einzelnen Disziplinen, so dass die Qualität der Planung insgesamt gesteigert werden kann. Es erfolgt eine Umsetzung unter dem Stichwort «OpenBIM», da vom Bauherrn wird keine spezielle Software gefordert. So wird als kleinster gemeinsamer Nenner das IFC2x3-Format zum Austausch verwendet. Die Pirmin Jung Deutschland GmbH integriert zunehmend die digitale Arbeitsweise in ihren Alltag.

Ein direkter Vorteil der digitalen Methode ist ein gut funktionierender Prozess der Koordination. Wenn alle beteiligten Fachdisziplinen an diesem Prozess teilnehmen, ist der Mehrwert für die Projektierung am größten. Eine modellbasierte Koordination und Kollaboration fördert den Planungsprozess. Das Anwenden der sogenannten «BIM-Methode» ist dabei nicht vertraglich fixiert worden. Alle Planungspartner haben sich freiwillig dazu bereit erklärt, die digitalen Möglichkeiten zu nutzen. Die Freiwilligkeit und die eigene Motivation sind gute Voraussetzungen, die digitale Planung miteinander erfolgreich umzusetzen. Jeder ist sich den Herausforderungen und den eigenen Risiken der digitalen Planungsmethode bewusst. Es besteht aber bei jedem das Interesse, die neuartigen Methoden im Team und praxisnah kennenzulernen und zu vertiefen. Der Vorteil für alle ist ein Erfahrungsgewinn und die daraus kontinuierliche Verbesserung der eigenen digitalen Prozesse.

Dadurch entstehen Vorteile für den Bauherren im Planungsprozess und im späteren Bauablauf. Ein weiterer Vorteil für die Bauherrschaft bzw. den späteren Betreiber der Gebäude ist die Entstehung der digitalen Daten während der Planung. Diese können in das Facilitymanagement (FM) einfließen. Damit dies ein Mehrwert sein kann, müssen die Ansprüche des FM vorgängig definiert werden.

2. Was wir unter BIM verstehen und welche Herausforderungen bringt es mit sich

Bei der digitalen Planungsmethode geht es immer um Prozesse und Daten. Ein wichtiger Punkt dabei ist die Definition der Informationen. Insbesondere die dazugehörigen Fragen, wer, wann, wem, welche Information in welcher Qualität liefert, müssen präzise im Vorfeld erarbeitet werden. Das erfordert eine genaue Definition und Absprache im Team. Diese Daten sollen in einer Form vorhanden sein, die eine weitere Verwendung in anderen Fachdisziplinen ermöglichen - ohne diese erneut einzugeben. Dies ist zugleich eine der größten Herausforderungen der digitalen Planung. Mit den Dokumenten «Auftraggeberinformationsanforderung» (AIA) und «BIM-Abwicklungsplan» (BAP) sind derzeit zwei Hilfsmittel für solche Projekte vorhanden. Darin werden die erforderlichen Daten und deren Verortung definiert. Ebenso werden die Model View Definitions (MVD) definiert, um festzulegen, welche Attribute und IfcClasses in den jeweiligen Modellen exportiert werden. Ein reibungsloser Datenaustausch unter Berücksichtigung der jeweiligen Anforderungen wird dadurch möglich. Die W-Fragen, wer, was, wann, an wen und in welcher Qualität zu liefern hat, müssen darin beantwortet werden.

Beim Einlassen auf die neuen Möglichkeiten der digitalen Prozesse wird schnell klar, dass das «I» in BIM der wichtigste Bestandteil ist. Weiterhin rückt das 3d-Modell in den Hintergrund, da dieses auch mit Hilfe von alphanumerischen Daten in einer Tabelle dargestellt werden kann. Im Prinzip besteht ein Großteil der tagtäglichen Arbeit darin, die notwendigen Informationen zusammenzusuchen und daraus neue Informationen zu generieren und zu verteilen. Digital reduziert ist das Datenmanagement. Meistens kommen im Bauwesen Prozesse nach dem «PUSH-Prinzip» zum Einsatz. So ist einer der größten «Zeitfresser» die Kontrolle und Prüfung, ob der aktuelle Planstand vorliegt oder eben diesen Planstand anzufordern. Mit digitalen Hilfsmitteln können daraus aber «PULL-Prozesse» werden, so dass die Möglichkeit besteht, immer auf den aktuellen Stand zu zugreifen. Die Begriffe entstammen dem Lean Management. Prozesse, die erst angestoßen werden müssen, um ein Ergebnis zu erhalten, sollen vermieden werden. Nachdem Pull-Prinzip können die notwendigen aktuellen Informationen direkt abgerufen und verwendet werden. Das ist ein wichtiger Mehrwert in allen Planungsprozessen und eliminiert die obengenannten Zeitfresser. «BIM» meint somit nur einen Teil der Digitalisierung des Bauwesens, ist aber zu einem Synonym für das Gesamte geworden.

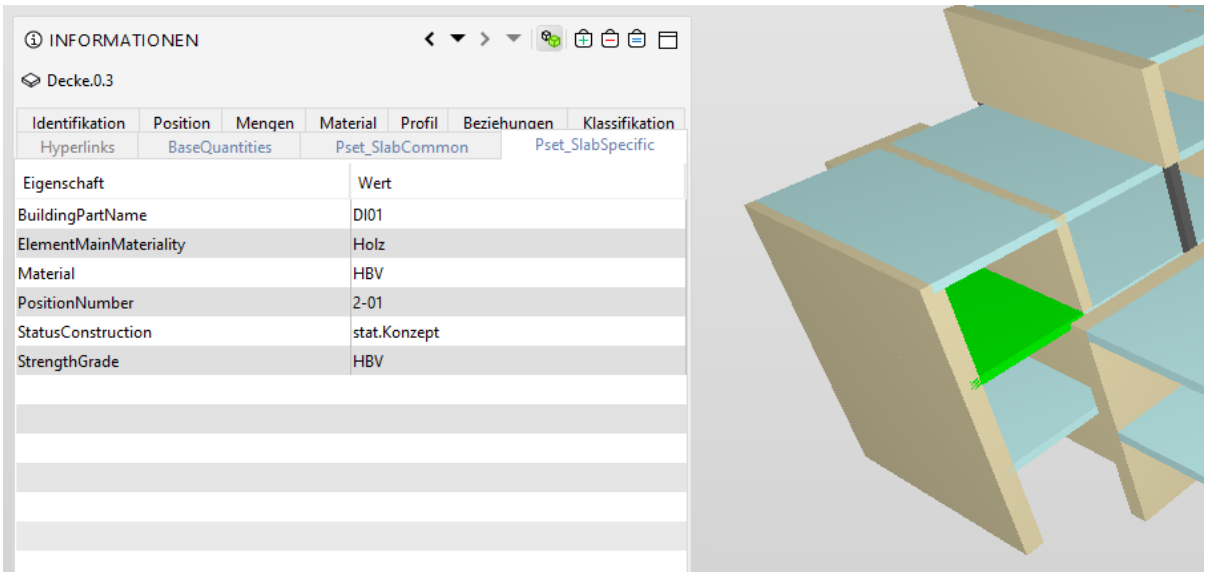


Abbildung 1: Hinterlegte Informationen

Der Begriff «BIM» beschreibt den übergreifenden Kulturwandel und die Digitalisierung im Bauwesen. Es rücken Koordination, Kommunikation und Kollaboration in den Vordergrund und der Computer wird nur für Teilaufgaben im Hintergrund verwendet. Für die «3Ks» (Koordination, Kommunikation und Kollaboration) werden qualifizierte Fachleute gebraucht. Diese benötigen nicht nur ein fundiertes Wissen über das komplexe Bauwesen, sondern auch über die digitalen Prozesse und deren Möglichkeiten. Dabei dürfen menschliche Aspekte nicht in den Hintergrund geraten. Das digitale Miteinander und wie arbeiten wir digital Zusammen darf dabei nicht aus dem Fokus geraten. Das Building Information Modeling ist dabei nur eine erste Stufe, auf der digitale Prozesse durchgeführt werden. Es bringt allerdings heute schon Mehrwerte für den Bauherrn und den gesamten Planungsprozess. So können am digitalen Gebäudemodell zahlreiche Schnittstellen bereits im Vorfeld koordiniert und gelöst werden. Das 3d-Modell trägt zu einem verbesserten Verständnis im Projektteam bei, da eine herkömmliche Zeichnung immer noch einen gewissen Raum für Interpretationen lässt. Die Verortung von Informationen im 3d Modell ist exakt.

Gerade der Holzbau mit seiner Stärke der Präfabrikation ist prädestiniert für die digitalen Planungsmethoden. Im Holzbau gilt immer der Anspruch, frühest möglich die notwendigen Schnittstellen mit anderen Fachplanern zu koordinieren. So kann die Produktionsqualität in der Werkstatt erhöht und die Montagezeit geringgehalten werden. Auch das Modellieren eines 3d Modell ist im Holzbau schon seit mehr als 30 Jahren bekannt. So sind branchenübliche CAD/CAM-Softwares in den späten 1980iger Jahren entwickelt worden. Außerdem sind Zimmerer schon immer für ihr räumliches Vorstellungsvermögen bekannt gewesen – auch ohne CAD.

Für den Holzbau ändern sich somit nur einige Tools, mit deren Hilfe die Kollaboration erleichtert wird. Dazu kommen aber auch neue Herausforderungen! Wie können die Daten der Fachplaner übernommen und weiterverwendet werden? Gerade in Bezug auf die Produktions- und Montageplanung im Holzbau ist das ein spannendes Thema. Es gibt demnach weitere Schnittstellen, die in der Planung berücksichtigt und koordiniert werden wollen. Ebenso muss das Vertrauen der Holzbauer in die Planungsmodelle erhöht und gefestigt werden, damit eine Weiterverwendung funktionieren kann. Hier müssen Prozesse und Kontrollmechanismen entstehen, die eine Übernahme erleichtern und so das Vertrauen der Holzbauer in die Planungsmodelle erhöht.

3. Wie setzen wir digitale Planungsmethoden um?

Im Projekt Campus RO wird ein sehr einfaches Tragwerksmodell modelliert, um dieses in modellbasierten Kollaborations-Workshops zu verwenden. Als Grundlage dient dabei das Referenzmodell der Architektur. Durch die vorherigen Testläufe und die Definitionen im AIA und BAP ist der Import einfach umzusetzen. Auch der Export und das Abfüllen der Informationen ist einfach zu händeln.

Die modellierten, tragenden Bauteile werden dann mit weiteren Informationen, wie z.B. Querschnitt, Festigkeit, Material befüllt. Daraus können dann die herkömmlichen Positionspläne abgeleitet werden. Diese Zeichnungen sind im Prinzip überflüssig und nur ein Nebenprodukt der 3d-Modellierung. Jedoch werden 2d-Pläne weiterhin für die Prüfung der Standsicherheit benötigt. Das Modellieren der Bauteile findet weiterhin in einer 2d Arbeitsebene statt, kann aber auch in einer 3d-Perspektive durchgeführt werden. Die Ausgabe kann anschließend weiterhin in gängigen Formaten erfolgen oder als IFC-Modell.

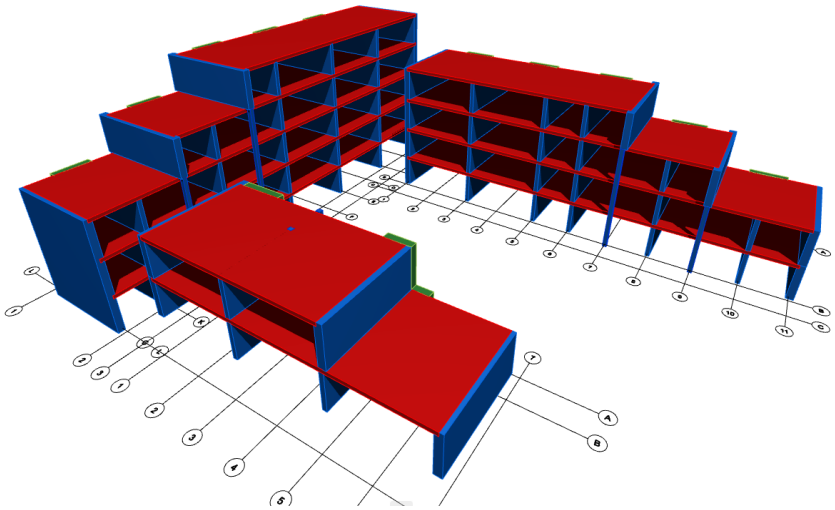


Abbildung 2: TWP Fachmodell in ArchiCAD

Das hat den Vorteil, dass in den modellbasierten Sitzungen auch das Tragwerk vorhanden ist, es erhöht sich die Qualität der Koordination unter den Fachdisziplinen. Die herkömmlichen Planungsbesprechungen sollen dabei von dem 3d-Modell unterstützt werden. Es wird recht schnell deutlich, welche aussteifenden Wandscheiben z.B. mit Fenstern kollidieren, so dass dann gemeinsam im Projektteam nach Lösungen gesucht wird. Auch Kollisionen mit der TGA werden frühzeitig aufgezeigt und behoben. Dazu werden die unterschiedlichen Fachmodelle in eine Software (z.B. Solibri, BIMcollab ZOOM) geladen und miteinander verglichen. Dies ist eine der Aufgaben des BIM-Managers, jedoch kann jeder BIM-Fachkoordinator diesen Vergleich auch selbst ausführen. Daraufhin werden dann die Kollisionen mittels des BCF-Formats (BIM Collaboration Format) an den TGA-Planer übermittelt. So können kleinere Probleme, auch Issue genannt, bidirektional gelöst werden. Wenn es sich aber um größere Abstimmungen handelt, werden diese im Kollaborations-Workshops mit allen Beteiligten behandelt und gelöst. Die selbst erstellten Modelle sollten im Vorfeld einer Selbstprüfung unterzogen werden, so dass unnötige Fehler nicht mit exportiert werden. Die Statik wurde konventionell erstellt.

Im Wesentlichen wird der Prozess «Positionsplan zeichnen» also nur mit Hilfe einer anderen Software getätigt. Aber mit dem Vorteil, dass die wichtigen Informationen des Tragwerkes direkt im Modell gespeichert und abrufbar sind. Aus Sicht des Tragwerksplaners wird hierdurch kein direkter Mehrwert deutlich. Jedoch kann so eine Koordination zwischen allen Disziplinen vereinfacht ausgeführt werden. Das erzeugte IFC Modell kann ebenfalls zur Dokumentation und Bauüberwachung dienen, ebenso als Hilfsmittel für die Arbeitsvorbereitung im Holzbau. Als weitere Herausforderung gibt es noch die alphanumerische Beschreibung der Deckenspannrichtung oder auch der Faserrichtung bei Platten und Stäben eindeutig zu beschreiben. Diesem Thema widmet sich die buildingSmart-Fachgruppe «BIM und Holzbau», damit diese wichtige Beschreibung standardisiert wird.

An der Methode der statischen Bemessung des Tragwerkes hat sich ebenfalls noch nicht viel verändert. Durch besondere Anforderungen z.B. an den Schallschutz werden im Holzbau besondere Maßnahmen in den Details notwendig. Dadurch ergeben sich häufig Exzentrizitäten im Lastabtrag, insbesondere an den Geschossübergängen. Diese Systemachsen können nicht aus einem Architekturmodell abgeleitet werden, um diese dann in eine Bemessungssoftware zu integrieren. Es wird notwendig das Achsmodell des Tragwerkes aufwendig nachzubearbeiten. Eine direkte Weitergabe des berechneten Tragwerks in das Fachmodell ist ebenfalls nicht möglich. Hier fehlt es noch an Schnittstellen der jeweiligen Software. Das Fachmodell «Tragwerk» wird demnach nur für den Mehrwert des Gesamtprojekts erstellt, ohne aber einen direkten Mehrwert für den Tragwerksplaner.

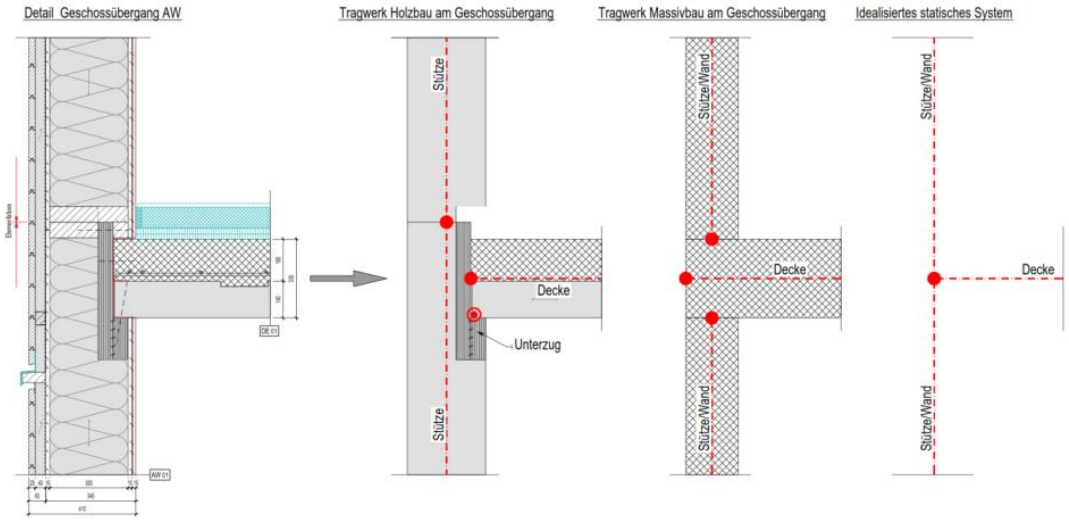


Abbildung 3: statische Tragachsen am Geschossübergang, Amstutz (2019)

In den vergangenen Jahren wurde die SAF-Schnittstelle von einigen Softwares vorangetrieben. Mit dieser ist es möglich das analytische Modell bidirektional zwischen Bemessungssoftware und Ifc-Modellierung zu verknüpfen. Hier stellt sich die Frage, wie schnell man Vertrauen in einen solchen Prozess fast und wir er dann sinnvoll implementiert werden kann. Als Ingenieur ist man ja eh immer etwas skeptisch und überprüft seine Ergebnisse gerne manuell und nachvollziehbar.

Das Projekt wird seitens Pirmin Jung von Matthias Ringenberger vom Standort Augsburg aus geleitet. Die BIM-Fachkoordination wird seitens Florian Willers von Remagen aus übernommen. PIRMIN JUNG hat sich dazu entschlossen, auch die interne Kommunikation bzgl. des Tragwerksmodell und der Bemessung über die BCF-Schnittstelle zu führen. So fallen mir direkt beim Modellieren Situationen auf, die z.B. mit der Architektur abgesprochen werden müssen. Diese können dann eindeutig zwischen der BIM-Fachkoordination und dem Projektleiter ausgetauscht werden.

Die so erstellte BCF kann dann direkt an die jeweilige Fachdisziplin weitergeleitet werden. So bleiben wichtige Hinweise erhalten und verschwinden nicht im Notizenberg.

4. Ausblick

Zum Abschluss des Projektes kann festgestellt werden, dass das Erstellen des Tragwerksmodells mit Hilfe des Referenzmodells der Architektur sehr gut funktioniert. Der Import und der Export der Dateien funktioniert ebenfalls gut. Hier sind die vorherigen Abstimmungen und Workshops von Vorteil. Eine gute Kommunikation mit den BIM-Fachkoordinatoren der anderen Planungsdisziplinen hilft auf dem kurzem Weg Herausforderungen zu lösen. Jedoch sind BAP's und AIA's eine mühselige Angelegenheit. Wenn dies mit weniger Aufwand realisiert wird, wird es einfacher und pragmatischer. Das Projektteam muss sich gemeinsam einmal abstimmen und kann dann loslegen, hier ist noch viel Luft nach oben.

Die modellbasierte Koordination hilft wie erwartet weiter und ist ein Mehrwert für das Gesamtprojekt. Das Potenzial der Kollaborations-Sitzungen ist erkennbar. Diese sollten aber besser vom Objektplaner geführt werden, damit nicht jede Mini-Kollision in der Issue-Liste auftaucht. Dazu benötigt es einfache und abstrahierte Modelle, damit man sich auf das wesentliche konzentriert. Hier muss man geklärt sein, was man wirklich für die aktuelle Leistung im Projekt braucht und wieviel Detailtreue wirklich weiterhilft – und was nicht. Dann hält sich auch der Mehraufwand in Grenzen.

Die Mehrwerte der digitalen Planungsmethode werden aktuell in Nebenprozessen deutlich. So ist die verbesserte Kommunikation, Koordination und Kollaboration sowie die Möglichkeit der Dokumentation oder der Informationsweitergabe zu nennen. Dies deckt sich auch mit dem Bericht «Digitalisierungsindex Mittelstand Baugewerbe» der Deutschen Telekom. Einen wirklichen Mehrwert könnte als Tragwerksplaner generiert werden, wenn man das Tragwerksmodell in einem Bemessungsprogramm auf Grundlage des Referenzmodell erstellt wird. In diesem Modell erfolgt dann die statische Bemessung und die generierten Informationen wie Querschnitt und Festigkeit können direkt in ein Fachmodell exportiert werden. Hierzu kann in Zukunft die SAF-Schnittstelle dienen, aber es braucht das Vertrauen in den Prozess und die Software. Man will sich nicht fragen, was macht die Software da gerade, sondern man muss die Ergebnisse und Berechnungen einfach prüfen und nachvollziehen können.

Eine weitere Zukunftsvision ist eine Schnittstelle zu einer projektspezifischen Datenbank. So könnte ein erstelltes Bemessungsmodell die errechneten Informationen an die Datenbank weitergeben und das Projektteam kann direkt auf die Ergebnisse zugreifen. Hierin müssen natürlich noch interne Prüf- und Qualitätsprozesse integriert werden. Diese Wunschvorstellung ist aber derzeit nicht möglich, da viele Programme so eine Schnittstelle nicht zur Verfügung stellen. Diese Prozesse können dann dem sogenannten BIM Level 3 oder auch Common Data Environment (CDE) bzw. BigData zu geordnet werden. Die Arbeit in so einer Umgebung wäre ein richtiges OpenBIM. Mit CDE ist keine Planplattform gemeint, sondern eine echte Datenbank, z.B. SQL.

Es gibt bereits einige Tools, die diesen Datenaustausch unterstützen und die dafür erforderliche Plattform zur Verfügung stellen. Jedoch ist diese Art im Bauwesen noch nicht weit verbreitet oder sogar noch unbekannt. Die Möglichkeiten zu so einem Datenaustausch sind aber bereits vorhanden und in der Informationstechnologie seit Längerem verankert. Es lässt sich alles auf das Datenmanagement reduzieren, so dass Push-Prozesse durch Pull-Prozesse abgelöst werden.

In den Bereichen Brandschutz und Bauakustik kann ein Anforderungsmodell erstellt werden. Hierbei wird das Referenzmodell eingelesen und mit den notwendigen Informationen, wie z.B. benötigter Schalldämmwert der Fenster aufgefüllt. Dadurch wird einerseits unsere Leistung dokumentiert und übergeben. Zudem ist dadurch für jeden Planer ersichtlich, welches Bauteil an welchem Ort die von uns vorgegebenen Werte erfüllen muss. Es ist auch damit möglich, die SOLL und IST-Werte zu prüfen. Das Anforderungsmodell mit den SOLL-Werten dient dabei als Referenz mit der die IST-Werte verglichen werden. Hierfür gibt es bislang ein grobes Konzept, das aber noch nicht getestet werden konnte. Auch in diesem Bereich würde sich eine CDE hervorragend einfügen und eine Bereicherung sein.

Es gibt im Bereich der Digitalisierung des Bauwesens noch sehr viele Möglichkeiten Prozesse zu optimieren. Hierbei müssen die bisherigen Vorgänge digital überdacht werden, um die technischen Möglichkeiten der Informationstechnologie auszuschöpfen. Vor allem auch

firmeninterne Prozesse können vereinfacht und optimiert werden. Wie oft rechnet ein Tragwerksplaner eine Decke im Wohnungsbau mit einer Spannweite von 5m im Jahr? Einige kleine Anfänge werden mit diesem Projekt deutlich und können von uns umgesetzt werden.

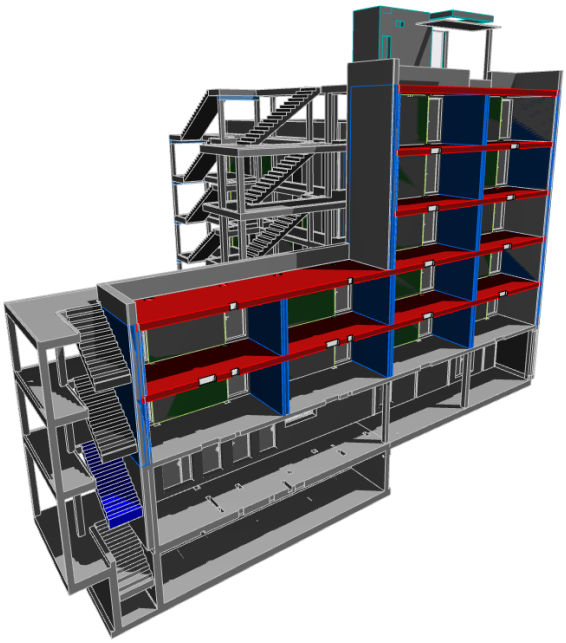


Abbildung 4: Vertikal Schnitt durch Architektur und Tragwerksmodell, Haus D

Das Wichtige ist, dass seitens der Tragwerksplanung der Mut aufgebracht und gestartet wird. Es muss nicht alles bis ins letzte Detail durchgeplant und perfekt modelliert sein. Es werden kontinuierliche Verbesserungen und Erfahrungen entstehen, die die Prozesse immer wieder neu strukturieren und optimieren. Auch der AIA und der BAP werden in der jetzigen Form bald ausgedient haben. Diese beiden Dokumente müssen auf das Wesentliche reduziert werden. Auch eine vorherige lange Diskussion über verschiedene neue Rollen und Aufgaben müssen vereinfacht werden und auf die vorhandenen Planungsbeteiligten verteilt werden. Nur wenn die Projektleiter in der Lage sind die Prozesse zu verstehen, voranzubringen und anzuwenden, wird es dem Projekt helfen. Planungsbesprechungen werden dann mit den Fachmodellen unterstützt, so entfällt auch das Gefühl das «Nach»-modelliert wird und der empfundene Mehraufwand entfällt.

Auch muss das Verständnis da sein, dass in vielen Fällen ein 1-schichtiges Volumenmodell mit Wänden, Decken und Öffnungen ausreichend ist. Das ist für uns Tragwerksplaner völlig ausreichend, um das Tragkonzept zu definieren und mit der Objektplanung abzustimmen. Dieses kann dann einfacher vom Holzbauer für die Werkstattplanung verwendet werden, wodurch sich die Weiterverwendung vereinfacht und vervielfältigt. In der AV wird kein Referenzmodell mit allen Schichten Verwendung finden.

Die Bearbeitung hat viele Erkenntnisse gebracht. Wir konnten Lehren ziehen und Prozesse anpassen und optimieren. Die BIM Bearbeitung im Planungsteam hat sehr viel Spaß gemacht und war sehr angenehm. Jeder hatte Verständnis, wenn es mal nicht lief und man eine neue Runde beim Export drehen musste. Die BIM Bearbeitung erzeugt Mehrwerte, aber der vorherige Abstimmungsaufwand muss gezielter und nicht übers Ziel hinausschießen. Für die Zukunft müssen einfache pragmatische Modelle vorliegen.

Vielen Dank an das gesamte Projektteam und die gute Zusammenarbeit.

5. Quellen

[1] buildingSMART, Mitarbeiten/Fachgruppen: https://www.bsde-tech.de/mitarbeiten/fachgruppen/fg-holzbau/, Stand: 23.01.2020

[2] Amstutz, Christian (2019): Tragwerksplanung im Holzbau innerhalb der BIM-Methode, FHNW, Brugg-Windisch

[3] Deutsche Telekom, Digitalisierungsindex Mittelstand Baugewerbe, November 2019

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 nichtgekannten 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, das die offizielle Zertifizierung sowohl für Import als auch den Export von IFC 4 Dateien vorweisen könnte. Selbst die großen Hersteller für Bauplanungs-Software haben bislang noch keine bidirektionale Zertifizierung erreicht.
(Quelle: buildingSMART, Stand 04/2022)

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, bald 3 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 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)

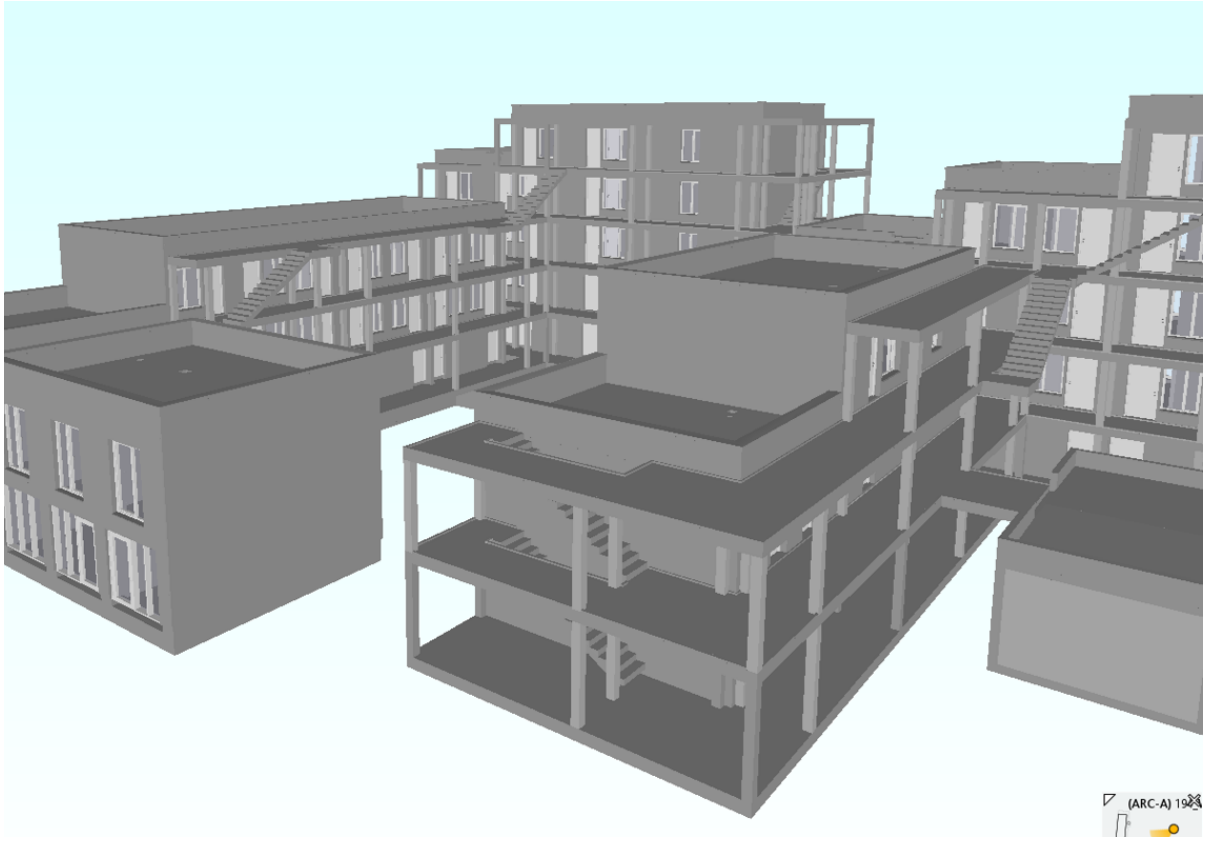


Abbildung 2: Auszug aus dem Architekturmodell (ACMS Architekten)

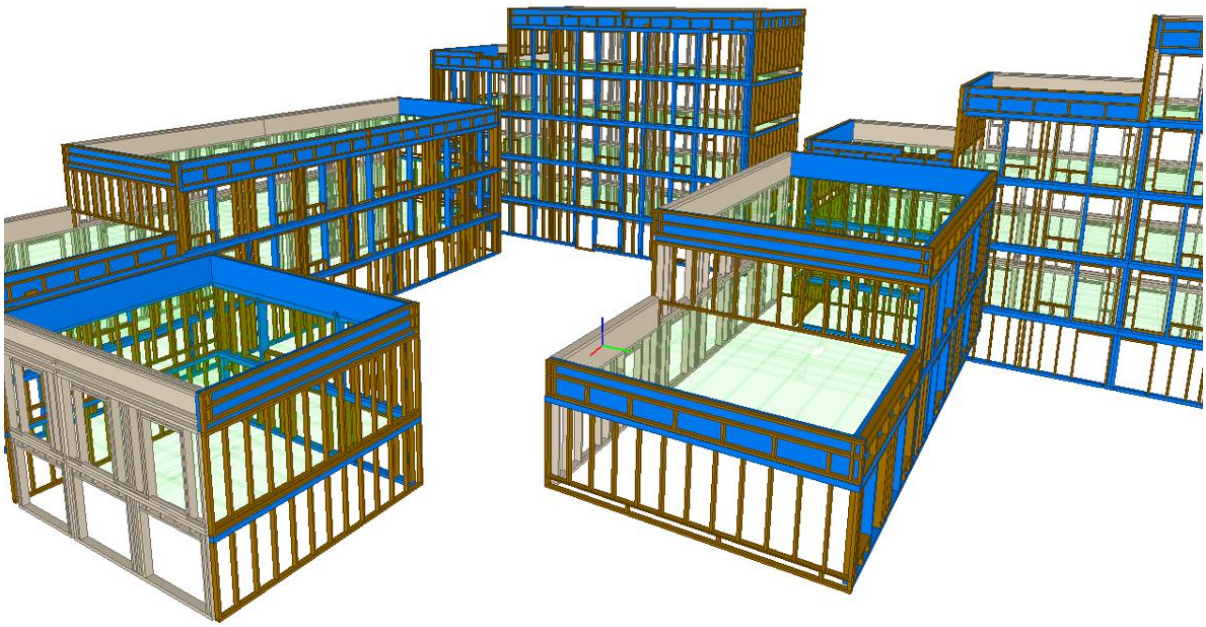


Abbildung 3: Auszug aus Holzbau-IFC-Modell (hier nur Ständerwerk sichtbar) (Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

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

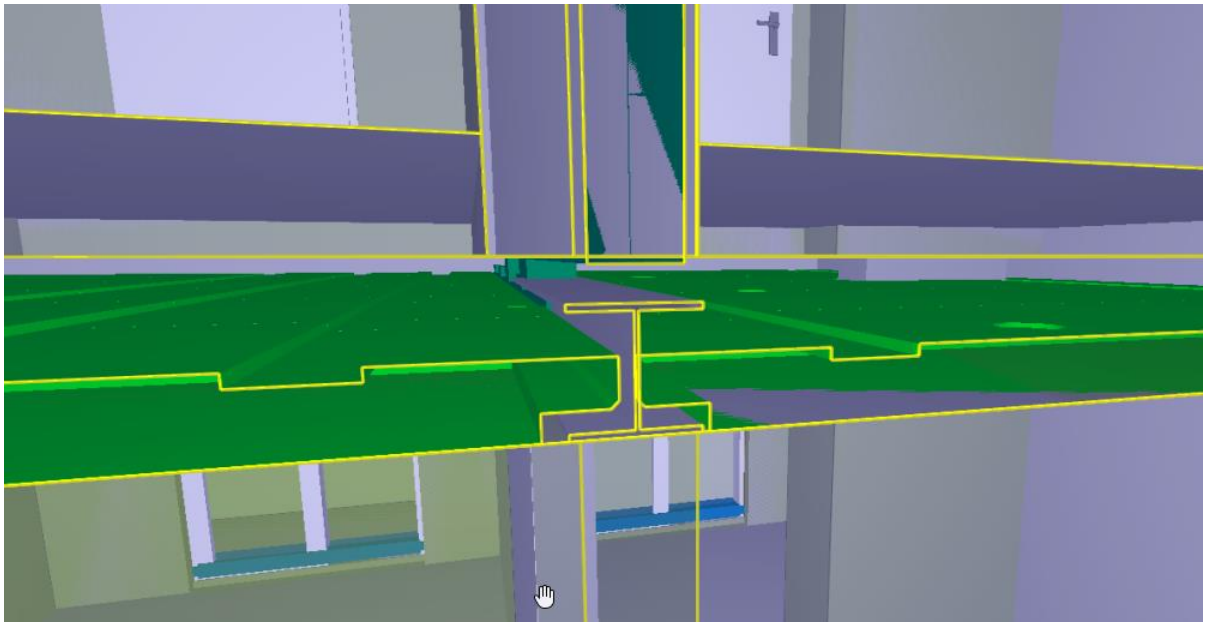


Abbildung 4: Kollision des Stahlträgers mit den Elementen der Holzdecke (Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

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.

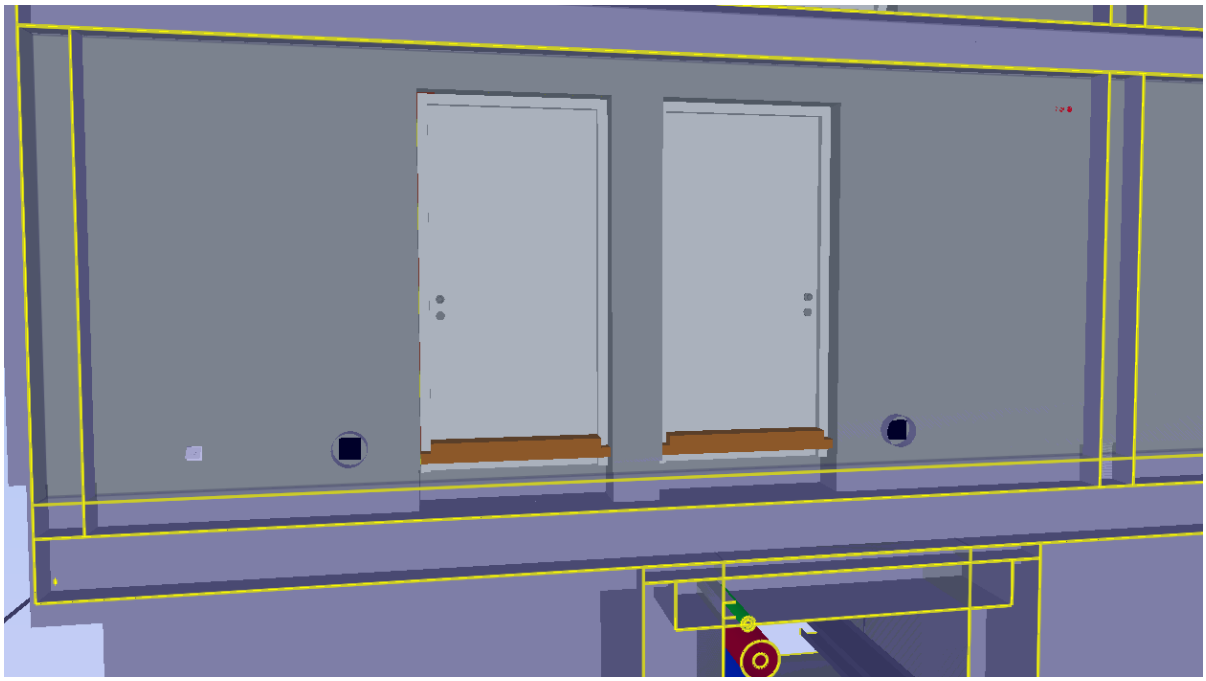


Abbildung 5: Vermeintliche Kollision zwischen Innentüren und Wandschwelle (Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

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.

Block A1

Kostenplanung / Kalkulation im Holzbau – essenziell, standardisiert und schlüssig

Einfache Werkzeuge für valide Kalkulationsansätze im Holzbau

Bernhard Braun
BRAUN – EDV im Handwerk
Scheidegg, Deutschland

Walter Meiberger
Meiberger Holzbau GmbH
Lofer, Österreich

Einfache Werkzeuge für valide Kalkulationsansätze im Holzbau

1. Die benötigten Software-Werkzeuge im Überblick

+ Eine einfach zu bedienende mobile Zeiterfassung

Wir setzen hier auf die mobile und stationäre Zeiterfassung TIME4 aus dem Hause M-Soft

+ Ein gutes Kalkulations- und Auftragsprogramm

Das ERP PASST.prime - ebenfalls aus dem Hause M-Soft - hat sich hier bestens bewährt

+ Eine aussagekräftige Nachkalkulation

Das Modul Nachkalkulation innerhalb der ERP PASST.prime liefert wichtige Informationen. Eine sauber geführte Nachkalkulation ist die Grundlage für die Ermittlung valider Kalkulationsansätze für Ihr Unternehmen.

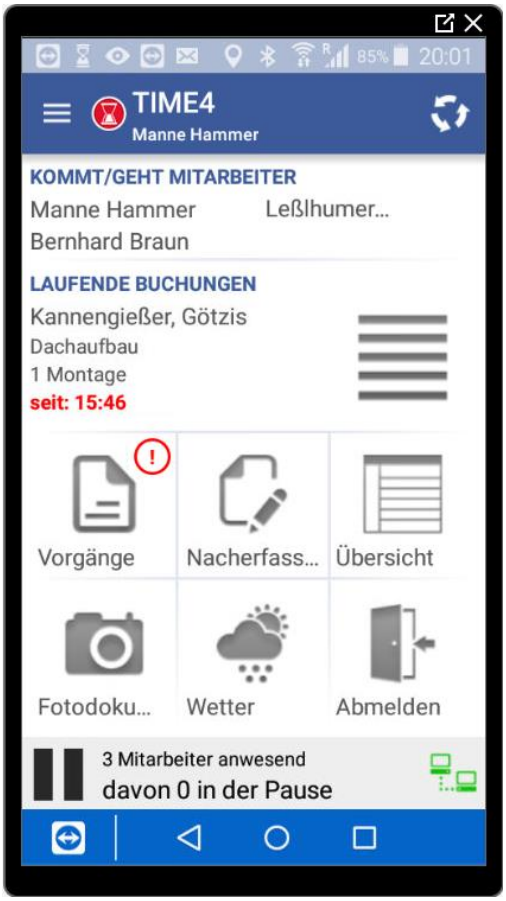
+ Werkzeuge zum Projektcontrolling, zur Bewertung halbfertiger Arbeiten, zur Berechnung des Mindest-Verrechnungssatzes, zur Bewertung des Angebotsbestandes sowie die Visualisierung der Aufträge und Angebote auf dem Zeitstrahl

Unsere Eigenentwicklung LPC (Laufendes Projekt Controlling) greift auf den Datenbestand der ERP PASST.prime zu und liefert zeitnah die benötigten Daten, um frühzeitig in den Baustellenablauf eingreifen zu können und nicht kalkulierte Arbeiten als Nachträge oder in Regie abzurechnen.

2. Mobile Zeiterfassung mit TIME4

BRAUN
EDV im Handwerk
Beratung & Vertrieb

Hauptmenü des TIME4 Zeiterfassungs-App:



Die Aufgabenstellung:
Eine der wichtigsten Herausforderungen bei der Organisation eines Handwerksunternehmens besteht darin, den Mitarbeitern auf der Baustelle folgendes ins Bewusstsein zu rufen:

Heutzutage ist die Dokumentation der geleisteten Arbeiten GENAU SO WICHTIG, wie die fachgerechte Ausführung der Arbeiten selbst.

Denn eine saubere Dokumentation ist die Grundlage dafür, dass die Leistungen auch vom Auftraggeber zur Gänze anerkannt, und damit auch bezahlt werden!

Dass diese Anforderung an die ausführenden Mitarbeitern mit den herkömmlichen Mitteln wie z.B. händischer Stundenzettel, Regiebericht und Bautagesbericht nur sehr schwer umzusetzen ist, weiß jeder Handwerksunternehmer.

Jeder Betrieb kämpft heute mit den gleichen Herausforderungen und meist mit den gleichen stumpfen Waffen, obwohl es dafür eine einfache Lösung gäbe:

Eine mobile Zeiterfassung mit Baustellendokumentation.

Genau das war auch die Aufgabenstellung der Firma Holzbau Meiberger in Lofer im Salzburger Land, als man sich im Jahre 2005 für die Anschaffung einer mobilen Zeiterfassung entschied.
Da zum damaligen Zeitpunkt noch wenige Anbieter von mobilen Zeiterfassungssystemen am Markt waren und in anderen Holzbaubetrieben deshalb auch noch sehr wenig Erfahrungsschatz vorhanden war, entschied sich Walter Meiberger für eine Testinstallation der mobilen Zeiterfassung seines ERP-Lieferanten BRAUN – EDV im Handwerk aus Scheidegg im Allgäu.

Als «Tester» der Zeiterfassung wurde dabei unter anderem auch der Lagermeister auserkoren, weil er schon damals täglich 20 bis 30 händische Zeitaufzeichnung machen musste. Bereits 3 Tage nach Testbeginn der mobilen Zeiterfassung, kam eben von diesem Meister bereits die klare Aussage: **«Walter – das geben wir nicht mehr her!»**

Damit waren im Hause Meiberger Holzbau die Weichen für die mobile Zeiterfassung gestellt und die Digitalisierung hielt nun auch auf der Baustelle und in der Abbund-Halle bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt Einzug.

Dass man damit auch auf einfache Weise seine Kalkulationsansätze verifizieren und ein Regelsystem für die Zeitvorgaben der anzubietenden Leistungen aufbauen kann, stand DAMALS noch nicht einmal im Vordergrund, denn zunächst ging es hauptsächlich darum, dem lästigen Hinterherlaufen der Stundenzettel Abhilfe zu schaffen.

Aber die Erkenntnis reifte danach sehr schnell, dass in der mobilen Zeiterfassung noch wesentlich mehr Potential schlummert, als zunächst gedacht bzw. erahnt wurde.
Heute weiß man, welche wichtigen Aussagen eine Zeiterfassung liefern kann, wenn neben der Erfassung der Arbeitszeiten auf den Auftrag und auf einzelne Tätigkeiten auch noch auf die Auftragspositionen oder auf Arbeitspakete gebucht werden kann.

… und dass so eine mobile Zeiterfassungssystem heute sogar ganz nebenbei die komplette Baustellendokumentation mit erledigen kann – war damals ohnehin nicht vorstellbar.

… ebenso, wie die Materialerfassung auf dem Handy, das Abarbeiten von Checklisten oder sich vom Kunden auf dem Smartphone die Unterschrift als Bestätigung für die geleisteten Arbeiten geben zu lassen - zum damaligen Zeitpunkt – fern jeglicher Vorstellung!

Doch heute – einige Jahre später – ist die Digitalisierung vollends auch auf der Baustelle angekommen.

Hier ein paar weitere positive Aspekte einer mobilen Zeiterfassung:

+ Es können auch aus dem ERP-System direkt übernommene Adressinformationen für die Handy-Navigation und die Handy-Telefonie genutzt werden

+ Die Dokumentation von Fotos und Texten (auch mit Sprachumwandlung am Smartphone direkt aufgesprochen) für die Erstellung eines Bautagesberichtes gehören heute schon fast zum Standard-Funktionsumfang einer mobilen Zeiterfassung

+ Die Wetterdaten, die in manchen Branchen für den Bautagesbericht wichtig sind, können mit der mobilen Zeiterfassung ebenso erfasst werden

+ Obwohl bei Meiberger Holzbau jeder Mitarbeiter seine eigenen Arbeiten selbst bucht, wäre heute auch eine Gruppenerfassung möglich, falls einmal ein Leasing-Monteur oder Helfer mit von der Partie ist, der kein eigenes Erfassungsgerät besitzt.

+ Die Erfassung der Daten am Handy ist unabhängig von einem funktionierenden Handynetz oder einer WLAN-Internet-Verbindung möglich. Teilweise werden bei den Kunden sogar bewusst Smartphones ohne SIM-Karte eingesetzt, welche die erfassten Daten dann morgens und abends im Firmen-WLAN oder an jedem Hotspot automatisch austauschen.

+ Auch das nachträgliche Eintragen der Arbeitszeiten für die einzelnen Tätigkeiten ist bei einer mobilen Zeiterfassung möglich, wenn z.B. sich Arbeitsgänge laufend überschneiden und somit eine mitlaufende Online-Buchung der Tätigkeiten kaum möglich ist

+ Das Einverständnis der Mitarbeiter vorausgesetzt, werden bei jeder Buchung die Geokoordinaten mit übertragen, so dass auch später als Beweis für die Rechtmäßigkeit der Buchungen ersichtlich ist, WO die Zeitbuchungen gemacht wurden.

+ Interne Notizen oder Anmerkungen zu jeder Zeitbuchung können auf einfachste Weise erfasst und in das Büro übermittelt werden (z.B. Bei einem Stau auf der Anfahrt, einer unvorhergesehenen Arbeit, der Beschreibung einer Regie-Tätigkeit, die Dokumentation einer Fehlbuchung, uvm.)

Änderungen und Korrekturen an den Zeitbuchungen:
Wichtig ist bei all der Funktionalität aber, dass der Mitarbeiter selbst, KEINE Möglichkeit besitzt, einmal gemachte Buchungen am Handy nachzubessern bzw. zu modifizieren. Damit verhindert man, dass so mancher Mitarbeiter sich abends den Tag passend zurechtbasteln kann.

Die Möglichkeit der Korrektur und Anderung von Buchungen ist allein dem Büropersonal innerhalb der Backoffice-Software der Zeiterfassung vorbehalten.

Was für viele Handwerksunternehmer vor der Einführung einer Zeiterfassung auch heute noch kaum vorstellbar ist:
Kein Mitarbeiter der Meiberger Holzbau GmbH würde auf diesen digitalen Helfer in der Hosentasche je wieder verzichten wollen!

Denn eines wurde den Mitarbeitern der Firma Meiberger schon damals sehr schnell klar:
Am Ende eines langen Arbeitstages müssen die Arbeiten nicht nochmals durchgekaut werden, um die Zeiten aufzuschreiben, sondern durch das Drücken des «Arbeitsende» Knopfes auf dem Erfassungsgerät/Smartphone ist der Tag im Kasten!

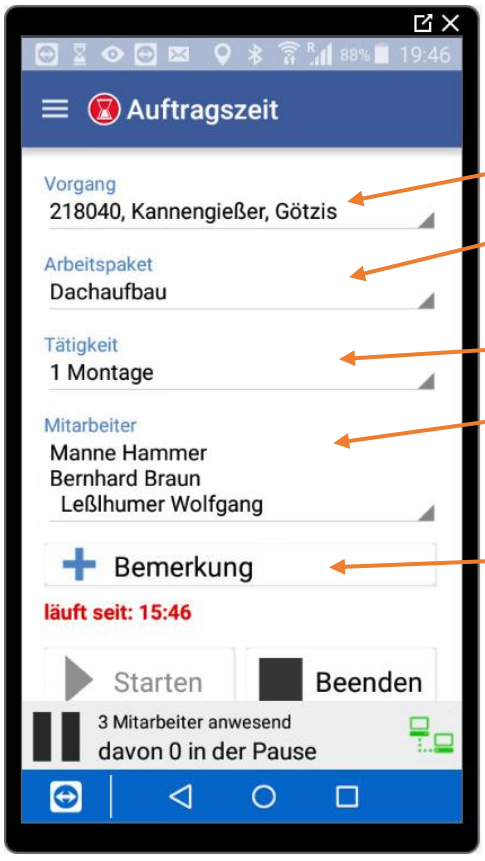
2.1. Online-Zeitbuchungen

Mit dem ersten bei Meiberger eingeführten mobilen Zeiterfassungssystem war es bereits möglich, die Zeiten nicht am Ende des Tages einzutragen, sondern die Zeiten online mit zu stempeln.

Diese Art der Erfassung ist inzwischen unser Klassiker in der mobilen Zeiterfassung, auch wenn das neue System TIME4 zusätzlich die Möglichkeit böte, die Zeiten am Abend ebenfalls im Handy vom Mitarbeiter manuell nachzutragen.

Aber trotz dieser Möglichkeiten blieb und bleibt Meiberger Holzbau bei der Online-Erfassung der Zeiten, also dem laufenden mitstempeln der Zeiten beim Beginn jedes neuen Arbeitsganges.

TIME4 Zeiterfassungs-App mit Online-Buchungsfenster



Die 3-stufige Erfassung:

+ Auftrag

+ Arbeitspaket oder Position (nur im Zusammenspiel mit dem M-Soft ERP PASST.prime)

+ Tätigkeit

+ Sowie die Möglichkeit, gleich für mehrere Mitarbeiter zu buchen bringt Flexibilität und effektives Arbeiten.

+ Eine Bemerkung zu jeder Position birgt die Möglichkeit, zusätzliche Informationen von der Baustelle ins Büro zu transportieren oder Fehlbuchungen sofort zu dokumentieren.

Was sind Arbeitspakete und welche Vorteile bringen sie?
Durch die Möglichkeit, auf Positionen und/oder Arbeitspakete (also ein Set von Positionen, die im Auftrag des ERP gebildet werden) zu buchen, kann die Anzahl der Tätigkeiten massiv eingedampft werden.

Wurden bisher bei der klassischen Erfassung von Auftrag und Tätigkeit bei vielen Holzbaubetrieben über 50 Tätigkeiten gezählt, so kommt man heute bei der Verwendung von Arbeitspaketen auf 5 bis 10 Tätigkeiten. Dazu aber später noch mehr.

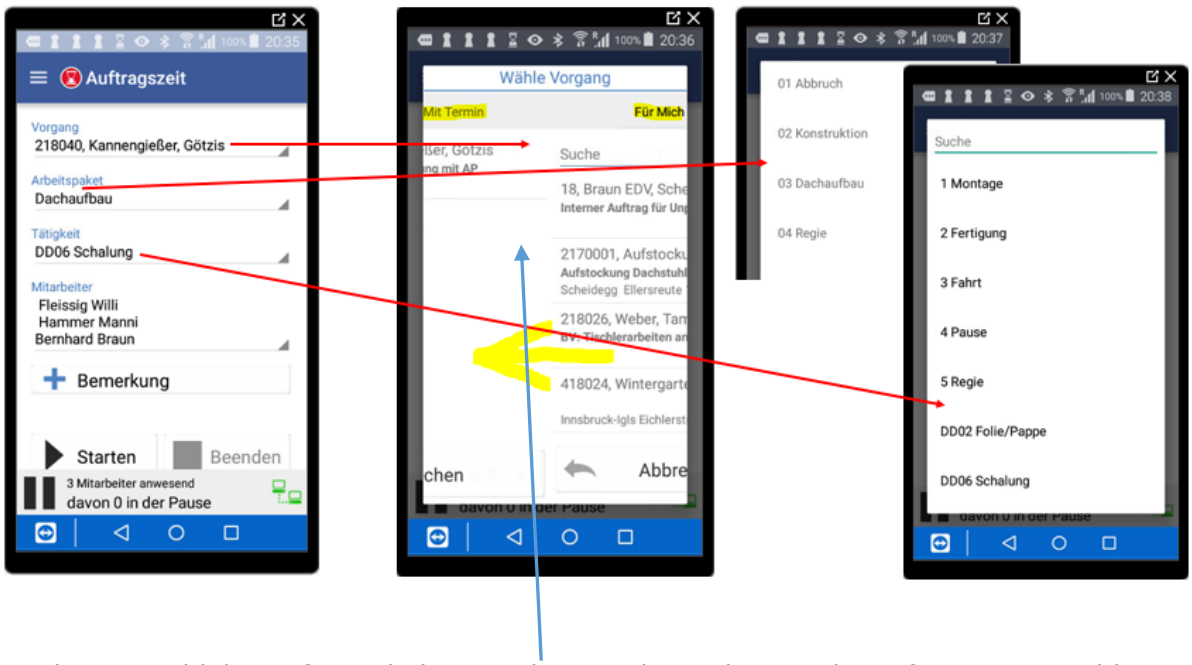
Selbstredend dass der Einsatz von Arbeitspaketen nur dann möglich ist, wenn die Auftragssoftware (ERP) und das mobile Zeiterfassungssystem über eine sehr tiefgreifende Schnittstelle zum Datenaustausch verfügen, was im Regelfall nur dann funktioniert, wenn beide Systeme vom gleichen Hersteller kommen.

Was sind Arbeitspakete und welche Vorteile bringen sie?
Durch die Möglichkeit, auf Positionen und/oder Arbeitspakete (also ein Set von Positionen, die im Auftrag des ERP gebildet werden) zu buchen, kann die Anzahl der Tätigkeiten massiv eingedampft werden.
Wurden bisher bei der klassischen Erfassung von Auftrag und Tätigkeit bei vielen Holzbaubetrieben über 50 Tätigkeiten gezählt, so kommt man heute bei der Verwendung von Arbeitspaketen auf 5 bis 10 Tätigkeiten. Dazu aber später noch mehr.
Selbstredend dass der Einsatz von Arbeitspaketen nur dann möglich ist, wenn die Auftragssoftware (ERP) und das mobile Zeiterfassungssystem über eine sehr tiefgreifende Schnittstelle zum Datenaustausch verfügen, was im Regelfall nur dann funktioniert, wenn beide Systeme vom gleichen Hersteller kommen.

Die Vorteile der Arbeitspakete liegen klar auf der Hand:
Die Erfassung wird für die Mitarbeiter wesentlich einfacher, weil nicht so oft umgebucht werden muss (und damit werden auch die gebuchten Zeiten verlässlicher) UND die Aussagen für die Nachkalkulation werden trotzdem GENAUER!

Hier noch eine Darstellung der sich öffnenden Unter-Fenster, wenn mit dem Finger auf einem der Bereiche der Zeiterfassung getippt wird:

Online-Buchungen
(Buchen auf Vorgänge / Arbeitspakete / Positionen / Tätigkeiten)



Bei der Auswahl der Aufträge bekommt der Mitarbeiter bereits die Aufträge vorgeschlagen, für die er laut Terminplanung heute eingeteilt wurde.

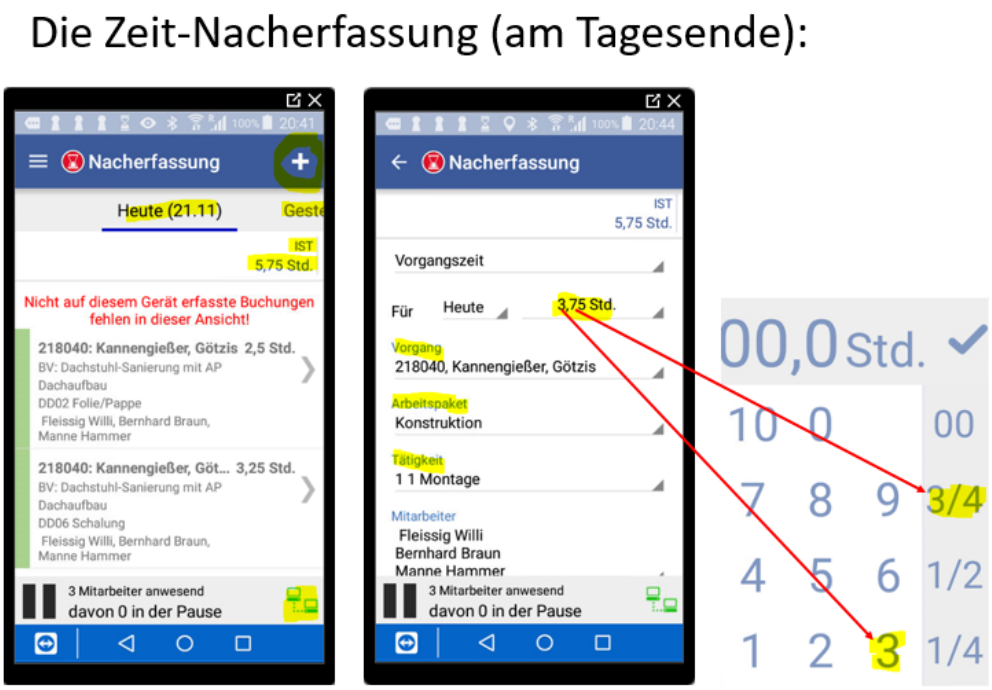
Selbstverständlich können aber auch alle anderen Aufträge ausgewählt werden, auch wenn der Mitarbeiter dort nicht eingeplant ist.

2.2. Nacherfassung von Zeiten

Gelegentlich macht es aber auch Sinn, die Zeiten im App im Nachhinein einzutragen, wenn z.B.

+ viele abwechselnde kurze Tätigkeiten gebucht werden müssen, bei denen ein laufendes Umschalten zwischen den Tätigkeiten zu zeitaufwendig wäre,
+ sich Tätigkeiten überschneiden oder sogar teilweise parallel ausgeführt werden
+ oder wenn Mitarbeiter nicht laufend das Gerät bei sich tragen können/wollen

TIME4 Zeiterfassungs-App Stunden-Nacherfassung



Wie schon erwähnt, bietet die Nacherfassung auch bei Überschneidung einzelner Tätigkeiten eine gute Möglichkeit, die Zeiten pro Arbeitsgang für die Validierung der Kalkulationsansätze einzelner Arbeiten relativ verlässlich zu bewerkstelligen.

2.3. Foto- und Textdokumentation

Um einen Bautagesbericht zu erstellen, werden Fotos und/oder Textdokumentationen zu der jeweiligen Baustelle mit dem Smartphone aufgenommen und erfasst.

Dabei wird der aktuell bebuchte Auftrag schon einmal vorgeschlagen und die Fotos werden im Backoffice und später auch im passenden ERP System direkt zur richtigen Baustelle archiviert.

Eine manuelle Zuordnung zur Baustelle (wie z.B. bei via WhatsApp oder ähnlichen Systemen übermittelte Fotos ist nicht mehr notwendig)

Außerdem erscheinen die Fotos automatisch auf dem Bautagesbericht und dienen damit einer eindeutigen und noch wesentlich genaueren Dokumentation der geleisteten Arbeiten oder nicht vorhersehbaren Situationen, die wiederum dann möglicherweise einen Nachtrag oder eine Regieleistung rechtfertigen würden.

TIME4 Foto- und Textdokumentation:

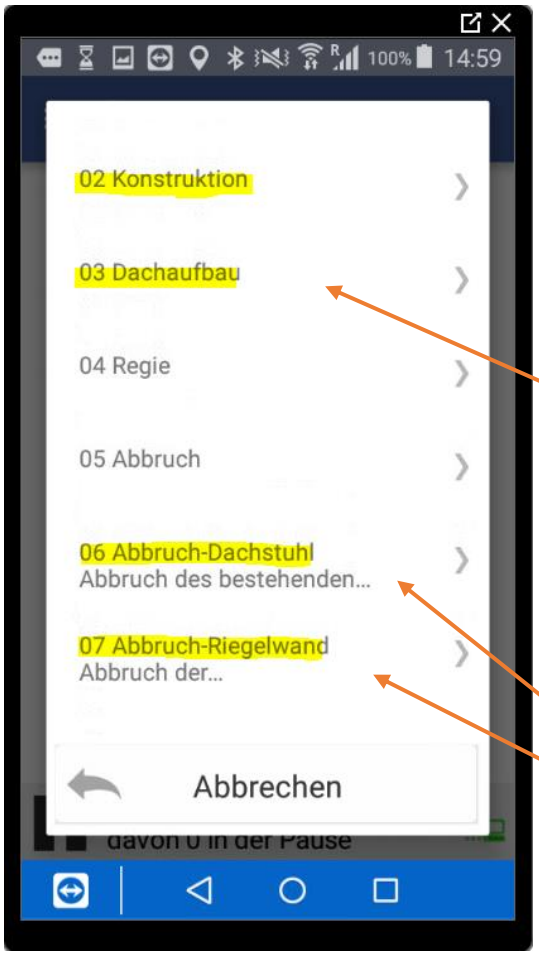
2.4. Wetterdaten für den Bautagesbericht

Für manche Branchen werden auf dem Bautagesbericht auch die Wetterdaten benötigt. Hier kann die Temperatur sowie die Wetterlage (Sonne, bewölkt, Regen, …) am Ort der Baustelle protokolliert werden.

2.5. Zeitbuchungen auf Arbeitspakete und Positionen

Arbeitspakete: Ein Hilfsmittel zur exakten Bewertung einzelner Bauabschnitte und zum Aufbau eines Regelwerkes für die Zeitansätze in den Kalkulationen.

TIME4 Buchung auf Arbeitspakete und Positionen:



Ein Auftrag kann im ERP System PASST.prime der Fa. M-SOFT in einzelne Arbeitspakete für die Erfassung der Zeiten auf der Baustelle eingeteilt werden.

Diese Arbeitspakete werden bereits in der Kalkulations- oder AV-Phase erstellt.

+ Dabei können mehrere Positionen eines Auftrags zu einem Arbeitspaket zusammengefasst werden.

z.B. beinhaltet das Arbeitspaket «Dachaufbau» alle Positionen, bei denen Arbeiten über der Sparrenlage ausgeführt werden.

Aber auch einzelne Positionen des Auftrags können als separate Arbeitspakete auf die Handys geschickt werden, wenn z.B. ein neues Produkt verarbeitet wird, für das noch keine oder wenig Zeitansätze bekannt sind.

Im vorliegenden Fall wurden zwei Abbruch-Positionen als separate Arbeitspakete definiert.

Der Einsatz von Arbeitspaketen gibt dem Kalkulator später die Information, in welchem Bereich des Auftrags die Vorgabezeiten nicht korrekt waren.

Natürlich stellt die Verwendung von Arbeitspaketen einen Kompromiss dar, da ja eigentlich für den Aufbau eines Regelsystems IMMER auf die jeweilige Position des Vorgangs gebucht werden sollte.

Leider gehen hier aber Theorie und Praxis insofern auseinander, dass es in der Holzbau-Branche aufgrund der vielen Positionen eines Auftrags nur schwer möglich ist, dass die ausführenden Zimmerer IMMER die korrekte Position bebuchen.

Doch dieser Kompromiss ist nach Auffassung vieler Kunden die diese Arbeitsweise einsetzen, trotzdem eine gute Lösung.

Die Zeiterfassung mit Baustellendokumentation TIME4 arbeitet nahtlos mit dem Kalkulations- und Auftragsprogramm PASST.prime, ebenfalls aus dem Hause M-Soft zusammen.

Alternativ kann TIME4 aber auch Standalone betrieben und sogar über Schnittstellen an andere ERP-Systeme angeflanscht werden, wenn auch nicht in dieser Tiefe.

3. ERP M-Soft PASST.prime mit Holzbau-Datenkatalog

Das ERP-System aus dem Hause M-Soft ist bei der Firma Meiberger Holzbau seit mehr als 15 Jahren im Einsatz und derzeit wickeln über 5.500 weitere Unternehmen im deutschsprachigen Raum täglich Ihre Aufträge mit PASST.prime ab.
Diese Marktdurchdringung sowie die Empfehlung seines EDV-Beraters Bernhard Braun waren damals auch die Gründe für den Umstieg auf M-Soft PASST.prime.

Die Zusammenarbeit von Walter Meiberger mit der Firma BRAUN – EDV im Handwerk geht noch weiter zurück bis ins Jahr 2000, als dort noch das Vorgänger-ERP im Einsatz war und das damals schon von der Firma Braun betreut wurde.

Ein elementarer Baustein beim erfolgreichen Einsatz einer Kalkulationssoftware ist lt. Walter Meiberger ein ordentlich gepflegter Artikelstamm sowie ein darauf aufbauender Leistungsstamm.

Auch en Artikel- und Leistungsstamm für den Holzbau liefert die Firma BRAUN. Dieser wurde in Zusammenarbeit mit einem österreichischen Holzbauunternehmen aufgebaut.

Neben der exakten Vorkalkulation mit realistischen Zeitvorgaben für die einzelnen Arbeitsgänge sowie exakten Materialstücklisten ist Walter Meiberger vor allem die Nachkalkulation wichtig, weil er damit die Zeitvorgaben seiner Leistungsstücklisten permanent überwacht und ggf. nachjustieren kann.

Auch das integrierte Bestellwesen sowie die zusätzlich erhältliche Kostenrechnung zur Berechnung und laufenden Überwachung des benötigten **Mindest-Verrechnungssatz** ist lt. Walter Meiberger für den Betrieb ein wichtiger Baustein.

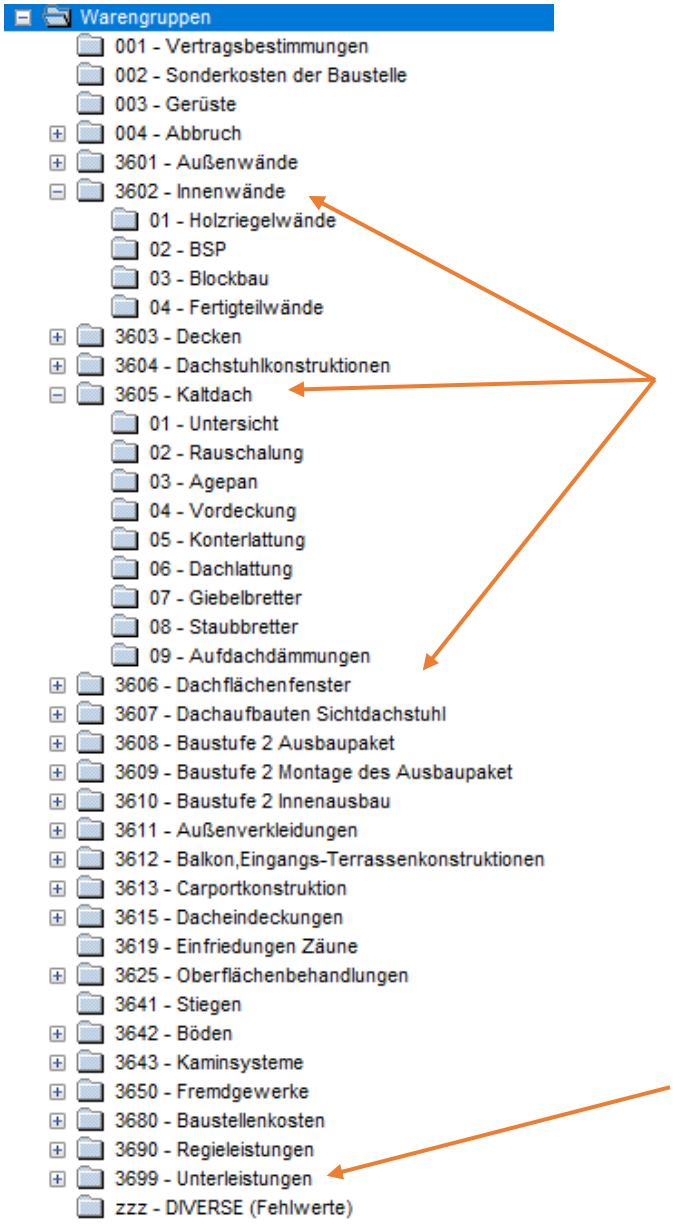
Ein weiteres Thema im Hause Meiberger war eine einfache **Projektvisualisierung mit einem Auslastungsmonitor**, der im Idealfall direkt an sein ERP angebunden ist oder zumindest die Daten aus diesem System zieht.

Hier bietet die Firma Braun eine Eigenentwicklung namens LPC-AUSLAST an, die mit nur einem Knopfdruck die terminierten Aufträge im Zeitstrahl visualisiert und auch bereits die mit einem voraussichtlichen Start-Datum versehenen Angebote automatisch im Zeitstrahl einblendet, was ein Novum in diesem Segment darstellt.

3.1. Leistungskatalog mit Stücklisten und Zeitvorgaben

Eine immense Erleichterung bei der Einführung eines ERP-Systems ist die Verfügbarkeit eines fertigen Artikel- und Leistungskatalog, der dann an die eigene Kalkulationsdenkweise angepasst werden kann.

Holzbau-Leistungskatalog – Leistungsgruppen-Übersicht:



Der Holzbau-Leistungskatalog:

Der zum Programm PASST.prime erhältliche Artikel- und Leistungskatalog wurde zusammen mit einem Österreichischen Holzbaubetrieb aufgebaut und deckt nahezu das gesamte Leistungsspektrum des modernen Holzbau ab.

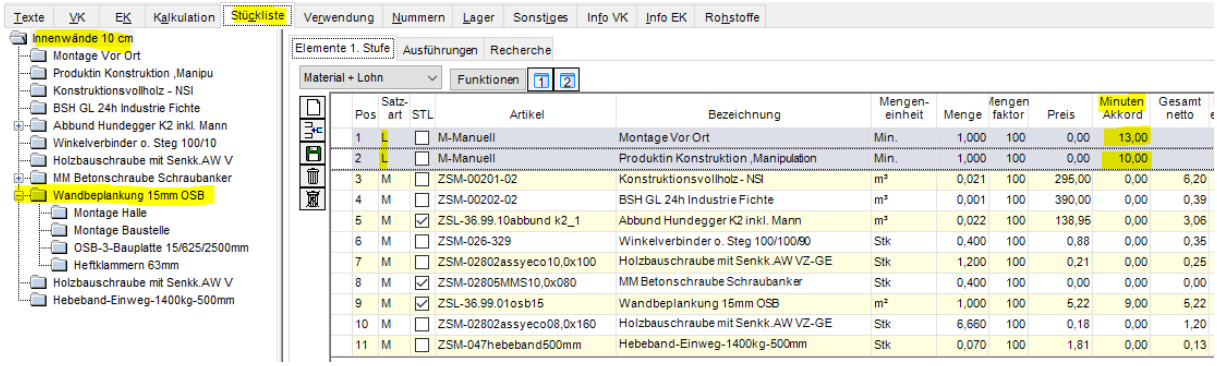
Die klare Strukturierung, angelehnt an die Gruppen der ÖNORM LBH LG36 erleichtert die Einarbeitung in diesen Leistungskatalog sehr.

Die Zeitansätze in den Leistungen für Vorfertigung/Abbund und Montagearbeiten wurden dabei im Holzbaubetrieb in der Praxis ermittelt und stellen das gesamte Kalkulations-Know-How dieses Holzbaumeisters dar.

Die meisten Stücklisten-Artikel sind bereits mit überregionalen Großhändlern verknüpft, so dass nach dem Import der entsprechenden DATANORM-Dateien bereits die Artikelpreise (und damit auch die Leistungspreise) auf den neuen Betrieb angepasst sind.

In mehreren Leistungen benötigte Arbeitsgänge (wie z.B. das Anbringen einer OSB-Wandbeplankung) sind in Unterleistungen definiert und werden dann in den betreffenden Wandaufbauten nur noch in der Stückliste aufgerufen.

Hier als Beispiel die Kalkulation einer 10cm starken Holzriegel-Innenwand:

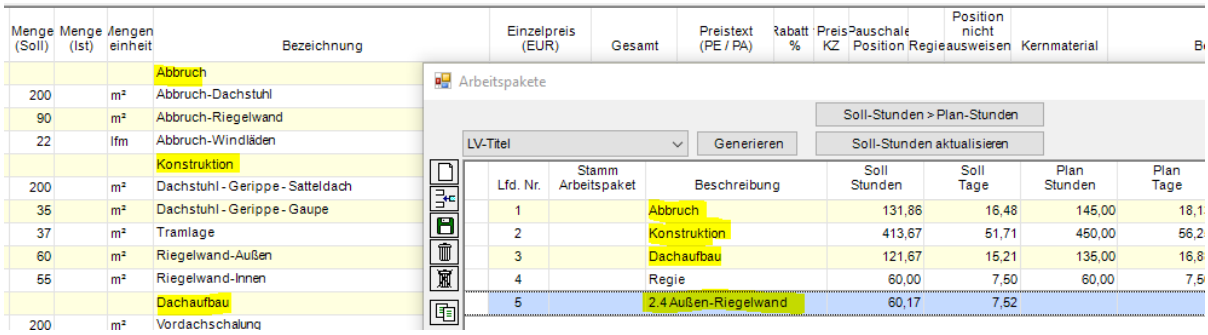


3.2. Definition von Arbeitspaketen für die Zeiterfassung

Um den Mitarbeitern das Buchen der Zeiten zu vereinfachen UND gleichzeitig aussagekräftige und verlässlichere Zeitbuchungen zu erhalten, können in der PASST.prime Auftragsverwaltung mehrere Positionen eines Auftrags zu Arbeitspaketen zusammengefasst werden.

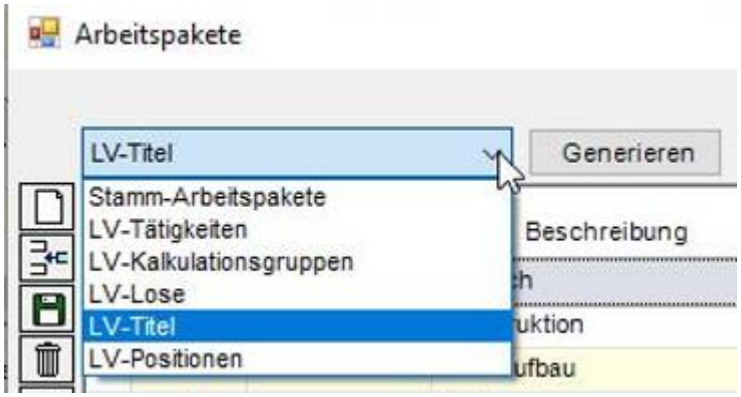
Sogar einzelne Leistungen (Auftragspositionen), für die noch keine (verlässlichen) Zeitansätze vorliegen, können als separate Arbeitspakete definiert werden, um auch hier die Zeiten für künftige Kalkulationen verlässlich zu ermitteln.

Definition von Arbeitspaketen im ERP-System:



Im vorliegenden Fall wurden die Arbeitspakete Abbruch, Konstruktion (Wände, Decken, Dachstuhl), Dachaufbau (Schalung, Pappe, Konterlattung, Lattung, …) und Regie mit 3 Mausklicks erzeugt.
Es wurde aber auch eine Außen-Riegelwand (Position 2.4 im Auftrag) als separates Arbeitspaket definiert, weil dafür noch keine verlässlichen Zeitansätze vorlagen.

Die Erstellung der Arbeitspakete ist sehr einfach und schnell möglich. Es stehen vordefinierte Strukturen zur Verfügung, die auf Knopfdruck verwendet werden können. Häufig genutzt ist dabei die Erstellung der Arbeitspakete nach Titel:



Mit dieser Option wird automatisch aus jedem Titel des Auftrags ein Arbeitspaket generiert.

4. Die Nachkalkulation (auch auf Arbeitspaket-Ebene)

Der Vergleich der Zeiten aus der Vorkalkulation mit den tatsächlich benötigten Stunden ist eine der wichtigsten Vergleichsfunktionen der Nachkalkulation.

Wir haben hier das Augenmerk auf den Vergleich der Zeiten gelegt, aber es können selbstverständlich auch die Material-, Fremdleistungs- und Gerätekosten verglichen werden, sogar auf Positionsebene.

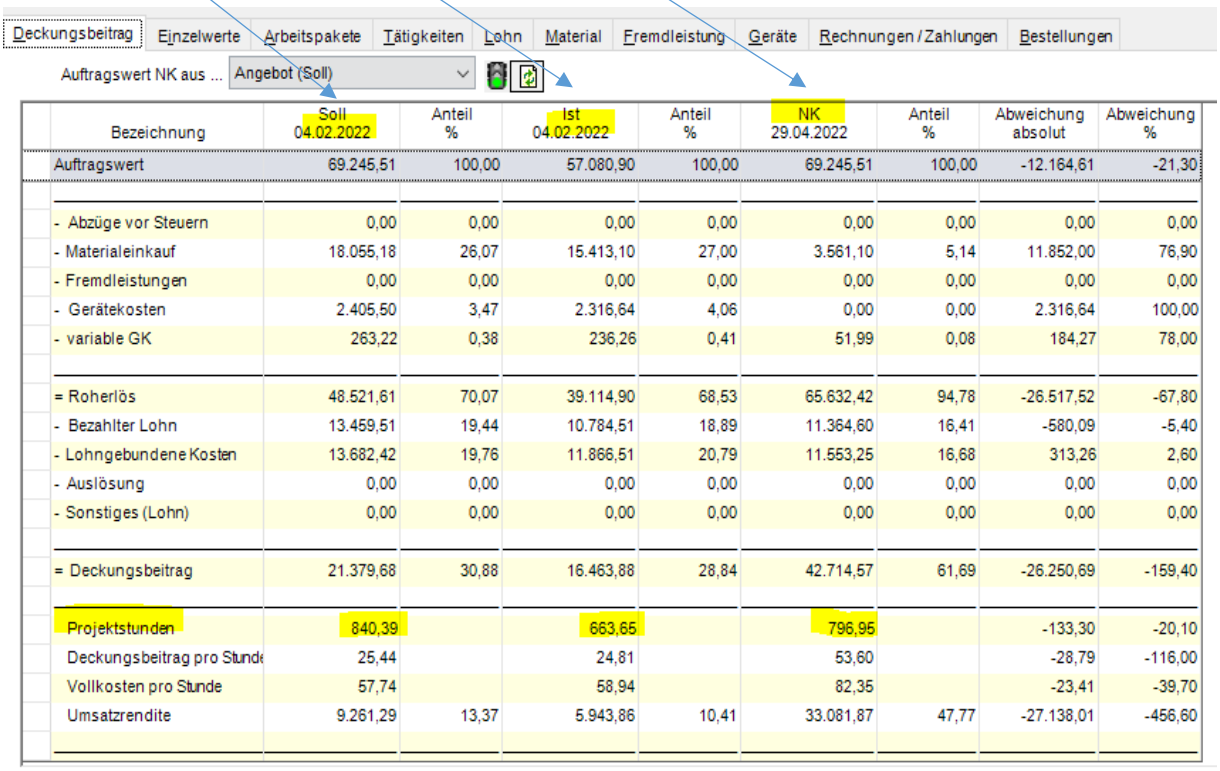
Hier eine Darstellung der Haupt-Auswertung der PASST.prime Nachkalkulation:

Dabei werden die 3 Rubriken unterschieden:

+ Soll (Werte aus dem Angebot)

+ Ist (Werte aus der aktuellen (Teil-)Rechnung)

+ NK (tatsächlich in der Nachkalkulation erfasste Kosten und Zeiten)



Deckungsbeitrag | Einzelwerte | Arbeitspakete | Tätigkeiten | Lohn | Material | Fremdleistung | Geräte | Rechnungen / Zahlungen | Bestellungen

Auftragswert NK aus ... Angebot (Soll)

Bezeichnung	Soll 04.02.2022	Anteil %	Ist 04.02.2022	Anteil %	NK 29.04.2022	Anteil %	Abweichung absolut	Abweichung %
Auftragswert	69.245,51	100,00	57.080,90	100,00	69.245,51	100,00	-12.164,61	-21,30
- Abzüge vor Steuern	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Materialeinkauf	18.055,18	26,07	15.413,10	27,00	3.561,10	5,14	11.852,00	76,90
- Fremdleistungen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Gerätekosten	2.405,50	3,47	2.316,64	4,06	0,00	0,00	2.316,64	100,00
- variable GK	263,22	0,38	236,26	0,41	51,99	0,08	184,27	78,00
= Roherlös	48.521,61	70,07	39.114,90	68,53	65.632,42	94,78	-26.517,52	-67,80
- Bezahlter Lohn	13.459,51	19,44	10.784,51	18,89	11.364,60	16,41	-580,09	-5,40
- Lohngebundene Kosten	13.682,42	19,76	11.866,51	20,79	11.553,25	16,68	313,26	2,60
- Auslösung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Sonstiges (Lohn)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
= Deckungsbeitrag	21.379,68	30,88	16.463,88	28,84	42.714,57	61,69	-26.250,69	-159,40
Projektstunden	840,39		663,65		796,95		-133,30	-20,10
Deckungsbeitrag pro Stunde	25,44		24,81		53,60		-28,79	-116,00
Vollkosten pro Stunde	57,74		58,94		82,35		-23,41	-39,70
Umsatzrendite	9.261,29	13,37	5.943,86	10,41	33.081,87	47,77	-27.138,01	-456,60

Im vorliegenden Fall wird ersichtlich, dass im Angebot eine Gesamtzeit von 840,39 Std. kalkuliert wurden und lt. den Massen des aktuellen (Teil-)Rechnungsstand (in etwa der Baufortschritt) 663,65 Std. Vorgabezeit enthalten sind.

In der Spalte «NK» (Nachkalkulation) wird dargestellt, dass inzwischen in der mobilen Zeiterfassung knapp 800 Std. aufgelaufen sind.

Das sind wichtige Informationen die zeigen, dass sich die Anzahl der bisher aufgewendeten Stunden noch innerhalb der Zeitvorgabe des Angebots bewegt. Die Zahlen einer solchen klassischen Nachkalkulation geben aber keinen Aufschluss darüber, bei welchen Positionen bzw. Titel des Auftrags es bisher zeitlich gut gelaufen ist und wo man bereits zu viel Zeit verbraucht hat.

Genau diese Informationslücke schließen nun die sog. Arbeitspakete.

Dabei werden die aktuell je Arbeitspaket in der Zeiterfassung/Nachkalkulation (NK-Stunden) erfassten Zeiten nicht nur mit den kalkulierten Zeiten des Angebotes (Soll-Stunden), sondern auch mit den Zeiten verglichen, die sich aufgrund des aktuellen Rechnungsstandes (Baufortschritt) ergeben würden (Ist-Stunden).

Damit ist zu jeder Zeit der Auftragsabwicklung eine realistische Einschätzung möglich, in welchem Arbeitspaket bzw. Bauabschnitt die Zeiten davonlaufen (oder falsch kalkuliert wurden).

Im folgenden Beispiel (gleicher Auftrag wie oben) wird ersichtlich, dass die Zeitvorgabe in den Titeln Konstruktion (geringfügig) und Dachaufbau (erheblich) überschritten wurde:

PASST.prime Soll-/Ist Vergleich auf Arbeitspaket-Ebene:

Arbeitspaket Vorgang	Bezeichnung	Soll Stunden	Ist Stunden	NK Stunden
1	Abbruch	140,66	159,04	139,90
2	Konstruktion	441,36	361,84	381,10
3	Dachaufbau	129,80	142,78	177,05
4	Regie	128,56		31,45
5	2.4 Außen-Riegelwand	64,22		58,30
	Gesamtsummen	904,60	663,66	787,80

Selbstverständlich steht PARALLEL noch eine Gegenüberstellung der Tätigkeiten zwischen Angebot und Nachkalkulation zur Verfügung:

Tätigkeit	Bezeichnung	Soll Stunden	Ist Stunden	NK Stunden
1	Montage	96,00	98,40	91,90
DD02	Folie/Pappe	352,43	280,73	146,20
ZI01	Abbund	88,93	81,11	43,40
ZI18	Abbruch	12,65	13,52	9,80

Dies wird dadurch ermöglicht, dass die Mitarbeiter auf der Baustelle die Arbeitspakete ZUSÄTZLICH zu den Tätigkeiten bebuchen, was eine Sicht auf die Zeiten aus unterschiedlichen Perspektiven zulässt.

Somit schließen wir an dieser Stelle das doch weitläufige Thema der mobilen Zeiterfassung ab, ohne uns den weiteren Möglichkeiten von TIME4 wie die zusätzliche Erfassung von Artikel auf den Auftrag direkt am Smartphone, die Abarbeitung von Checklisten, die Unterschrift des Kunden auf dem Smartphone bei Regieaufträgen sowie der daraus automatisch generierte Monteurbericht intensiver zu widmen – einfach aus Zeitgründen.

5. Stundensatzberechnung, Erfolgsrechnung, Bewertung halbfertiger Arbeiten und laufendes Projektcontrolling

Unsere Eigenentwicklung LPC (steht für Laufendes Projekt Controlling) bietet inzwischen folgende Funktionen/Module, welche den Funktionsumfang des ERP Systems PASST.prime aus dem Hause M-Soft aus kaufmännischer und organisatorischer Sicht abrunden.

Dabei werden die Daten aus PASST.prime mit einem Minimum an Programmkenntnissen auf Knopfdruck in Excel-Auswertungen übertragen und stehen dem Bediener damit für alle standardmäßig in Excel verfügbaren Auswertungen bzw. grafischen Darstellungen zur Verfügung.

Folgende Module (auf Excel-Basis) stehen dabei zur Verfügung:
+ LPC-BASIS für das laufende Projektcontrolling,
+ LPC-HF für die verlustfreie Bewertung halbfertiger Arbeiten,
+ LPC-KORE zur Berechnung des Mindest-Verrechnungssatzes,
+ LPC-ERFOLG für die laufende Nachjustierung des Verrechnungssatzes
+ LPC-ANGEBOT für die Bewertung/Analyse des Angebotsbestandes
+ LPC-AUSLAST zur Visualisierung der Aufträge und Angebote auf dem Zeitstrahl

Durch den Einsatz von Excel als Bedienoberfläche ist es so gut wie jedem Anwender möglich, praktisch ohne Einschulungsaufwand mit den ermittelten Informationen umzugehen und diese weiter auszuwerten.

5.1. Berechnung des Mindest-Verrechnungssatzes mit LPC-KORE

Die Berechnung des im eigenen Unternehmen benötigten Mindest-Verrechnungssatz ist noch immer eines der Themen, mit dem sich nach unserem Kenntnisstand noch viel zu wenige Unternehmer beschäftigen.
Anders sind die trotz der derzeitigen guten Auftragslage immer wieder auftretenden «Sonderpreise» mancher Kollegen kaum erklärbar. Von den derzeitigen Unwägbarkeiten bei der Entwicklung der Materialpreise und deren Verfügbarkeiten ganz zu schweigen.
Jedenfalls wäre es doch schön zu wissen, mit welchem Stundensatz bzw. Deckungsbeitrag pro Stunde ich mit meinem eigenen Handwerksunternehmen MINDESTENS kalkulieren müsste, um kostendeckend zu sein und noch den geplanten Gewinn bei jedem kalkulierten Auftrag anteilmäßig zu erwirtschaften.

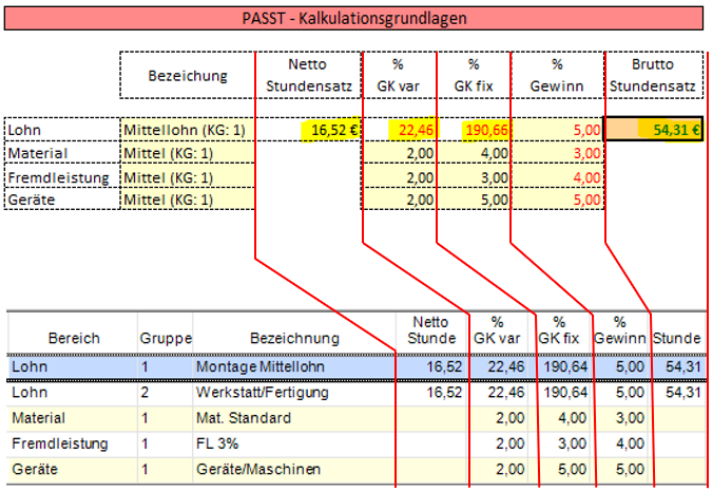
Welche Daten werden denn zu Berechnung des im eigenen Unternehmen benötigten Mindest-Verrechnungssatz benötigt?

Sie benötigen:
+ für jeden Mitarbeiter (oder jede Qualifikation im Mittel) die Lohnkosten, die Zuschläge, die Arbeitstage, die Urlaubs- und die geschätzten Fehltage sowie die Produktivität in %.
+ die Gemeinkosten aus der Bilanz (incl. Löhne und Gehälter, ohne Materialeinkauf)
+ die Vorgaben für Wagnis+Gewinn, Abschreibungen sowie Rücklagenansparungen
+ die geschätzten Einkaufswerte für Material und Fremdleistungen und die durchschnittlichen Aufschläge, mit denen diese Posten im Schnitt beaufschlagt werden.

Daraus berechnet LPC-KORE für Sie:
+ den nach Produktivität gewichteten Brutto-Mittellohn
+ die Zuschläge für variable und fixe Gemeinkosten als Zuschläge für den Bruttolohn
+ den Mindest-Verrechnungssatz (hier als «Brutto Stundensatz» angeführt)

LPC-KORE: Darstellung des Ergebnis der Stundensatzberechnung

	Bezeichung	Netto Stundensatz	% GK var	% GK fix	% Gewinn	Brutto Stundensatz
Lohn	Mittel-Lohn (KG: 1)	16,31 €	22,50	209,74	5,00	56,90 €
Material	Mittel (KG: 1)		2,00	4,00	3,00	
Fremdleistung	Mittel (KG: 1)		2,00	3,00	4,00	
Geräte	Mittel (KG: 1)		2,00	5,00	5,00	



Für Anwender des ERP System PASST.prime aus dem Hause M-Soft besteht der Vorteil darin, dass das Ergebnis der Kostenrechnung in einer Form dargestellt wird, wie sie direkt manuell 1:1 in das Kalkulationsprogramm übertragen werden kann.

D.h. Sie benötigen keinen «Übersetzer», der Ihnen erklärt, wie das Ergebnis aus der Kostenrechnung in Ihr ERP-System eingetragen werden muss.

LPC-KORE ist auch Standalone (also ohne dem ERP System PASST.prime aus dem Hause M-Soft) einsetzbar.

5.2. Dynamische Erfolgsrechnung mit LPC-ERFOLG

Die meisten Kostenrechnungssysteme für Handwerksbetriebe vergessen jedoch eine wichtige Komponente:
Dieser Mindest-Stundensatz eines Handwerksbetriebs ändert sich ja praktisch fast täglich – abhängig davon, welche Erlöse mit den im aktuellen Geschäftsjahr bereits abgewickelten Aufträgen eingefahren wurden!

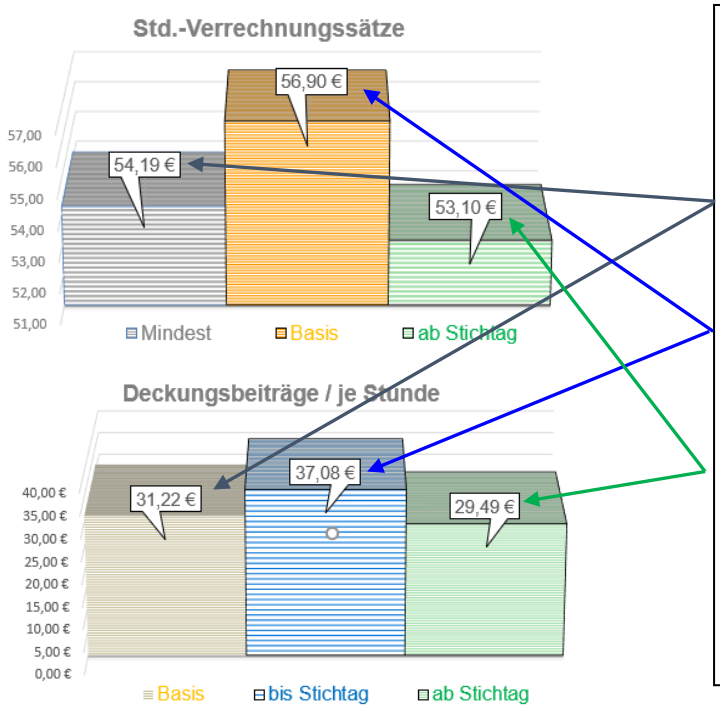
… und genau diese Information erhält der Unternehmer mit dem Werkzeug LPC-ERFOLG.

Wir hatten uns selbst die Aufgabe gestellt, ein System zu entwickeln, das den Handwerksunternehmer täglich über die aktuelle Ertragssituation des Unternehmens informiert, um daraus den von heute bis Jahresende erforderlichen Stundenverrechnungssatz und Deckungsbeitrag pro Stunde abzuleiten.

Die Resonanzen auf dieses Werkzeug sind überwältigend, besonders von den Steuer- und Unternehmensberatern unserer Kunden.

Ein Erfolgsbaustein ist die permanente Überwachung des im eigenen Unternehmen benötigten Mindest-Verrechnungssatz, um das angestrebte Unternehmensziel mit den verbleibenden Produktivstunden des Geschäftsjahres noch zu erreichen.

LPC-ERFOLG – berechnete Stundensätze bzw. Deckungsbeiträge pro Stunde:



Mit LPC-ERFOLG erhalten Sie jeweils als Verrechnungssatz und als Deckungsbeitrag pro Stunde:

+ den lt. Planzahlen in LPC-KORE benötigten Stundensatz bzw. DB/Std.

+ den im aktuellen Geschäftsjahr bis heute erwirtschafteten Stundensatz bzw. DB/Std.

+ sowie den von heute bis Jahresende erforderlichen Stundensatz bzw. DB/Std., um das Unternehmensziel mit den im aktuellen Geschäftsjahr verbleibenden Produktivstunden noch zu erreichen.

Die Kenntnis des aktuell erforderlichen Mindest-Deckungsbeitrag pro Stunde ist im ERP PASST.prime von größtem Vorteil, weil damit in einer speziellen Funktion zur Preisverhandlung mit dem Kunden ermittelt werden kann, welcher Nachlass bei DIESEM AUFTRAG unter Berücksichtigung der aktuellen Erlössituation des Betriebs noch gewährt werden kann.

5.3. Laufendes Projektcontrolling und Bewertung halbfertiger Arbeiten

Eine echte Herausforderung stellt immer wieder das Controlling der laufenden Aufträge sowie die nach dem Bilanzrecht geforderte verlustfreie Bewertung der halbfertigen Arbeiten dar.

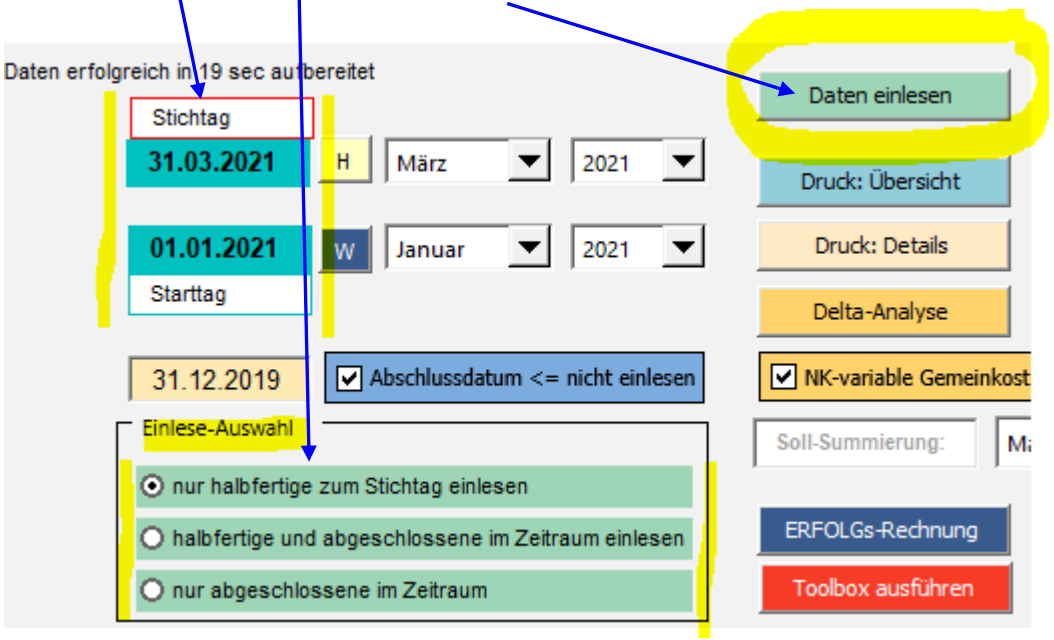
Mit LPC-BASIS werden diese beiden Aufgaben auf Knopfdruck erledigt. Dabei werden alle Daten aus der Auftragsverwaltung und der Nachkalkulation des ERP Systems PASST.prime aus dem Hause M-Soft gelesen und die Aufträge, bei denen noch ein manuelles Eingreifen erforderlich ist, werden farblich hinterlegt dargestellt:

Die Bedienung ist denkbar einfach:

+ 1. Der Zeitraum bzw. Stichtag für die Auswertung der Aufträge wird definiert.

+ 2. Es wird ausgewählt, ob ein laufendes Projektcontrolling oder eine stichtagsgenaue Bewertung der halbfertigen Arbeiten erstellt werden soll.

+ 3. Mit einem Klick auf den Button «Daten einlesen» werden die Daten der selektierten Aufträge aus PASST.prime in Excel eingelesen.



Beim laufenden Projektcontrolling sind bei den selektieren Aufträgen folgende Informationen sehr hilfreich, um den aktuellen Zustand der Baustelle zu beurteilen:

+ Die Auftrags- und Rechnungssummen:

				Rechnungen / Gutschriften (Netto)			
2.695.109,37	1.650.172,56			200,00	1.505.649,97	19.395,71	1.525.245,68
Soll	Ist	Beleg-Nr.	Datum	Abschläge	Teilrechnunger	Sonst. Rechnur	R-Summe
224.338,22	281.531,19	218051 (TR)	23.02.2021		171.898,39		171.898,39
8.400,00	0,00	4711 (R)	01.07.2021			7.058,82	7.058,82
20.604,04	17.888,27	218049 (TR)	23.02.2021		13.388,27		13.388,27
230,00		218038 (R)	20.02.2021			230,00	230,00

+ die Informationen zu den Zahlungen, Zahlungsabzügen, den offenen Posten und der «Break-Even-Point» (BEP) Abweichung:

Skonti und Abzüge		ZahlungenNetto/Brutto		Kennzahlen	
330.308,41	0,00	842.529,03	946.288,22	352.408,24	-460.492,75
Skonti	Abzüge	Zahlungen (N)	Zahlungen (B)	offene Ford.	BEP Abweichung
0,00	0,00	129.915,97	154.600,00	41.982,42	3.830,25
0,00	0,00	7.058,82	8.400,00		6.917,36
				13.388,27	-12.725,29
0,00	0,00	230,00	273,70		69,17

+ Sowie die Informationen zu den in der Nachkalkulation von PASST.prime beim jeweiligen Auftrag verbuchten Kosten wie den Lohnstunden, Lohnkosten, Gemeinkosten, Materialkosten, Material-Gemeinkosten sowie (nicht eingeblendet) den Kosten für Fremdleistungen und Maschinen/Geräte:

17.821,60	**271.890,36**	**0,00**	**61.120,95**	**333.011,32**	**862.202,21**	**43.111,40**	**905.313,61**
Lohn (Std.)	Lohn (Netto)	NK-Lohn	GM-Zuschlag	GS-Lohn	EK-Material	GM-Zuschlag	GS-Material
1.891,55	32.503,04	0,00	7.306,68	39.809,73	79.506,56	3.975,54	83.482,10
7,00	115,50	0,00	25,96	141,46			
181,55	2.610,13	0,00	586,76	3.196,89	9.074,66	453,74	9.528,40

+ und in Folge die Gesamtkosten jedes Auftrags ohne und mit Gemeinkostenzuschlägen:

936.999,06	**107.972,25**	**1.316.861,67**
EK-Aufwand	GM-Zuschlag	GS-Aufwand
85.077,40	11.560,77	129.141,21
	25,96	141,46
9.074,66	1.040,50	12.725,29
153,17	7,66	160,83

Bei einer Bewertung der halbfertigen Arbeiten stehen die bilanzrechtlich korrekt ermittelten Zahlen im Nu zur Verfügung und in der Spalte «individuell» hat der Steuerberater nochmals die Möglichkeit des manuellen Eingriffs (z.B. Bei Abschlagrechnungen kurz vor Jahresende, etc.):

LPC-BASIS/HF: Aktueller Stand der Halbfertigen Arbeiten zu einem beliebigen Zeitpunkt in der Vergangenheit:

			Bilanz-Bewertung	
936.999,06	**107.972,25**	**1.316.861,67**	**1.302.835,30**	**1.302.835,30**
EK-Aufwand	GM-Zuschlag	GS-Aufwand	Individuell	Empfehlung
85.077,40	11.560,77	129.141,21	129.141,21	129.141,21
	25,96	141,46	141,46	141,46
9.074,66	1.040,50	12.725,29	12.725,29	12.725,29
153,17	7,66	160,83	160,83	160,83

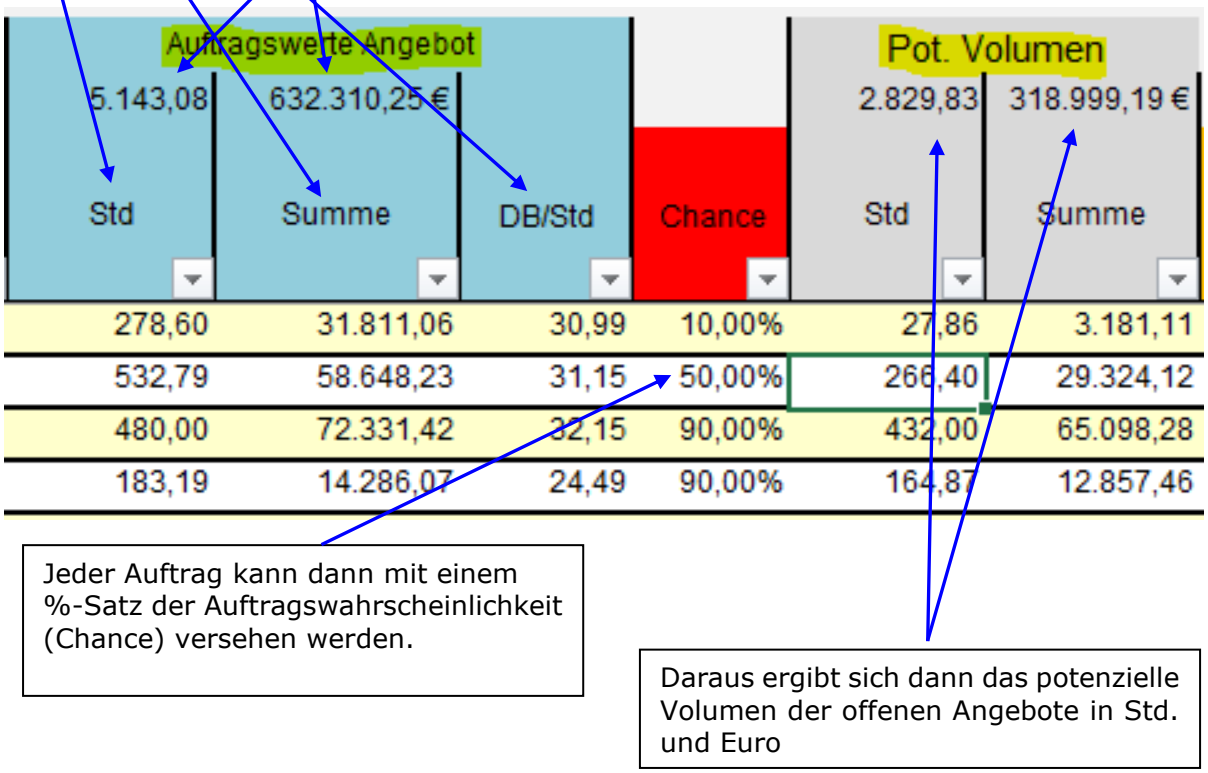
5.4. Angebotsanalyse mit Chancenbewertung

Mit LPC-ANGEBOT steht dem Anwender der ERP PASST.prime ein Werkzeug zur Verfügung, um sich schnell einen Überblick über den aktuellen Angebotsbestand zu verschaffen.

Hierbei bedarf es eines einzigen Mausklick und alle derzeit offenen Angebote werden in eine Excel-Datei eingelesen. Zuerst die Auftrags-Kopfdaten:

Vorgang	Beleg art	Kunde	Betreff	Mobil	Telefon
219067	A	Baab, Apfeldorf	BV: Hebeboden für Ihr Schwimmbad in München		345435
219081	A	Schneider Metzgerei, Feldkirche	Holzbauarbeiten (mit Time4 Positionsüb	0176-3445366	08063-224545
219083	A	Weber, Scheidegg	BV: EFH in Ziegelbauweise		08381-94535
220085	A	Schneider Metzgerei, Feldkirche	BV: Flachdachsanierung	0161-134342	08063-224545
220092	A	Hauer, Langenlois	BV: Dampkabine Typ XXX		
220093	A	Müller Sportgeschäft, Flintsbach	BV: Heizungssanierung		

Dann die kalkulationsrelevanten Informationen wie
+ die im Angebot kalkulierten Stunden
+ die Angebotssumme netto
+ der voraussichtlich erreichte Deckungsbeitrag pro Std.
+ das gesamte Volumen der offenen Angebote in Std. und Euro



Weshalb sind diese Informationen für einen Handwerksbetrieb wichtig?

… weil dadurch ab einem bestimmten Zeitpunkt klar wird, dass man sich prinzipiell nicht mehr um weitere Angebote bemühen muss, da das im aktuellen Angebotsbestand enthaltene fiktive Auftragsvolumen ausreichend ist. Dann werden nur noch «Rosinen gepflückt».
… und … weshalb weiterhin aufwändig Angebote kalkulieren, wenn unsere diesjährigen Zeit-Kapazitäten doch ohnehin so gut wie erschöpft sind?

5.5. Auslastungsmonitor mit Kapazitätsvorschau

LPC-AUSLAST ermöglicht Ihnen auf Knopfdruck einen Blick auf Ihren Auftragsbestand in der (auch weiteren) Zukunft.

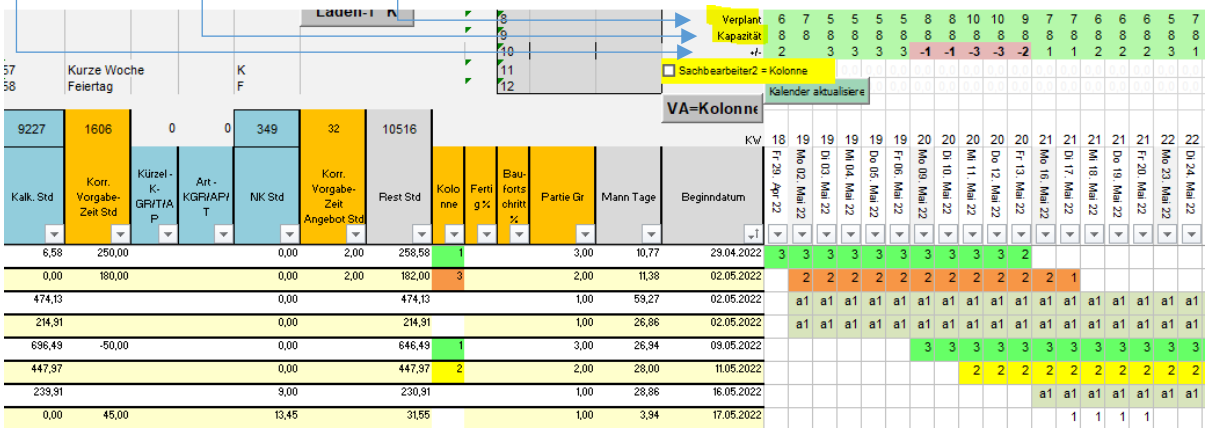
Damit werden FRÜHZEITIG Kapazitätsengpässe sichtbar, so dass ggf. Aufträge verschoben oder auch Leihmonteure organisiert oder Subunternehmer beauftragt werden können.

Es werden alle erhaltenen Aufträge aus PASST.prime in einem Excel Zeitstrahl visualisiert. Zur Positionierung der Auftrags-Balken bedarf es lediglich der Pflege des Ausführungsbeginn-Datum im Auftragsprogramm oder in der Excel-Tabelle.
Die Länge des Balkens jedes Auftrags berechnet sich aus der Anzahl der kalkulierten Stunden zzgl. einem Stunden-Korrekturwert (für evtl. zu erwartende Regiestunden) dividiert durch die Anzahl der eingeplanten Mitarbeiter.

Die Zahl im Balken zeigt an, wie viele Mitarbeiter für den Auftrag eingeplant sind und die Farbe des Balkens definiert die Partie/Kolonne, die für den Auftrag vorgesehen ist.

Rechts oben werden die wichtigsten Informationen (3 Zeilen) dargestellt:
+ die Anzahl der an diesem Tag noch verfügbaren Mitarbeiter oder
(in rot) die Anzahl der bereits zu viel verplanten Mitarbeiter.
+ die am jeweiligen Tag zur Verfügung stehende Kapazität in Mann
+ die Anzahl der bereits verplanten Mitarbeiter jedes Tages

LPC-AUSLAST: Darstellung der Aufträge (und Angebote) im Zeitstrahl:



Ein absolutes Highlight stellt die Möglichkeit dar, auch Angebote (im Balken mit a1, a2, etc. gekennzeichnet) im Zeitstrahl abzubilden (natürlich ohne dass diese bereits eine Kapazität belegen), so dass bei Auftragslücken in der Zukunft schnell beurteilt werden kann, ob sich hier nicht doch noch das eine oder andere Angebot als Auftrag entpuppen könnte und damit die Lücke schließen würde.

Die verfügbaren Mitarbeiter werden aus dem Personalstamm von PASST.prime ermittelt und die Fehlzeiten wie Urlaub, Feiertag, Krankenstand etc. werden aus dem PASST.prime Terminplaner importiert, der diese Informationen wiederum vollautomatisch aus dem mobilen Zeiterfassungssystem TIME4 bezieht.

So schließt sich hier der Kreis von der Stundensatzberechnung, der Kalkulation von Angeboten über die Terminierung der Aufträge, der Erfassung der Arbeitszeiten, dem Projektcontrolling bis hin zur Nachkalkulation.

Unser Ziel: Eine vollwertige kaufmännische Lösung für den Handwerksbetrieb!

6. Fazit

Die heute zur Verfügung stehenden EDV-Lösungen bieten eine breite Palette an Hilfsmittel

+ um den im Unternehmen benötigten Stundensatz selbst zu ermitteln und wenn gewünscht auch permanent auf Basis der Erlöse bereits abgewickelter Aufträge nachjustieren zu lassen.

+ um Aufträge zum einen kostendeckend – nein vielmehr gewinnbringend zu kalkulieren

+ um die Aufträge (evtl. auch zusammen mit den Angeboten) auf dem Zeitstrahl zu visualisieren, damit Kapazitätsengpässe früh erkannt werden

+ um die aufgewendeten Zeiten und Baustellenfotos auf einfache Weise direkt auf der Baustelle zu erfassen

+ um die Projekte laufend zu überwachen in Form eines Projektcontrollings, damit Fehlentwicklungen frühzeitig erkannt werden

+ um mit einer aussagekräftigen Nachkalkulation nicht nur für den Gesamtauftrag oder bezogen auf die Tätigkeitszeiten, sondern sogar auf Basis der Zeiten einzelner Positionen oder Titel (Arbeitspakete) ein Regelwerk zu schaffen, mit dem eine
permanente Überprüfung valider Kalkulationsansätze möglich ist.

Überlegungen vor der Anschaffung einer neuen Software:
Zunächst gilt es, die bereits in Ihrem Unternehmen im Einsatz befindlichen EDV-Systeme auf deren tatsächliche Leistungsfähigkeit zu prüfen und ggf. durch eine tiefere Nutzung dieser Möglichkeiten MEHR aus ihren aktuellen Programmen herauszuholen.

Sollten Ihre aktuellen Programmsysteme aber nicht dem entsprechen, was Sie sich zur Bewältigung Ihrer täglichen Aufgaben vorstellen – mehr sogar noch, um Ihr Unternehmen mit den sich laufend ändernden Rahmenbedingungen in der Gewinnzone zu halten, können wir Ihnen nur einen Wechsel auf leistungsfähigere Systeme empfehlen.

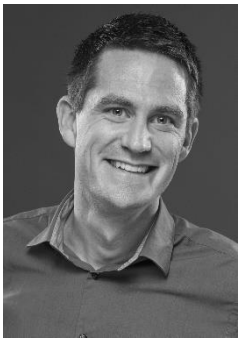
Jeder, der einmal den Wechsel auf ein neues ERP oder eine neue Zeiterfassung hinter sich hat, weiß dass dies einen nicht unerheblichen Aufwand darstellt.
Aber meist kommt schon kurz nach Umstellung die Einsicht, dass dieser Schritt schon längst überfällig war und schon vor längerer Zeit hätte angegangen werden sollen.

Denn es gilt:
Wer viel unternimmt, kann auch einiges falsch machen!
Wer nichts unternimmt, macht ALLES falsch!

In diesem Sinne beglückwünschen wir unserem langjährigen Kunden und Geschäftspartner Holzbau Meiberger in Lofer zu der Entschlossenheit und Kühnheit, mit der sich die Unternehmensleitung in all den Jahren unserer Zusammenarbeit neuen Aufgaben stellte und niemals zögerte, Unternehmensprozesse mit sinnvollen neuen Technologien zu lösen – und das ohne Aufschub!

Das ERP-System als Herzstück der Datenwelt im Holzbau

Christof Jeker
Triviso AG
Solothurn, Schweiz



Das ERP-System als Herzstück der Datenwelt im Holzbau

Wenn im Holzbau das Wort Durchgängigkeit fällt, versteht sich das Konstruieren in 3D, den Abgleich von Plänen in BIM Modellen, oder die Verwendung von CAM Daten auf Bearbeitungszentren von selbst. Ein wichtiger Aspekt spielt bislang oft eine untergeordnete Rolle: Die Daten vom Adressstamm über die Kalkulation bis hin zur Material- und Personalwirtschaft, die im Grunde das Fundament der Datenwelt bilden. Je enger diese Daten miteinander vernetzt sind, desto mehr Informationen und Erleichterung gewinnt ein Unternehmen im Gesamtprozess daraus. Das ERP-System wird zur Drehscheibe sämtlicher Informationen und damit zum Herzstück der Datenwelt.

1. Die Betriebsgrösse und das ERP

In einem Grossteil der Firmen ist im Bereich Konstruktion eine leistungsfähige Zeichnungs-Software vorhanden. CAD/CAM ist ein Begriff und deren Verzicht undenkbar. Im Gegenzug ist ein ERP-System oft nur bedingt oder noch nicht im Einsatz.

1.1. Einzelunternehmen versus 100-Mann-Betrieb

Die Betriebsgrösse ist häufig das Argument für den Einsatz einer ERP-Lösung. Obschon dies einen Einfluss haben kann, ist heute jedes Unternehmen darauf angewiesen seine Daten aktuell, schnell, zuverlässig und übersichtlich zur Hand zu haben. Von der Adresse über vereinbarte Termine bis hin zur Auslastung der Mitarbeitenden und des Materialbedarfs, sind die Aufgaben in kleinen wie grossen Unternehmen sehr ähnlich. Im Grossbetrieb arbeiten mehrere Personen gleichzeitig im System und müssen mit einer Vielzahl von parallelen Projekten und interdisziplinären Teams die Arbeit verrichten, während im Kleinbetrieb oder Einzelunternehmen mehrere Arbeitsschritte oft auf ein und dieselbe Person fallen. Somit ist das Potential für stetige Optimierungen der unternehmerischen und betrieblichen Abläufe an beiden Orten vorhanden, wenn auch nicht in der gleichen Tiefe. Das Ziel bleibt dasselbe: Möglichst wenig Aufwand, bis ein Rechnungsbeleg erstellt oder eine Nachkalkulation eingesehen werden kann.

1.2. Die Modularität

Eine Software, die vom Potential her sämtliche Prozesse im Unternehmen abdecken kann, auf einen Schlag einzuführen ist kaum verkraftbar. Die heutigen ERP-Lösungen bieten ihre Produkte deshalb in verschiedenen Modulen an. Dies eröffnet bereits in der Evaluation neue Möglichkeiten:

- Eine umfangreiche Lösung, die das Fernziel des Unternehmens abdeckt
- Schrittweiser Ausbau in den einzelnen Bereichen
- Die finanzielle Situation ist besser plan- und umsetzbar
- Dort beginnen wo der grösste Nutzen und die beste Optimierung entsteht
- Veränderung des Unternehmens ist möglich, ohne die Software zu wechseln

2. Der Umgang mit einer ERP-Lösung

Im Grunde gibt es zwei mögliche Szenarien, wie und wann man mit einer ERP Lösung in Kontakt kommt. Entweder ist bereits ein ERP vorhanden oder man steht vor einer Neuanschaffung. Diese beiden Situationen sind in der Tat viel ähnlicher als es auf den ersten Blick den Anschein macht. Ein ERP ist keine Software, die man kauft und anschliessend einfach bloss verwendet. Eine ERP-Lösung im Unternehmen soll ein stetiger Begleiter in der Weiterentwicklung der eigenen Firma sein. Prozesse verändern sich und so sollen die Daten und Möglichkeiten in der Software sich ebenfalls mitverändern. Ob ich also frisch beginne oder bereits seit einigen Jahren damit arbeite, unterscheidet sich lediglich in der Erfahrung mit der Lösung, nicht aber im Denken und Handeln mit dieser.

2.1. Die Verantwortlichkeit

Die Verantwortlichkeit der Personen, die bei der Evaluation als auch später in der Anwendung beteiligt sind, ist ein Thema, das definiert sein muss und dem die entsprechende Wichtigkeit zukommen sollte. Die Gefahr, dass das Tagesgeschäft Überhand nimmt, ist gross. Klare Aufgabenbereiche und Zuständigkeiten helfen den Fokus zu wahren und in regelmässigen Abständen Optimierungen und Erweiterungen durchzuführen.

2.2. Ich benötige ein ERP und jetzt?

Mit dieser Frage beginnt die Reise in die digitale Datenwelt. Der Vergleich von Softwarelösungen gestaltet sich als äusserst schwierig. Jede Software ist anders aufgebaut, doch ähnlich und oft können Sie auf den ersten Blick mehr als einem lieb ist. Umso wichtiger also, dass einem bewusst ist, wo Unterstützung benötigt wird und in welchen Bereichen zukünftig eine Software ihren Platz einnehmen soll. Je tiefer man sich mit den eigenen Umständen vertraut macht, desto konkreter kann im Dialog mit den Herstellern von ERP-Lösungen das bestmögliche Szenario ausgearbeitet werden. Sich im Vorfeld mit allen Abteilungen oder betroffenen Personen auszutauschen, ist ein eminent wichtiger Aspekt der Analyse. Nur so ist beispielsweise in Erfahrung zu bringen, wo heute überdurchschnittlich hohe Aufwände betrieben werden müssen oder wo die Kommunikation nicht einwandfrei funktioniert, was sehr oft Fehler oder Zeitverluste zur Folge hat.
Sind die internen Themen aufgearbeitet steht die Recherche der möglichen Produkte bevor. Die Erfahrung sowie die Branchennähe von spezifischen ERP-Lösungen für die Holzbranche sind dabei ein guter Startpunkt. Die Branchenlösungen zeichnen sich damit aus, gängige Prozesse bereits ausgearbeitet zu haben und spezifische Schnittstellen und Anbindungen als Standard anzubieten. So sind je nach Land Regelungen im Gesamtarbeitsvertrag GAV implementiert und Schnittstellen zu GAEB oder SIA, wie auch Anbindungen zu Maschinen, CAD-Programmen und Finanzbuchhaltungen vorhanden.

2.3. Ich verwende ein ERP und jetzt?

Die Verwendung von Software-Produkten birgt immer die Gefahr, dass man in den Anwendungen, die einem geläufig sind, verweilt und entsprechend stagniert. So wie die Firma, die sich um die Neuanschaffung Gedanken macht, ist es wichtig, dass der Besitzer einer ERP-Lösung sich damit befasst, welche weiteren Funktionen das Programm zu bieten hat und wie seine zukünftigen Ziele oder Verbesserungen mit Hilfe der Software digital gelebt werden können. Die erwähnte Verantwortlichkeit spielt hier eine entscheidende Rolle. Mitarbeiter, die sehr fundierte Kenntnisse der Software vorweisen, sogenannte Key-User, sind in der Lage die internen Bedürfnisse zu sammeln, abzuwägen und mit entsprechenden Wünschen und Forderungen an den ERP Hersteller heranzutreten. Periodische Standortbestimmungen und neue Zielsetzungen helfen, Prozesse zu prüfen und allenfalls zu optimieren. Der Austausch mit dem Hersteller und interne Schulungen verbessern die Arbeitsprozesse.

3. Die Kalkulation als Sinnbild der Durchgängigkeit

Seien es Ausschreibungen oder individuelle Detailkalkulationen, bei den meisten Projekten steht die Preisfindung sehr weit oben auf der Todo-Liste. Was dabei oft ausser Acht gelassen wird**,** ist die Tatsache, dass genau die Daten der Preisfindung viel mehr Wert sind, als bloss eine Zahl auf dem Angebot zu sein.

3.1. Die Struktur

In der Tat geht es in erster Linie darum dem Interessenten einen Preis zu nennen. Bei einer genaueren Betrachtung des Projektes im Holzbau steht schnell fest: Wir sprechen nicht nur von einem Produkt mit einem Preis, sondern von unterschiedlichen Bauteilen mehrerer Etappen, mit und ohne Vorfertigung, Disposition, Montage oder Service, um nur einige zu nennen.
Die Komplexität der Produkte und die Vielzahl der Gedanken, die zum Zeitpunkt des Angebotes bereits in den Preis einfliessen, verlieren sich, bezogen auf die Durchgängigkeit, genau da. Weshalb also nicht die Prozesse und Informationen bereits jetzt digital hinterlegen, damit die weiteren Schritte leichter von der Hand gehen?

3.2. Der Ursprung

Der Sinn und Zweck einer ERP-Lösung besteht darin, dass spätestens von der Auftragsbestätigung aus bereits definiert ist, welcher Schichtaufbau zu welchem Element gehört und welches Element in welcher Etappe zu produzieren ist. Das in der Kalkulation integrierte Ausmass hilft dabei die Dimensionen als Mengenermittlung der Bauteile zu verwenden.
Materialbezogene Rezepturen mit intelligenten Zeit- und Materialzuschlägen liefern nicht nur einheitliche Kalkulationsgrundlagen für die gesamte Firma, sondern stehen später als Grundlage für die Ressourcenplanung und die Materialbeschaffung bereit. Abteilungen und Ressourcen sind auf die Etappe genau mit den gerechneten Stunden reserviert und Materialmengen können beschafft werden.
In Echtzeit hat der nächste Projektleiter bereits neue Gegebenheiten für das Einplanen seines Projektes.

3.3. Der Datenfluss

Mit den Daten aus der Kalkulation unterteilt in Etappen und Bauteile und der Reservierung der Ressourcen (Material und Personal), beginnt der eigentliche Gewinn von zentral geführten Daten.
In der Planung ist klar wie viele Mitarbeitende auf welchem Objekt arbeiten müssen und der Einkauf kennt das Volumen an reservierten Materialien, so wie deren Verfügbarkeit quer über alle Projekte hinweg. Jede erfasste Arbeitsstunde der Mitarbeiter auf das jeweilige Bauteil oder die Etappe, jede Materialabrechnung und jeder gefahrene Kilometer wird nun auf den verschiedenen Positionen rapportiert. Sofort sind Auswertungen wie ein Vergleich von Vor- und Nachkalkulation oder ein Stundennachweis möglich. Bei den Ressourcen wird nun ersichtlich, ob die reservierten Stunden ausreichen. Jede Referenz zurück auf die Position der Auftragsbestätigung ermöglicht mehr Sicherheit in der Führung, schnelleres Aufdecken von Abweichungen und damit früheres Handeln im Projekt.
Nicht nur der interne Datenfluss erfährt auf diese Weise eine Verbesserung. Auch der Datenfluss nach aussen wird besser bedient. Verbindungen zu Lieferanten via ComNorm vereinfachen die Beschaffung und die Verwendung von Schnittstellen wie GAEB oder SIA erleichtern die Kommunikation bei Ausschreibungen und der Weiterverwendung der Daten bei Auftragseingang.

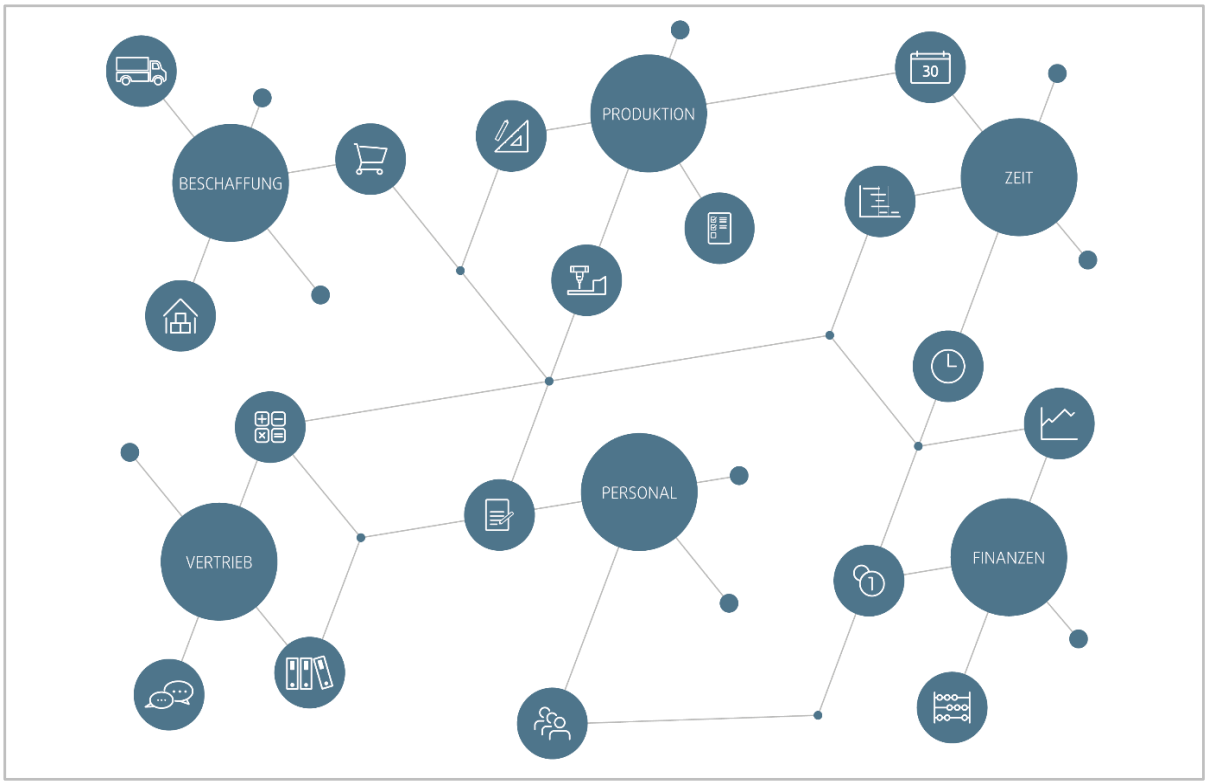


Abbildung 1: Der Datenfluss – Aufgabenbereiche werden vernetzt

3.1. Der Abschluss

Das Motto: «Nach dem Projekt ist vor dem Projekt», hat bei einer durchgängigen ERP-Lösung einen hohen Stellenwert. Jeder erfasste Termin, jeder Regierapport und jede Materialrechnung, ist auf dem Projekt vorzufinden. Dank der minutiösen Erfassung besteht nun die Möglichkeit auf Knopfdruck Auswertungen zu generieren, das Projekt zu analysieren und damit die Qualität der eigenen Arbeit sicher zu stellen.
Es gibt allen Beteiligten Sicherheit, dass sämtliche Punkte umgesetzt und erledigt sind, und Abmachungen eingehalten wurden. Die Daten können dann in aufbereiteter Form an die Umsysteme wie Lohnbuchhaltung und Finanzbuchhaltung weitergegeben werden.

4. Die Verantwortung gegenüber der Branche

Als Hersteller einer ERP Branchen-Software nehmen wir uns selbst in die Pflicht die vorhandenen Funktionen den Bedürfnissen entsprechend weiterzuentwickeln. Neue Module zu schaffen, die den aktuellen und zukünftigen Anforderungen im Holzbau wie auch in der Schreinerei standhalten.
Dabei spielt der Austausch mit Kunden, Berufskollegen und Branchenvertretern eine zentrale Rolle. Nur im Dialog und mit dem gegenseitigen Verständnis gelingt es uns als Softwarehersteller der Branche eine Lösung zu bieten mit der Sie Ihre Prozesse besser und effizienter definieren und leben können.
Damit das möglich ist, sind unverbindliche Beratungen die beste Möglichkeit, sich ein Bild über die verschiedenen Produkte zu machen und die Lösungen am Markt konkret vergleichen zu können.

Block B1
Digitalisierung in Engineering und Produktion

Digitale Fabrikation: Was bringt uns die Zukunft?

Hans Jakob Wagner
Institut für Computerbasiertes Entwerfen
und Baufertigung
Stuttgart, Deutschland

Digitale Fabrikation: Was bringt uns die Zukunft?

1. Einleitung

Holzbau bietet die einmalige Chance zwei der größten Zukunftsfragen mit derselben Antwort in den Griff zu bekommen [1]. Durch hohe Vorfertigungspotenziale und guter maschineller Bearbeitbarkeit setzt Holz einerseits die Latte für schnellen, qualitativen Bau von dringend benötigten leistbaren Neubauten hoch [2]. Doch auch in Klimafragen hat der moderne Holzbau einiges zu bieten. Weltweit wird das Potenzial von verbautem Holz als globale Karbondioxid-Senke entdeckt und auch die Politik zieht mehr und mehr mit [3]. Diese Punkte würden ein explosionsartiges Wachstum der Holzbaubranche erwarten lassen. Aber während in Amerika Milliarden in die Technologie gesteckt werden und die Politik hierzulande *Holzbau Offensiven* ausruft, gibt es bei den zurzeit weiterhin führenden Unternehmen der Branche in Zentraleuropa abseits zwar guter aber inkrementellen und kleinmaßstäblichen Weiterentwicklungen scheinbar keinen sichtbaren Handlungswillen zu mutigen nächsten Schritten. Die Zeit ist zu knapp um hier ohne große Ansagen und kollektiven, vereinenden Zielen in bescheidenen Schritten Marktanteile weiterhin in Prozentbruchteilen zu rechnen.

Herausforderungen für den umfassenden Ausbau des Holzanteils im Baubetrieb sind allerdings zugegebenermaßen schnell gefunden: Es mangelt an preiswertem Rohmaterial sowie an Personal in Form von Fach- als auch Hilfskräften. Aller Voraussicht nach, werden sich beide dieser Engpässe auch in Zukunft nicht lockern. Die Situation könnte sich viel eher noch drastisch verschlechtern. Was sind also die Zukunftsaussichten des Holzbaus? Bleibt er weiterhin ein Nischenmarkt? Muss sich die globale Bevölkerung andere Wege zu Ihrem *Glück* suchen? Oder schafft es der technologisch fortschrittlichste Teil der Bauindustrie mit mutigem Blick nach vorne - kontinuierlich weitere innovative Meilensteine zu setzen? Die Chance liegt vielleicht gerade darin, die oben beschriebenen Herausforderungen nicht als Hindernis, sondern als unumgängliche Vorboten der Zukunft anzuerkennen.

Abbildung 1: Der BUGA Holzpavillon spannt 30m über den zentralen Veranstaltungsbereich auf der Bundesgartenschau Heilbronn 2019. Aktuell ist angedacht, den Pavillon nach Mannheim zu übersiedeln. (ICD/ITKE Universität Stuttgart)

Seit etwas mehr als 10 Jahren werden am Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung der Universität Stuttgart gemeinsam mit interdisziplinären Partnern aus Architekten, Bauingenieuren, Biologen, Informatikern und Materialwissenschaftlern – Möglichkeiten und Potenziale für den Holzbau der Zukunft erforscht. In Anbetracht der oben ausgeführten Herausforderungen drehen sich die relevantesten Forschungsbe-

mühungen um zwei Fragen: Wie können wir mit weniger Material, stärkere Gebäudestrukturen bauen? [4] Und: Wie kann die Herstellung der Bauelemente, der Verbindungsdetails sowie die Bauplanung komplexer Strukturen in weiten Teilen durch Einsatz computerbasierter Planungswerkzeuge sowie robotischen Fertigungsmethoden automatisiert werden? [5]

Abbildung 2: Seit 10 Jahren wird an der Universität Stuttgart an dem Holzbau der Zukunft geforscht. (ICD/ITKE Universität Stuttgart)

Das Ziel dieses Beitrags ist es, zuerst die Chronologie der Entwicklungen im Feld des robotischen Holzleichtbaus an der Universität Stuttgart anhand von zwei bedeutenden Projekten zusammenzufassen. Anschließend folgt eine selbstkritische Reflektion, die der Frage nachgeht wieso jahrelange Forschungsleistung und -Entwicklung, ausgenommen einiger preisgekrönter Einzel-Bauwerke, den Einzug in den allgemeinen Kanon der Bausysteme und Fertigungsmaschinen des Holzbaus noch nicht geschafft hat.

Seit letztem Jahr wird das Thema Digitaler Holzbau an der Universität Stuttgart innerhalb des Exzellenz-Clusters «Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur» noch weiter ins Zentrum gerückt. Hier arbeiten gegenwärtig interdisziplinäre Forschungsteams von mehr als zehn Instituten innerhalb eines Netzwerks von 10 verknüpften Forschungsprojekten daran, die Entwicklungen der letzten Jahre in einem multi-skalaren Ansatz weiterzuführen [6]. Der Fokus liegt hier nun ganz bewusst auf dem (Holz-) Geschoßbau – als meistbenötigter Gebäudetypologie. Die hier identifizierten nächsten Schritte, angepeilten Trajektorien und explorativen Forschungsideen werden abschließend kurz vorgestellt. Zur effektiven Umsetzung ist nicht nur auf Ebene der Wissenschaft ein kollektiver Ansatz von integrativem Planen von Bedarf. Der Austausch und die Abstimmung mit allen Akteuren im Bauwesen muss im Bereich der digitalen Technologien weiter ausgebaut werden. Nur so wird es möglich sein, gemeinsam Systeme, Netzwerke und Technologien aufzubauen, welche die an den Universitäten erzielten Forschungsentwicklungen zur breiten Anwendung führen können.

Abbildung 3: Forschung erlaubt die explorative Entwicklung zukunftsfähiger Bausysteme und Fertigungsprozesse. Nach 10 Jahren stellt sich die Frage der Einführung in die Industrie. (Foto: ICD/ITKE)

2. Integrative Weiterentwicklung von robotisch gefertigten Holzleichtbausystemen: Beispiel Segmentschalen

Es ist inzwischen allgemein bekannt, dass eine Rückkehr zu formaktiven Tragwerken, bekannt von gotischen Kathedralen, und Baumeistern wie Gaudi, Isler, Candela und Frei Otto, die Materialeffizienz drastisch erhöhen kann. Entwicklungen im Zuge unverhältnismäßig günstiger Energieträger machten im 20. Jahrhundert die Herstellung von Zement so günstig, dass die Arbeitsstunden der Baustellenarbeiter die maßgebliche Kennzahl der Baukosten wurden. Materialsparendes Bauen rückte daher erst mit Aufkommen der Nachhaltigkeitsdebatte zurück in den Fokus. Dieses Thema nutzt auch dem Holzbau. Doch auch hier kann mit der Einführung der Massivbauweise eine ähnliche Entwicklung festgestellt werden, die vorerst enorme Vorteile der einfachen Planbarkeit und erhöhte Redundanz des statischen Systems mitbringt [7]. Die Massivbauweise schlägt hohe Wellen, und veranlasst vor allem Feuerschutzexperten Holzbauweisen neu einzuschätzen. Dass allerdings zwei Drittel der Kosten eines Brettsperrholzelements direkt aus dem Materialrohpreis zusammengesetzt sind, zeigt deutlich auf welche Rohstoffabhängigkeit diese Bauweise mit sich bringen.
Ein gutes Beispiel dafür, wie flächige Bauteile höchste Stabilität bei geringem Materialeinsatz erreichen können, sind segmentierte Schalen. Die Grundidee hat sich in der Evolution der Plattenskelette des Seeigels durchgesetzt und ihr statisches System wurde bald von Architekten, Biologen und Tragwerksplanern in den Architekturmaßstab transferiert. Grundsätzlich lässt sich hier eine bausystem-übergreifende Analogie zu Tragwerkssystemen postulieren: Je differenzierter die Struktur ausgeformt wird, desto weniger Material ist von Nöten um die gleiche Leistungsfähigkeit zu erreichen. Auf Basis dieses Prinzips wurden im Rahmen mehrjähriger, interdisziplinärer Forschungsprojekte zwei Demonstrator-Bauwerke umgesetzt.

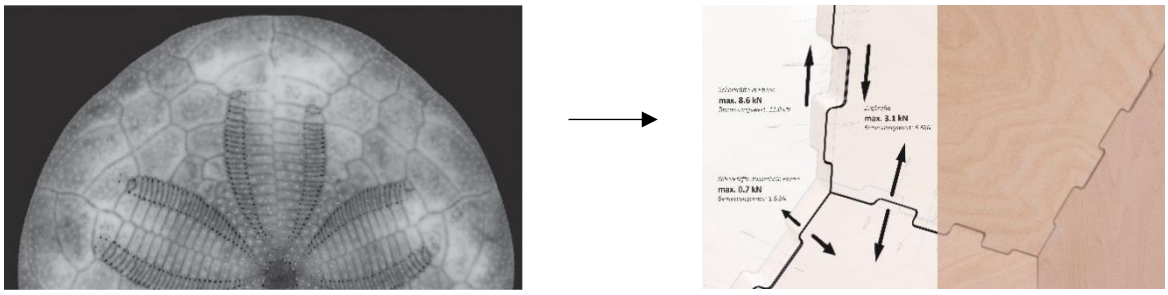


Abbildung 4: Mit Fingerzinken verbundene Platten Segmente verleihen dem Skellett des Sanddollars seine herausragende Festigkeit. Das selbe Prinzip kann beim Bau von Holzsegment schalen in den Maßstab der Architektur transferiert werden. (ICD/ITKE Universität Stuttgart)

2.1. Der LAGA Forstpavillon 2014

Der Forstpavillon wurde 2014 in Schwäbisch Gmünd im Rahmen der Landesgartenschau eröffnet. Seine Struktur besteht aus Buchensperrholz-Segmenten welche mit Fingerzinken schubsteif wie ein dreidimensionales Puzzle zusammengefügt wurden [8][9]. Schwerpunkte der Forschung waren neben dem regionalen Bezug des Materials vor allem die agentenbasierte Modellierung der komplexen Geometrie der Schale sowie die robotische, subtraktive Fertigung der Schalensegmente. Das Bauwerk spannt 10m weit über eine Innenraumfläche von 125m². Die tragende Struktur besteht aus 50mm dünnen Buchensperrholzplatten was sich zu einem Materialgewicht von nur 38kg/m² Schalenfläche addiert. Schon in der Planung der Schale wurden mittels der agentenbasierten Modellierung wichtige Fertigungsparameter im System berücksichtigt [10]. So wird sichergestellt, dass alle Bauteile schlussendlich mit der robotischen Fräszelle - die in der Fabrikationshalle der Müller Blaustein Holzbauwerke installiert wurde – fertigbar sind. Der Steuerungscode für die Maschinen wurde direkt aus dem computerbasierte Entwurfsmodell erzeugt. In solch durchgehend digitalen Prozess ist die Standardisierung von Bauelementen eines Bausystems nicht mehr erforderlich. Jedes Bauteil der segmentierten Schale konnte daher vollautomatisiert in Losgröße 1 ohne Mehraufwand im Fertigungsprozess gefertigt werden.

Einen Schwachpunkt dieses Tragwerks stellte allein das Verbindungsdetail dar. Zwar waren die Fingerzinken – basierend auf dem biologischen Vorbild [11] – gut geeignet die in der Schale maßgeblichen Schubverbindungen in der Schalenfläche aufzunehmen. Doch konnten Einzellastfälle und horizontale Beanspruchungen der Schale durch zum Beispiel Wind nicht ausgeschlossen werden. In diesen Fällen treten auch in formaktiven Tragwerken geringe Momentkräfte auf – vor allem bei leichten Holzschalen. Diese Kräfte machten zusätzliche Kreuzschraubenverbindungen notwendig, welche wiederum die Dicke des Plattenmaterials maßgeblich beeinflussten.

Abbildung 5: Die charakteristischen polygonalen Plattenumrisse, die sich aus der agentenbasierten Generierungsmethode ergeben, prägen Außenraum und Innenraum Landesgartenschaudemonstrators 2014.

2.2. Der BUGA Holzpavillon 2019

Für die Weiterentwicklung dieses erfolgreichen Bausystems, wurde in den Jahren zwischen 2014 und 2019 ein Hohlkassetten Segment entwickelt [12]. Es folgt den gleichen globalen Entwurfs-Prinzipien wie der Landesgartenschau Forstpavillon. Allerdings werden die massiven Platten in verklebte und hohle Holzkassetten aufgelöst. Hierfür wird zwischen zwei Kassettenplatten ein Ring an Randbalken eingeklebt. Durch eine Montageöffnung an der Kassettenunterseite können die Kassetten dann von Balken zu Nachbarbalken mittels wieder lösbarer Bolzen verbunden werden. Durch die größere statische Höhe entsteht eine wesentlich stärkere Biegemoment resistente Verbindung. Weiters ist das System ab- und wiederaufbaubar [13]. Der mit diesem System geplante BUGA Holzpavillon zeigt mit der dreifachen Spannweite bei gleichbleibendem Flächengewicht eine enorme Leistungssteigerung [14]. Die 600m² große Schale spannt 30m über einen flexiblen Veranstaltungsbereich. Die Konstruktion wiegt mit 38kg/m² gleich viel wie der Forstpavillon – was mitunter auch auf den Wechsel zu Fichtenfurnierschichtholz zurückzuführen ist.

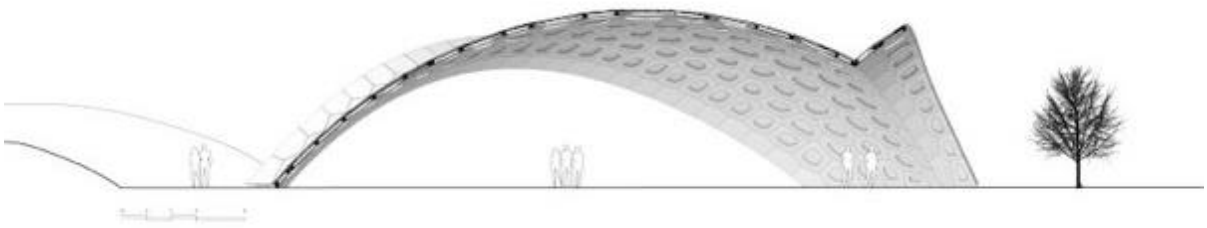


Abbildung 6: Der BUGA Holzpavillon spannt durch aufgelöste Kassettenstruktur dreimal weiter obwohl die gleiche Menge Material pro Schalenfläche verbaut wurde. (ICD/ITKE Universität Stuttgart)

Jedes Segment des Pavillons besteht nicht mehr aus einer geometrisch komplex geschnittenen Platte, sondern muss vor dem Fräsvorgang aus im Schnitt 8 Einzelbauteilen assembliert werden. Die 376 geometrisch einzigartigen Kassettensegmente mussten also aus 752 Platten und 2168 Balken zusammengefügt werden. Anschließend mussten 17000 Fingerzinken mit variablen Maßen gefräst sowie 5295 Passbolzenlöcher zehntelmillimetergenau gebohrt werden. Die Leistungssteigerung des Systems bedingt im Schluss also einen Fabrikationsaufwand, der mit herkömmlichen, manuellen Fertigungsmethoden nicht wirtschaftlich abbildbar ist. Gleichermaßen sind herkömmliche Konzepte der robotischen Fabrikation schwer möglich: Das Verkleben der Bauteile macht nach DIN die Fertigung im

Betrieb zwingend notwendig und der Leimauftrag muss gezielt nur an dünnen Streifen auf den Rändern der jeweiligen Platten erfolgen. Mitunter aus dem Grund, dass der Holzbaubetrieb Bedenken hatte, eine stationäre robotische Anlage in seinen Hallen aufzustellen, entschied man sich für eine flexible Lösung. Zwei Schwerlast-Industrieroboter mit jeweils 500kg Nutzlast wurden auf einen transportierbaren 20 Fuß Containerboden geschraubt, mit den notwendigen Werkzeugen ausgestatte, zu dem Betrieb geliefert und dort mittels Stapler vom LKW direkt in der Halle abgesetzt.

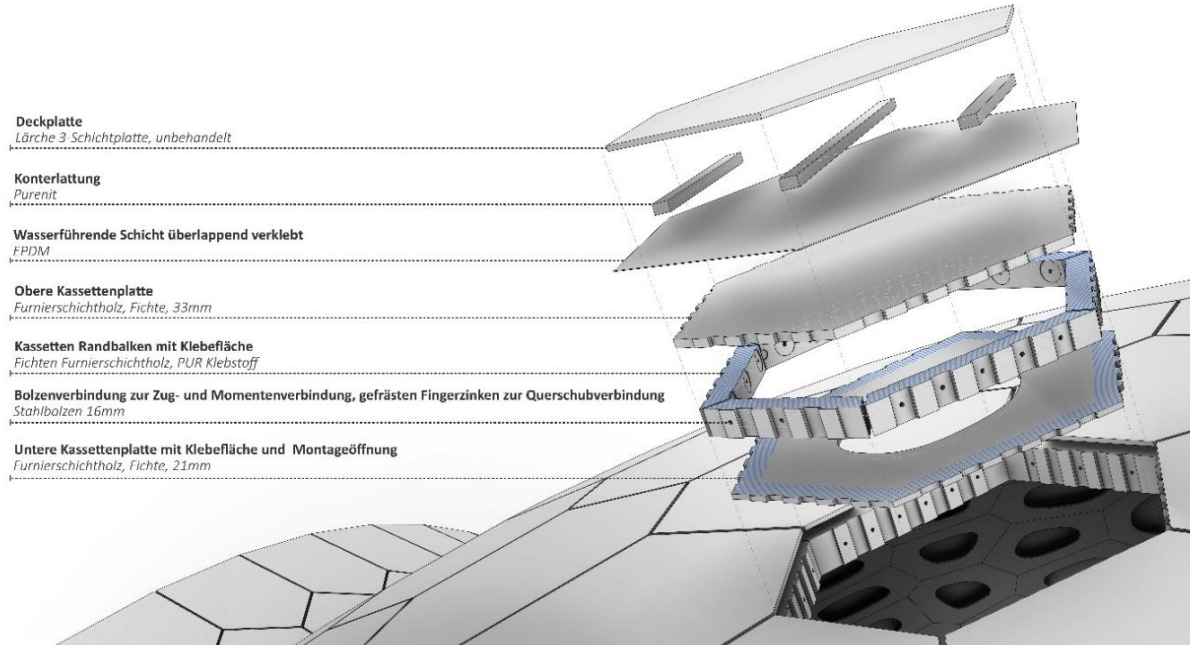


Abbildung 7: Explosionszeichnung eines Holzkassettensegments des BUGA Holzpavillons.

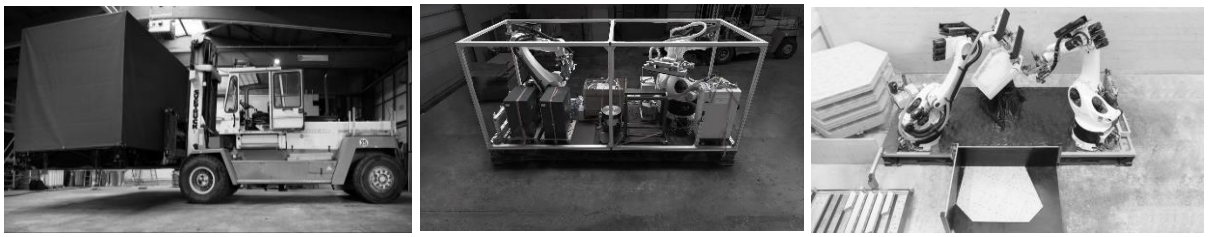


Abbildung 8: Die transportable Roboterplattform wird mit dem Gabelstapler in der Halle des Holzbauers abgesetzt. Dort aufgebaut starten die Roboter die Fügung von Kassettensegmenten.

Das Roboter-Setup ist mit einer Vielzahl von Werkzeugen für konventionelle Holzbaubearbeitungen ausgerüstet. Ein Handhabungs-Arm ist mit Vakuumgreifer, Parallelgreifern einer ins Automations-System eingebundenen Kamera und Prozessüberwachungssensoren ausgestattet. Der zweite Roboter ist mit Klebstoffapplikationskopf, Nagelpistole und Motorspindel für die tatsächlichen Bearbeitungen zuständig. Ein zentraler Drehkipptisch ist mit Vakuumspannern ausgestattet welche ebenfalls direkt an die Robotersteuerung angebunden sind.

Abbildung 9: Nach dem Auftragen von Klebstoff, werden Balken robotisch gefügt und mit Buchennägeln fixiert. Eine Deckplatte schließt den Kassettenrohling bevor er in der Presse abgelegt wird.

Für die Herstellung der geklebten Kassetten werden zuerst die Plattenrohlinge auf den Zentralen Bearbeitungstisch gehoben und dort mit den Vakuumspannern eingespannt. Nun wird in 8cm breiten Streifen einkomponentiger PUR Klebstoff durch die Roboter appliziert. Balken werden aus dem Einspeisungswagen gegriffen und auf die mit Klebstoff vorbereitete Fläche gedrückt, während der zweite Roboter den Balken mit zwei Buchennägeln fixiert. Nachdem alle Balken gefügt wurden, wird eine zweite Lage Klebstoff auf den Balkenring appliziert. Die Deckplatte wird aufgesetzt und ebenfalls mit Nägeln fixiert. Der bis zu 2.7m im Durchmesser und 150kg schwere Kassettenrohling wird nun vom Bearbeitungstisch direkt in die Presse gehoben. Mitarbeiter des Holzbauunternehmens legen nun Zwischenlagen in die Presse und schließen diese nachdem jeweils eine Gruppe aus vier Kassetten zusammengebaut wurde. Nach dem Pressen werden die Kassettenrohlinge von den Robotern zurück auf den zentralen Tisch gehoben und dort von allen Seiten vollautomatisch besäumt.

Obwohl für die Konzeption und Umsetzung dieser Fabrikationsanlage nur wenige Monate zur Verfügung standen, konnte die robotisch Fertigung mitunter sehr gute Taktzeiten erreichen und arbeitete bis auf Einzelfälle weitestgehend ohne Unterbrechung. Das robotische Zusammensetzten der Kassetten benötigte mit den Robotern durchschnittlich nur 7 Minuten. Die fristgerechte, bauaufsichtlich zugelassene und höchstgenaue Herstellung des Bundesgartenschaupavillons setzte so neue Maßstäbe in der robotischen Fertigung im Holzleichtbau.

Abbildung 10: Aufbau vor Ort: Durch die maßgenaue Vorfertigung wird der Pavillon wie ein dreidimensionales Puzzle in wenigen Tagen ohne Leergerüst von zwei Handwerken zusammengesetzt.

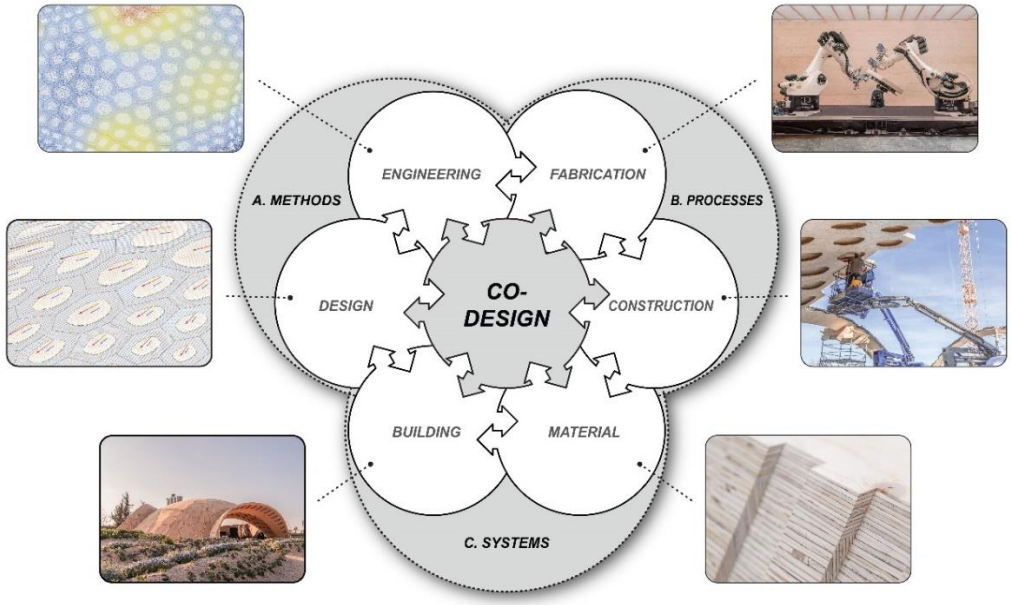


Abbildung 11: Nur durch integratives und kooperatives Planen und denken lässt sich das Maximum aus digitalen Technologien im Rahmen der Co-Design-Methodologie erreichen.

3. Diskussion

3.1. Standardisiertes Bauen als Nischenmarkt

Durchgehend digitale Planung und weitgehend automatisierte / robotische Fertigung wird oft mit Standardisierungsmaßnahmen in Verbindung gebracht. Zugegebenermaßen, findet man die höchsten Automatisierungs-Level abseits von Forschungsprojekten immer noch bei Fertighausherstellern. Aber auch neue Player mit plattform-basierten Ansätzen [15] wie Katerra lassen sich Hallen mit robotischen Fertigungsanlagen bestücken [16]. Auch im klassischen Modul-Bau lassen sich relativ schnell breite Betätigungsfelder für robotische Unterstützung finden. Wenn man aber den neuesten Zahlen des McKinsey Instituts Glauben schenkt, lässt sich nur ein bescheidener Anteil von ca. 13.5% der Neubauten effektiv mit Standardisierung und modularem Bauen abdecken [17]. Der weit größere Anteil der Baumaßnahmen wird also maßgeschneidert gefertigt werden müssen. Welche Möglichkeiten dabei auch hier mit durchgehend digitalen Informationsflüssen und der robotischen Fertigung in Losgröße 1 bestehen, wurde mit dem BUGA Wood Pavillon eindrücklich vorgezeigt. Wie die entwickelten Technologien allerdings systematisch, und auch abseits von Forschungsprojekten wiederverwendet werden können bleibt zu erforschen.

3.2. Gesellschafts-intrinsisches Gestaltungsbedürfnis

Nicht zu Letzt ist das Planen unserer gebauten Umwelt eine zutiefst sozial-kommunikative Aufgabe. Es bedarf bedachter Rücksichtnahme auf Bedürfnisse verschiedenster Akteure für die Entwicklung von Ideen und den Einbezug lokaler Randbedingungen. Begreift man das Planen und Bauen als gesamtgesellschaftliche, gar kommunikative Herausforderung, wird bald klar, dass die Vorteile die Standardisierung mit sich bringt eine dunkle Kehrseite hat. Welche Bauweisen sind der regionalen Kultur, den lokalen Randbedingungen und den persönlichen Wünschen des Bauherrn am ehesten gerecht? Wie möchten regionale Gemeinschaften Ihre Lebensumwelt gestalten? Diese Fragen sind so eng mit persönlichen Lebensfragen verbunden, dass sie sich schwer nach vordefinierten Schemata beantworten lassen. Dabei braucht man noch gar nicht von Bodetragfähigkeit, Lokalen Schneelasten etc. zu sprechen. Wer den Holzbau der Zukunft gestalten will, wird weiterhin davon ausgehen müssen, dass Gebäude Einzelanfertigungen sind. Robotische Fertigungssysteme haben nicht die Aufgabe dies zu ändern, sondern werden sich daran genauso anpassen müssen wie Abbundmaschinen es heutzutage schon leisten – Bausystemübergreifende Fertigungsschritte mittels digital integrierter Maschinenansteuerung von Einzelfall zu Einzelfall immer mit hoher Qualität zu meistern.

3.3. Projektbasierte Fertigung

Wenn man von Digitalisierung und Automatisierung spricht, muss man oft klarstellen, dass dies Werkzeuge sind, die nicht grundsätzlich gewachsene Strukturen ersetzen möchten – und es auch keinen Grund zur Sorge für Handwerker gibt. Die Erfahrung zeigt, dass vor allem dann gute Lösungen erzielt werden, wenn Tradition mit Computer und Roboter verschmilzt. In der Subtraktiven (CNC) Bearbeitung laufen Digitalisierung und Handwerk schon seit Jahren Hand in Hand und es werden dadurch neue Möglichkeiten erarbeitet. Das Integrative Arbeiten wird auch für robotische Bearbeitung im Holzbau weiterhin der Schlüssel zum Erfolg sein. Um solch eine nahtlose Kooperation zwischen Mensch und Maschine zu ermöglichen, müssen Maschinen flexibel gedacht, organisiert und betrieben werden. Agilität und Anpassungsfähigkeit sind im Bauwesen ein überlebenswichtiger Faktor. Verzögerte Materiallieferungen, Planungsänderungen, Wetter und sonstige Faktoren können die am besten geplanten Fertigungsterminierung nutzlos machen. Erfolgreiche Baubetriebe müssen in Zukunft auch mit automatisierten Fabrikationssystemen in der Lage sein, Engstellen auszuweichen und Arbeitsabläufe zeitlich, räumlich und personell flexibel zu gestalten.

Abbildung 12: Nur durch integratives und kooperatives Operieren mit der Industrie kann Grundlagenforschung an den Universitäten den Bezug zu Baufertigung behalten.

Hier konnte mit der transportierbaren Roboterplattform TIM und der ersten Produktions-Fallstudie ein erstes Konzept vorgelegt werden. Für Holzbaubetriebe am relevantesten ist hier, dass die flexible Einbindung der Robotik in die Arbeitshallen des Holzbauers, Ansätze zur projekt-basierten Robotischen Fertigung aufzeigen. Die Robotik konnte zeitlich begrenzt in die Arbeitsabläufe des Traditionsbetriebs eingebunden werden. Nach Abschluss der Vorfertigung, stand die beanspruchte Halle innerhalb weniger Tage in vollem Umfang für das nächste Projekt zur Verfügung – und die Robotik wird an anderer Stelle eingesetzt. Man möchte fast so weit gehen zu sagen, dass nicht in dem produzierenden Gewerbe, sondern im Bauwesen die wahren Möglichkeiten der vierten Industriellen Revolution begraben liegen. Maschinenhersteller können hier zwar auf einen großen Fundus an Konzepten für die Flexible Produktion aus dem Produzierenden Gewerbe zurückgreifen, es sollte aber allen Beteiligten klar sein, dass die Holzbauindustrie ihr eigenes, intrinsischen Bedürfnissen folgendes Rahmenwerk für digitale Fertigung entwickeln werden muss.

Abbildung 13: Der mit dem 2. Preis prämierte Wettbewerbsbeitrag für das Haus Baden-Württemberg auf der EXPO 2020 in Dubai zeigt mögliche Anwendungsgebiete von Segmentschalen.

3.4. Trajektorien in die Zukunft

Erarbeitete Forschungsergebnisse zeigen (nicht nur an der Universität Stuttgart) große Potenziale der integrativen, computerbasierten Planung und Vernetzung von Fertigungssystemen sowie Bausystemen auf. Essenziell für den Einsatz dieser Technologien wird jedoch sein, direkte Rückkopplungsprozesse zu ermöglichen die auf systemunabhängigen und –übergreifenden Schnittstellen beruhen. Weiters muss noch gezeigt werden, welche Vorteile mit materialsparenden und digital geplanten Bausystemen im Rahmen des Geschoßbaus möglich sind. Ziel wird es hier sein, einerseits zu prüfen, wie Robotik auch direkt auf der Baustelle zur Vorfertigung genutzt werden kann. So könnte man aus Restriktionen der Transportmaße ausbrechen und großmaßstäbliche Bauteile effektiv vorfertigen. Bei allen (notwendigen) Bedenken zu Sicherheit, Feuerschutz und Wirtschaftlichkeit – möchten wir alle Akteure im Holzbau einladen, sich gemeinsame Konzepte für eine Zukunft zu entwickeln in denen das Material Holz den Großteil des Hochbau-Neubaus bedient.

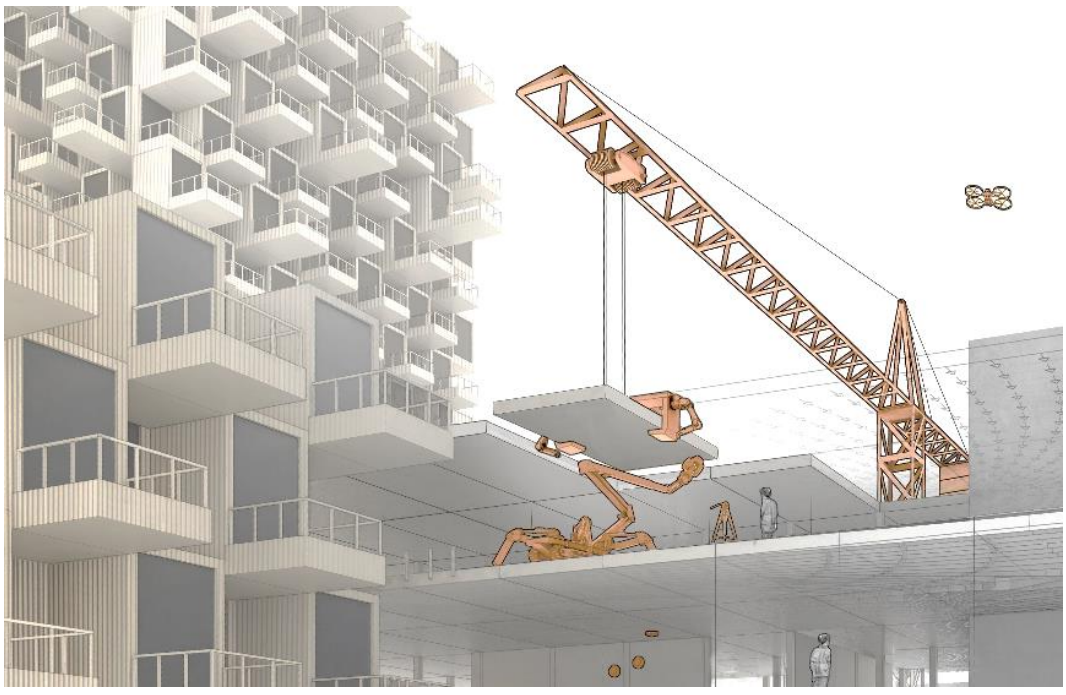


Abbildung 14: Im Rahmen des vor kurzem gestarteten Exzellenz-Cluster «Integratives computerbasiertes Entwerfen und Bauen für die Architektur» wird der Holz-Geschoßbau in den Fokus gerückt.

4. Danksagung

Das Forschungsteam für den Bundesgartenschau Holzpavillon besteht aus Architekten und Ingenieuren der Universität Stuttgart. Am ICD aus Prof. Achim Menges, Martin Alvarez, Abel Groenewolt, Oliver David Krieg, Ondrej Kyjanek und Hans Jakob Wagner. Am ITKE aus Prof. Jan Knippers, Lotte Aldinger, Simon Bechert und Daniel Sonntag. Monika Göbel (ICD) koordinierte die Ausführung.
Der Pavillon wurde realisiert durch eine Kooperation der Universität Stuttgart mit der BUGA Heilbronn 2019 GmbH (Oliver Töllner, Hanspeter Faas) und Müller Blaustein Holzbauwerke (Reinhold Müller, Daniel Müller, Bernd Schmidt). Das Roboter-Setup wurde in einer Kooperation mit BEC GmbH (Zied Bhiri, Matthias Buck) entwickelt. Das Projekt wurde ermöglicht durch Fördermittel des Ministeriums für Wissenschaft und Kunst, des Europäischen Fond für Regionale Entwicklung, der Bundesgartenschau Heibronn 2019 GmbH und GETTYLAB. Die Forschungsarbeiten wurden darüber hinaus teilweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen der Excellenzinitiative – EXC 2120/1 – 390831618 unterstützt.

5. Referenzen

[1] M. H. Ramage *et al.*, «The wood from the trees: The use of timber in construction,» *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 68, pp. 333–359, Feb. 2017.
[2] S. Krötsch and L. Müller, «The development of multi- storey timber construction,» in *Manual of Multistorey Timber Construction*, H. Kaufmann, S. Krötsch, and S. Winter, Eds. München: DETAIL Business Information GmbH, 2018, pp. 10–13.
[3] G. Churkina *et al.*, «Buildings as a global carbon sink,» *Nat. Sustain.*, Jan. 2020.
[4] M. Hensel and A. Menges, «Inclusive Performance: Efficiency Versus Effectiveness Towards a Morpho-Ecological Approach for Design,» *Archit. Des.*, vol. 78, no. 2, pp. 54–63, 2008.
[5] A. Menges and T. Schwinn, «Manufacturing reciprocities,» *Archit. Des.*, vol. 82, no. 2, pp. 118–125, 2012.
[6] ICD, «New Cluster of Excellence EXC 2120: Integrative Computational Design and Construction for Architecture,» 2018. [Online]. Available: https://icd.uni-stuttgart.de/?p=24111. [Accessed: 17-Jan-2020].
[7] A. Deplazes, «Holz: indifferent, synthetisch Timber: Indifferent, Synthetic Andrea Deplazes,» *DETAIL Magazine*, pp. 22–25, 2000.
[8] O. D. Krieg *et al.*, «Biomimetic Lightweight Timber Plate Shells: Computational Integration of Robotic Fabrication, Architectural Geometry and Structural Design,» in *Advances in Architectural Geometry 2014*, vol. 1, no. 11, 2014, p. 379.
[9] J.-M. Li and J. Knippers, «Segmental Timber Plate Shell for the Landesgartenschau Exhibition Hall in Schwäbisch Gmünd—the Application of Finger Joints in Plate Structures,» *Int. J. Sp. Struct.*, vol. 30, no. 2, pp. 123–139, 2015.
[10] T. Schwinn, O. D. Krieg, and A. Menges, «Behavioral Strategies: Synthesizing design computation and robotic fabrication of lightweight timber plate structures,» *Proc. ACADIA 2014 Des. Agency*, pp. 177–188, 2014.
[11] T. Schwinn, O. D. Krieg, and A. Menges, «Robotically Fabricated Wood Plate Morphologies,» *Rob | Arch 2012 Robot. Fabr. Archit. Art Des.*, no. 1, pp. 48–61, 2013.
[12] O. D. Krieg, S. Bechert, A. Groenewolt, R. Horn, J. Knippers, and A. Menges, «Affordances of Complexity : Evaluation of a Robotic Production Process for Segmented Timber Shell Structures,» *Proc. 2018 World Conf. Timber Eng.*, pp. 1–8, 2018.
[13] 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.
[14] D. Sonntag *et al.*, «Lightweight segmented timber shell for the Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn,» in *Form and Force: Proceedings of the International Association for Spactial Structures Annual Symposia 2019 Barcelona*, 2019, no. October, pp. 1–8.
[15] O. D. Krieg and O. Lang, «Adaptive Automation Strategies for Robotic Prefabrication of Parametrized Mass Timber Building Components,» in *36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 2019, pp. 521–528.
[16] M. Marks, «Changing the game : A conversation with Katerra's Michael Marks,» *McKinsey Voices on Infrastructure*, 2019. [Online]. Available: https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/changing-the-game-a-conversation-with-katerras-michael-marks.
[17] N. Bertram, S. Fuchs, J. Mischke, R. Palter, G. Strube, and J. Woetzel, «Modular construction : From projects to products,» 2019.

Modellbasierte Berechnung von Holzgebäuden: Konstruktion, Bemessung und Berechnung

Maximilian Franz & Joshua Brett
ModuGen GmbH
Karlsruhe, Deutschland

Modellbasierte Berechnung von Holzgebäuden: Konstruktion, Bemessung und Berechnung

1. Statik im Holzbau

Die Tragwerksplanung hat unter allen Fachplaner-Disziplinen einen maßgebenden Einfluss auf den Entwurf eines Holzgebäudes. Nicht zuletzt drückt sich das darin aus, dass die Tragwerksplanerin den weitaus größten Teil des verbauten Materials verantwortet. Entsprechend hängt auch die resultierende Ökobilanz eines Holzbaus stark von der Effizienz des Tragwerks ab.
Bereits in sehr frühen Leistungsphasen bedarf es der Expertise des Holzbauers oder Tragwerksplaners, um die Architekten zu wichtigen Gestaltungsprinzipien zu beraten. Nur so lassen sich hohe Änderungskosten in späteren Leistungsphasen vermeiden.
Gleichzeitig ist die Tragwerksplanung abwärts im Prozess eng mit der schlussendlichen Ausführung der Konstruktion gekoppelt. Lagerbestände und ausführbare Details sollten idealerweise abgestimmt werden, sodass bereits bei der Bemessung die kosteneffiziente Umsetzung gewährleistet werden kann.
Das Aufgabenfeld Tragwerksplanung umfasst im Holzbau viele Leistungsphasen und Abhängigkeiten zu anderen Planern. Umso problematischer, dass es an digitalen Workflows mangelt, die Tragwerksplaner sauber in den Prozess integrieren und bei den vielfältigen Aufgaben unterstützen.

Betrachten wir die folgenden Punkte, um ein besseres Verständnis der Probleme und deren Lösungen zu bekommen:
Aufgaben der Tragwerksplanung über die Leistungsphasen hinweg
Schwierigkeiten bestehender Planungsansätze und -Werkzeuge
Grundlagen für die modellbasierte Tragwerksplanung

2. Aufgaben des Statikers im Planungsprozess

Wir sehen drei große Aufgabenbereiche, die der Tragwerksplaner von der ersten Idee bis zum fertigen Gebäude abdecken muss.

Abbildung 1: zentrale Aufgaben des Statikers, im Kontext mit den Leistungsphasen nach HOAI

2.1. Beratungsleistung im Design

Ein kosteneffizientes, nachhaltiges und pünktlich abgeschlossenes Holzbauprojekt muss bereits im Entwurf grundlegende Prinzipien berücksichtigen. Beispielsweise muss auf durchgehende Tragachsen in der Vertikale geachtet werden, die mit machbaren Spannweiten im Grundriss platziert sind. Diese Beratung braucht oft noch keine konkrete Konzeption oder Berechnung, doch aber die Erfahrungswerte eines Statikers.

2.2. Tragwerkskonzeption

Ist der erste Entwurf des Architekten abgeschlossen sollten idealerweise verschiedene Tragwerkskonzepte erarbeitet und validiert werden. Dazu werden unter vereinfachten Last- und Lastweiterleitungsannahmen die Einwirkungen auf zentrale Bauteile ermittelt. Verschiedene Lösungen für den Lastabtrag werden verglichen, um teure Schlüsselstellen zu vermeiden. Beispielsweise wird hier untersucht, ob eine Aussteifung über kostengünstige Wandscheiben möglich ist, oder ob eine Treppenkern hinzugezogen werden muss.

Zentral ist für diesen Aufgabenbereich die Lastweiterleitung im Gebäude, um für verschiedene Varianten herauszufinden, wie sich die Kräfte im Tragwerk verteilen und welche Bauteile schlussendlich maßgebend werden.

2.3. Ausführungsstatik

Sobald das Tragwerkskonzept mit allen Fachplanern und der Architektur abgestimmt ist, gilt es in Leistungsphase (LP) 5 statische Nachweise für alle relevanten Bauteile im Tragwerk zu erbringen und die Anschlussdetails zu entwerfen. Besonders die Entwicklung und Bemessung von Verbindungsdetails kostet Statiker in diesem Schritt viel Zeit.

3. Bestehende Planungsmethoden

In der Praxis finden sich softwareseitig oft zwei Vorgehensmodelle für die Bemessung.

Positionsstatik	FE - Modellierung
+ Kein vollständiges Gebäudemodell notwendig	+ Progressive, materialsparende Berechnung
+ Schnelle Ergebnisse bei kleinen Gebäuden	+ Genaue Analyse von dynamischem Verhalten
	+ Betrachtung aller Bauteile im Gebäude
− Manuelle Tragwerkskonzeption	− Fehleranfällige statische Modellierung
− Aufwändige, oft händische Lastübernahme	− Nötige Erfahrung für die Prüfung der Ergebnisse
− Großer Eingabeaufwand	− Schwer nachvollziehbare Ergebnisse
− Langwieriges Zusammenführen der Dokumentation	

Abbildung 2: Vor- und Nachteile bestehender Planungsmethoden

3.1. Positionsstatik

Bei der Positionsstatik wird die Tragwerkskonzeption und Lastweiterleitung meistens vollständig manuell abgebildet und erst bei der Ausführungsstatik wird auf Software-Werkzeuge zurückgegriffen. Einzelne Bauteile werden dann losgelöst vom Gesamtmodell bemessen und relevante Lasten werden händisch übernommen.

3.2. FE-Modellierung

Am anderen Ende des Spektrum wird für komplexe Bauwerke besonders in Holzmassivbauweise auf eine FE-Modellierung zurückgegriffen. Dabei wird das gesamte Gebäude händisch in ein zusammenhängendes statisches Modell überführt und physikalisch simuliert.

4. Bestehende Probleme

In beiden Ansätzen fehlt ein Software-Werkzeug für die Tragwerkskonzeption, sodass diese nach wie vor händisch erfolgt. Dafür gibt es einen entscheidenden Grund: fehlender Modellimport für die Statik. Es ist in der Praxis bisher selten möglich, die 3D Modelle des Architekten als Ausgangsbasis für die Modellierung des Tragwerks zu verwenden, sodass eine manuelle Bearbeitung immer noch am effizientesten ist. Gerade aber bei größeren Bauprojekten führt dies zu zwei entscheidenden Nachteilen für das Bauprojekt.

4.1. Fehlendes Variantenstudium

Aufgrund des großen manuellen Aufwands werden selten verschiedene Tragwerkskonzepte erstellt und verglichen. Dadurch wird oft auf konservativere Tragwerke zurückgegriffen, die wiederum höhere Kosten bei schlechterer Ökobilanz verursachen. Beispielsweise wird häufig auf einen massiven Treppenkern aus Beton zurückgegriffen, obwohl mit einem geschickten Design auch eine Aussteifung über Wandscheiben möglich wäre. Da aber die Zeit fehlt beide Konzepte im Detail nachzuvollziehen, wird standardmäßig auf die konservativere Variante zurückgegriffen.

4.2. Teure Änderungen

Entstehen im Planungsprozess noch Änderungen durch andere Fachplaner oder die Bauherrin müssen große Teile der Konzeption händisch nachbearbeitet werden, da keine automatische Lastübernahme existiert. Wird etwa eine Wand verschoben oder entfernt, die für die Aussteifung angesetzt wurde, kann sich die Kraftverteilung im Gebäude stark verändern, sodass viele vorherige Berechnungen ungültig werden und Bauteile neu bearbeitet werden.

5. Modell für vertikal integrierte Statik

Wollen wir diese Hindernisse aus dem Weg räumen, brauchen wir einen anderen Ansatz für die softwaregestützte Tragwerksplanung im Holzbau. Konkret braucht es eine Lösung, die den gesamten Prozess vertikal integriert abbildet. Das heißt, eine Lösung, die sich ausschließlich auf den Hochbau aus Holz bzw. in Holzhybridbauweise fokussiert, dafür aber die gesamte Wertschöpfung des Statikers abbilden kann. Modellbasierte Tragwerksplanung sollte es möglich machen auch die Konzeption in einem interaktiven 3D Modell abzubilden.

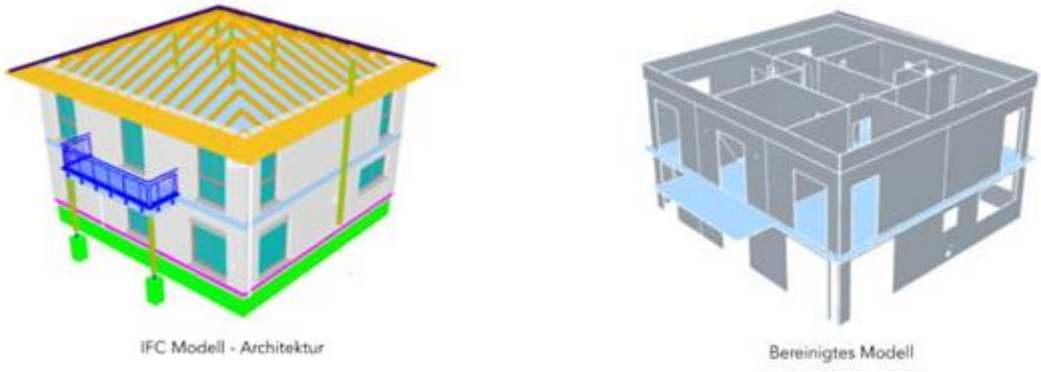


Abbildung 3: statisches Modell abgeleitet aus IFC - Architekturmodell

6. Modell-Import

Der erste zentrale Schritt ist es, die bestehende Modelldaten aus der Architektur für die statische Bemessung verwendbar zu machen. Jeder, der sich einmal an einem IFC basierten BIM Workflow versucht hat weiß, dass oft große Anpassungen am Modell notwendig sind, um die notwendige Qualität und Einfachheit für die statische Bemessung in ausgefallene Architekten-Modelle zu bekommen. Durch den expliziten Fokus auf Wohn- und Bürobauten lassen sich mit klugen Algorithmen viele der Modellierungs- und Exportfehler aber weitestgehend automatisch ausbügeln. Damit steht innerhalb von Minuten das Modell für die Konzeption des Tragwerks bereit.

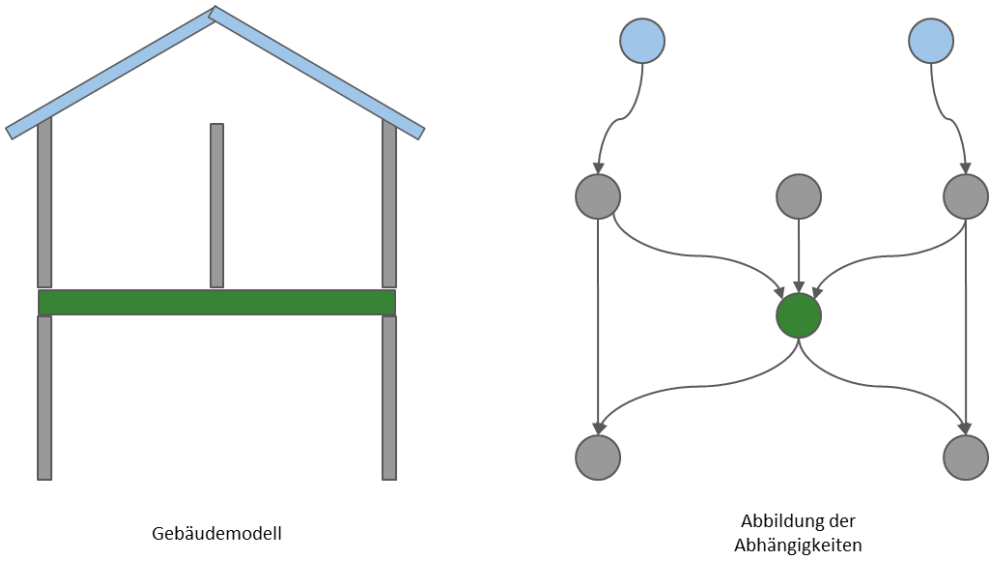


Abbildung 4: multidimensionale Repräsentationen von Gebäuden

6.1. Mehrdimensionale Repräsentation

Um eine intuitive Tragwerksplanung zu ermöglichen, braucht es dann ein digitales Abbild des Gebäudes, dass die Zusammenhänge der Bauteile untereinander automatisch verstehen, gleichzeitig aber nicht die Komplexität eines FE-Modells hat. Beispielsweise muss eine Wand, über die unter ihr stehenden Wände wissen und Kräfte ingenieursmäßig übergeben können. Man kann sagen, dass der Computer zu verstehen beginnt, wie ein Gebäude aus statischer Sicht funktioniert.
Mehrdimensional ist die Repräsentation, weil sich verschiedene Detailmodelle daraus ableiten lassen. Konkret kann aus dem Gesamtmodell beispielsweise eine klassische Position herausgelöst werden. Gleichwohl kann aber auch ein vollständiges Modell für eine dynamische Betrachtung bei Erdbeben abgeleitet werden. Ein Modell also, das sich je nach Anwendungsfall verändern kann. So einfach wie möglich, so komplex wie nötig.

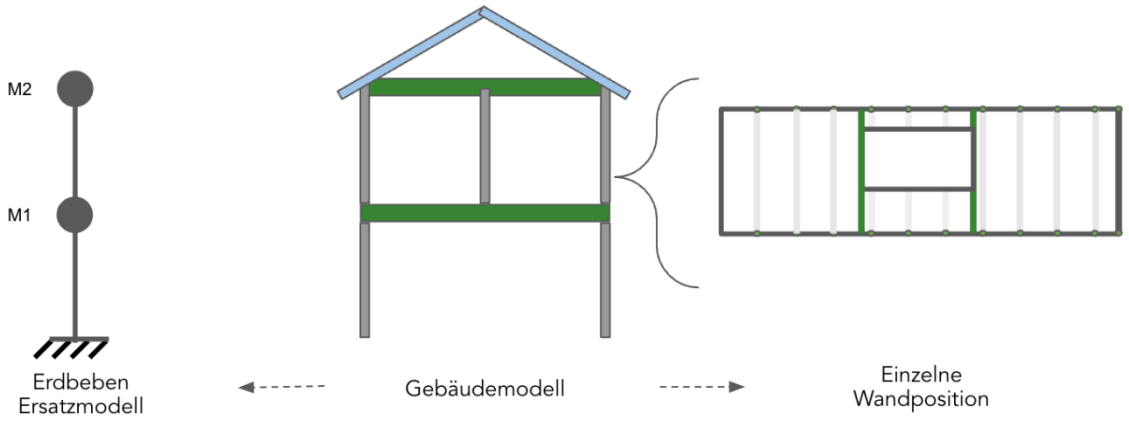


Abbildung 5: multidimensionale Repräsentation am Praxisbeispiel Erdbeben

Folgt man strikt diesem Paradigma und bildet den aktuellen Planungsstand in einem interaktiven Gebäudemodell ab ist es ein Leichtes, verschiedene Varianten zu studieren oder Änderungen einzupflegen. Denn ähnlich wie Referenzen in einer Excel-Tabelle, kann ein kluges Datenmodell automatisch auf Änderungen reagieren und abhängige Ergebniswerte updaten. Wird, wie im Beispiel weiter oben, eine Wand verschoben, kann automatisch die gesamte horizontale Kraftverteilung erneut vollzogen werden und auch die Bauteilnachweise können sich entsprechend anpassen.

Durch neue Technologien wie einen robusten Import und kluge Datenrepräsentationen wird es dann erstmals möglich und lohnenswert für den Tragwerksplaner in einem 3D Modell zu arbeiten.

Mit Werkzeugen wie dem SCIA Autoconverter [1] oder dem Strukturedítor der MB Worksuite [2] bewegen sich verschiedene Softwarehersteller bereits in diese Richtung, sodass es Stück für Stück möglich wird, die Tragwerksplanung in einen digitalen Planungsprozess zu integrieren.

7. Ausblick

Mit den hier erörterten Grundlagen aus der Perspektive der Software lassen sich die fundamentalen Probleme im Planungsprozess für Holzbauten besser bewältigen. Klar ist, dass Software nicht alle Probleme löst. Damit diese Werkzeuge gewinnbringend eingesetzt werden können, muss sich auch der Prozess verändern. Kommt beispielsweise das ausführende Holzbauunternehmen erst nach der Ausschreibung ins Planerteam sind kostspielige Anpassungen unvermeidbar. Gleichwohl kann durch Innovation bei digitalen Lösungen auch der Prozess in die richtige Richtung gerückt werden. Es besteht also eine Art Wechselwirkung zwischen Werkzeugen und Prozessen.

Für uns ist klar, dass Software eine stärkere Rolle im Prozess der Tragwerksplanung übernehmen sollte. Nur so kann die Menge an Bauprojekten ökologisch und ökonomisch effizient abgewickelt werden. In der Zukunft verändert sich dann das Aufgabenfeld des

Ingenieurs weg von Handrechnungen und manuellen Geometrieeingaben, hin zur kreativen Tragwerkskonzeption, Prüfung der automatisch berechneten Ergebnisse und Kommunikation der Expertise im Planerteam.

Mithilfe von kluger Automatisierung wird es möglich, wichtige Designentscheidungen auch in der Statik immer früher im Planungsprozess zu treffen, da aufwändige Handrechnungen und Excel-Tabellen wegfallen. Hin zu einem Prozess, bei dem schon am Anfang klar ist, dass das was geplant wird, am Ende auch gebaut werden kann.

8. Literatur

[1] https://www.mbaec.de/produkte/strukturedito r/ abgerufen 29.04 - 14:20 Uhr

[2] https://www.scia.net/de/software/scia-autoconverter abgerufen 29.04 - 14.15 Uhr

Digitalisierung für die Produktion

Fabian Scheurer
Design-to-Production GmbH
Erlenbach/Zürich, Schweiz

Digitalisierung für die Produktion

1. Einleitung

Der neue Hauptsitz der Firma Swatch in der Schweizer Uhrenstadt Biel wurde vom japanischen Architekten und Pritzer-Preisträger Shigeru Ban entworfen und 2019 eröffnet. Der Kern des viergeschossigen Bürogebäudes besteht aus einem konventionellen Betonskelett, umhüllt von einer spektakulären Holzgitterschale, die gleichzeitig als Fassade und Dach wirkt.

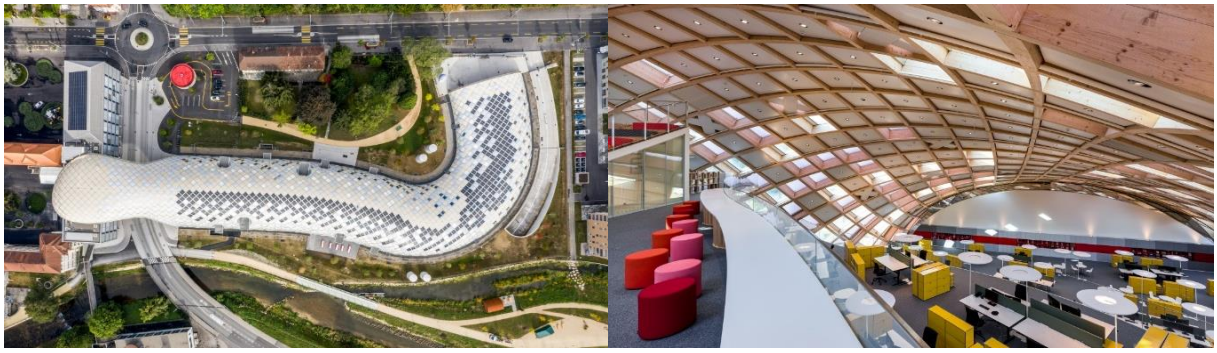


Abbildung 1: Luftbild und Innenansicht des Swatch-Gebäudes (Bilder: Swatch)

Diese Gitterstruktur, die wie ein 240 Meter langes Fragezeichen dem Verlauf eines kleinen Flusses folgt, spannt in der Breite über rund 35 Meter und steigt von rund 8 Meter Höhe am hinteren Ende bis zu 26 Meter über der Frontfassade, bevor sie eine öffentliche Strasse überquert und sich als Dach über die Konferenzhalle des gegenüberliegenden Gebäudes «Cité du Temps» legt – ebenfalls ein Holzbau aus der Feder von Shigeru Ban. Die 11.000 qm grosse Holzkonstruktion besteht aus Brettschichtholzträgern, die ein Gitter von rund 2x2m grossen, viereckigen Feldern formen. In diesen Feldern sitzen 2.800 vorgefertigte Fassadenelemente verschiedener Typen (transluzente ETFE-Elemente, transparente Glas-Elemente, opake Elemente mit und ohne Photovoltaik, und eine Reihe von Subtypen) und bilden die Gebäudehülle. Aufgrund der freien Form des Gebäudes sind alle Fassadenelemente individuell geformt – und dasselbe gilt für die 4.600 Holzträgersegmente, aus denen die Gitterschale besteht.

Abbildung 2: Montage der Holzstruktur und fertige Fassade (Bilder: SJB, Swatch)

Swatch kann mit einiger Berechtigung als Höhepunkt einer Serie von Freiform-Holzbauprojekten von Shigeru Ban betrachtet werden:

- **Das Centre-Pompidou Metz**, Frankreich (eröffnet 2010) – ein 8.500 qm grosser «Hut», dessen Holzgeflecht die Betonstruktur des Museums beschirmt.
- **Der Nine Bridges Golf Club** in Yeoju, Südkorea (eröffnet 2009) – ein 3.200 qm grosser «Wald» aus schlanken Holzstützen, die sich zu einem Baldachin verflechten.
- **La Seine Musicale** in Paris, Frankreich (eröffnet 2017) – eine 30 m hohe «Perle» auf der Spitze der Seine-Insel Seguin, die eine Kammermusiksaal mit 1.500 Sitzplätzen umhüllt.

Genau wie Swatch wurden alle diese Projekte aus vorgefertigten, gekrümmten Brettschichtholz-Trägern zusammengesetzt, präzise in Form gefräst durch digital gesteuerte (CNC) Maschinen in Deutschland, Frankreich und der Schweiz. Ihre Konstruktionen basieren auf Schweizer Holzbau-Ingenieurwissen von Hermann Blumer und SJB, und bei allen spielte Design-to-Production eine vitale Rolle in der digitalen Modellierung und schlussendlich dem Erstellen von Fertigungsdaten für die CNC-Produktion

Abbildung 3: Swatch Vorläufer: Centre Pompidou Metz, Nine Bridges Golf Club Yeoju, La Seine Musicale Paris (Bilder: SJB, Blumer-Lehmann, D2P)

Für Design-to-Production (D2P) war Swatch trotz aller Routine ein herausragendes Projekt: während wir bei den drei Vorgängerprojekten erst *nach* Ausschreibung und Vergabe auf Seiten des ausführenden Holzbauers mit der digitalen Modellierung begannen, wurden wir bei Swatch bereits *vor* der Ausschreibung von der Bauherrschaft beauftragt, das Planungsteam durch ein digitales Modell zu unterstützen. Das Ziel war, Planungsvorschläge so früh wie möglich gegen die tatsächliche Geometrie des Gebäudes zu prüfen und die resultierenden Entscheide in einem präzisen digitalen Modell für die spätere Umsetzung zu dokumentieren. Aufgrund unserer praktischen Erfahrung mit CNC-Produktionsmodellen wurde uns rasch bewusst, dass letzteres die bei weitem die grössere Herausforderung darstellt: **Wie erreicht man die Durchgängigkeit des Datenflusses von einer frühen Planungsphase bis hin zu Produktion und Montage?**

Digitale Fertigung ist im Holzbau praktisch zum Alltag geworden. Digitale Planung (nach der BIM-Methode) wird in der Architektur ebenfalls mehr und mehr zum Standard. Die digitalen Modelle der Planungsphase zu nutzen, um damit die digitale Produktion zu steuern, scheint eine logische Konsequenz dieser Entwicklung zu sein. Trotzdem stellt sich die Realität weitgehend anders dar. Viele der umfangreichen *3D-Planungsmodelle* werden bestenfalls als «informeller» Input für die Ausführung genutzt, während die eigentlichen *3D-Produktionsmodelle* nach der Vergabe von Grund auf neu erstellt werden.

Aus der Aufgabenstellung digitale Modelle durchgängig nutzbar zu machen hat Design-to-Production im Laufe der vergangenen 15 Jahre einen mehrphasigen, parametrischen Modellierungsprozess entwickelt, der im Folgenden beschrieben wird.

2. Pre-Tender: Planungsphase

Eine grosse Herausforderung beim Erstellen von Produktionsmodellen ist die notwendige Detailtiefe (**Level of Detail**): jedes Loch, das auf einer CNC-Maschine gebohrt werden soll, muss zuvor in einem digitalen Modell definiert werden. Beim Swatch-Holzbau summiert sich das zu rund 140.000 Befestigungsmitteln, die in der gekrümmten Struktur platziert werden müssen. Logischerweise kann das noch nicht in einer frühen Planungsphase geschehen, sondern erst in der Werk- und Montageplanung, wenn Typ, Dimension und Positionen jeder Schraube final geklärt sind. Trotzdem enthalten Planungsmodelle oft überraschend viele Details – von denen allerdings viele nur «gut geraten» und vorläufig sind, solange der Ausführende nicht bekannt, die Verfügbarkeit der Materialien nicht gesichert und die Detailstatik nicht geprüft ist. 3D-Modelle aus der Planungsphase können also oft gar keine verlässlichen Entscheidungen dokumentieren, sondern nur die ungefähre Projektion einer möglichen Zukunft des geplanten Gebäudes.

Selbst wenn Details schon frühzeitig bekannt sind, scheitert die direkte Weiterverwendung von Planungsmodellen für die digitale Fertigung regelmässig an mangelnder Präzision. Die typische Produktionstoleranz einer modernen CNC-Abbundmaschine liegt im Bereich eines

halben Millimeters – was keinesfalls eine Übertreibung sondern pure Notwendigkeit ist, sobald direkt statisch relevante Details produziert werden sollen. Dementsprechend wird eine solche Maschine aber jeden Modellierungsfehler, der grösser als 0.5 mm ist, mit unerbittlicher Präzision in ein, dann ebenso fehlerhaftes, Bauteil «materialsiert». In der Regel erreichen die digitalen Modelle aus der Planungsphase nicht annähernd ein solches Präzisionsniveau (**Level of Accuracy**), daher können ohne Überarbeitung auch keine Produktionsdaten direkt aus ihnen abgeleitet werden.

Kurz: Aus dem Blickwinkel der digitalen Fertigung enthalten digitale Gebäudemodelle meist zu viel Information von zu geringer Qualität. Der Ausführende muss nun in der Regel die Verantwortung für das produzierte Ergebnis übernehmen, hat aber kaum Möglichkeiten sicher herauszufinden, welche Teile des empfangenen Modells auf harten Fakten beruhen, und welche bloss geraten sind. Daher ist es ein relativ pragmatischer Zug, das mit viel Aufwand erstellte 3D-Modell beiseitezulegen und selbst ein Produktionsmodell neu aufzubauen – genau so, wie schon immer neue, genauere und detailliertere 2D-Zeichnungen in jeder Phase eines analogen Planungsprojekts erstellt wurden.

Um durchgängig verwendbare, digitale 3D-Modelle von geometrisch komplexen Projekten zu erstellen, müssen wir uns also auf die Qualität konzentrieren, statt uns von der Quantität blenden zu lassen! Entweder, der Ersteller übernimmt die volle Verantwortung für die Korrektheit (Wahrheit), Konsistenz (Widerspruchsfreiheit) und Vollständigkeit seines Modells, oder der Empfänger benötigt effiziente Methoden, um diese Eigenschaften zu prüfen!

2.1. Gebäuderaster

Nachdem wir 2013 zum Planerteam des Swatch-Projekts gestossen waren, erstellten wir als erstes ein sauberes Modell des Gebäuderasters. Das mag trivial klingen, wird aber in frühen Projektphasen oft vernachlässigt und führt später zu mühsamen Korrekturen und sogar Planungsfehlern. Es erfordert – vor allem in geometrisch komplexen Projekten mit zahlreichen gekrümmten Bauachsen – eine klare Unterteilung in definierende und abhängige Dimensionen, um ein geometrisch korrektes und eindeutiges Set von Konstruktionsregeln für das grundlegende Referenzsystem des Gebäudes zu definieren. Sich hier auf den Austausch von (digitalen) Kurven oder (gerundeten) Koordinaten zu verlassen, würde das o.g. Qualitätsniveau bereits beim ersten Schritt des Planungsprozesses korrumpieren.

Diese Referenzachsen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** links) wurde allen Planern zur Verfügung gestellt und beim Austausch von 2D- und 3D-Daten konsequent verwendet und auch überprüft.

2.2. Master-Surface

In einem zweiten Schritt wurde die Globalform des Gebäudes – die bis dahin nur ungefähr für Zeichnungen und Renderings definiert war – in ein präzises, digitales NURBS-Modell[1] überführt. Nachdem man sich im Planerteam auf die Oberkante der Holzstruktur als Referenzebene geeinigt hatte (die virtuelle «Schnittstelle» zwischen Holzbau und Fassade), wurde aus den existierenden 3D-Modellen von Shigeru Ban Architects und einer Reihe von klar definierten geometrischen Randbedingungen eine glatte Referenzfläche in Produktionsqualität entwickelt – innerhalb der zu erwartenden Produktionstoleranz von 1/10 mm (siehe Abbildung 4. Mitte) Für diese ausgiebig optimierte «Master Surface» konnte im April 2014 ein «Design-Freeze» erreicht werden. Ab da diente sie unverändert als Startpunkt für die Konstruktion jedes einzelnen Bauteils in der Fassade.

[1] *Non-uniform rational Bezier-Splines* (NURBS) ist eine mathematische Methode zur Beschreibung kontinuierlich gekrümmter Kurven und Flächen, die in den 1960er Jahren in der französischen Automobilindustrie entwickelt wurden. Sie ist bis heute die Grundlage für praktisch alle digitalen Modelle sogenannter "Freiform-Geometrien". Im Unterschied zu NURBS-Modellen werden gekrümmte Flächen in "Mesh-Modellen" durch ein Netz drei- oder viereckiger Maschen angenähert – was sich perfekt für die Visualisierung eignet, aber nicht für die Erzeugung geometrisch präziser Produktionsdaten.

2.3. Träger-Achsen

Auf der gekrümmten Master-Surface wurden anschliessend die Achsen der Gitterträger als NURBS-Kurven definiert – beginnend bei einer Symmetrieachse an der Frontfassade, den Positionen der neun grossen Balkonöffnungen und unter Berücksichtigung einer Reihe von Optimierungskriterien, z.B. ein durchschnittlicher Kreuzungsabstand von 2.1 m, optimale Krümmungsstetigkeit und möglichst rechtwinkligen Kreuzungen. Dieses Achsraster wurde ebenfalls abgenommen und Anfang 2014 eingefroren (abgesehen von der minimalen Verschiebung einer der Balkonpositionen im Februar 2015)

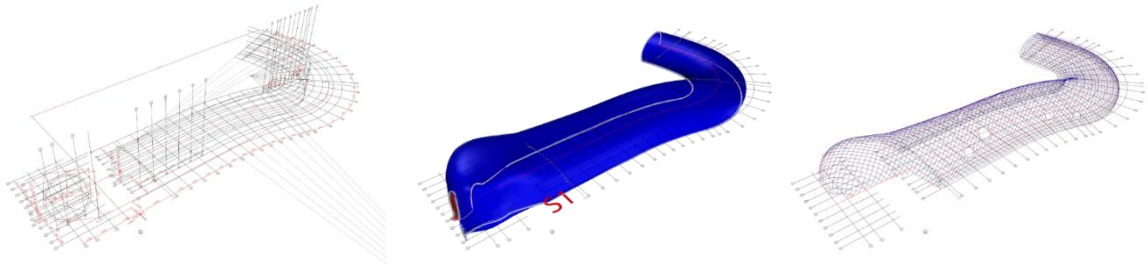


Abbildung 4: Swatch Referenz-Modell: Gebäuderaster, Master-Surface, Träger-Achsen

Zusammen mit dem Referenzmodell, bestehend aus Gebäuderaster, Master-Surface und Träger-Achsen, wurde ein robustes Nummerierungssystem für die Fassade entwickelt, das für die folgenden fünf Jahre bis zur Fertigstellung die eindeutige Identifikation und Lokalisierung sämtlicher Fassadenbauteile ermöglichte: Die Kurven des zweidimensionalen Träger-Rasters wurden fortlaufend durchnummeriert, beginnend an der Westspitze des Gebäudes. Die Knoten erhielten die Nummern der kreuzenden Achsen (analog einem kartesischen Koordinatensystem). Die viereckigen Fassadenfelder wurden gemäss ihrer westlichen Ecke benannt. Als besonders hilfreich erwies sich, dass dieses System auch die Nachbarschafts-Beziehungen zwischen Trägern, Knoten und Feldern beschreibt und so die Orientierung in dem riesigen Projekt vereinfachte.

2.4. Koordinations- und Analysemodelle

Ausgehend vom Referenzmodell konnte nun eine Vielzahl mehr und mehr detaillierter 3D-Modelle durch parametrische Modellierungswerkzeuge erstellt werden: Von den Volumen der räumlich gekrümmten Träger (deren Querschnitt überall rechtwinklig auf der Master-Surface steht), bis zu den gekrümmten Flächen der einzelnen Fassadenelemente. Aus diesen Modellen wurden den Planern auf Anfrage sowohl Teilmodelle als auch Mengen-Auszüge und andere Analysen zur Verfügung gestellt, z.B. zur Krümmung der äusseren Fassadenverglasung, der optimalen Orientierung der planaren inneren Verglasung, der Krümmung und Torsion der Träger und vieles mehr – bis hin zu besprinklerten Bodenfläche für jeden einzelnen Sprinklerkopf entlang der krummen Träger.

Da aufgrund der Gebäudeform aus keiner Blickrichtung alle Fassadenelemente sichtbar sind, wurde ausserdem ein «duales» 2D-Modell parallel zum geometrisch korrekten 3D-Modell entwickelt. Dieses zeige die «abgerollte» Fassade geometrisch verzerrt aber topologisch korrekt und konnte zu Koordination von Elementtypen, der Leitungsführung, der Platzierung von Heiz-Kühl-Paneelen und vieler anderer Themen verwendet werden (Abbildung 5.) Ein automatisiertes Update zwischen den beiden Modellen stellte sicher, dass Änderungen im 2D ins 3D übertragen wurden, und umgekehrt.

Abbildung 5: Abgerollte Koordinationsmodelle: Fassade (links), TGA (rechts)

Die Planungskoordination wurde speziell herausgefordert durch die späte Entscheidung eine separate Installationsebene zwischen Tragwerk und Fassade zugunsten einer reduzierten Bauhöhe des Gesamtsystems aufzugeben. Daraus resultierend mussten alle TGA-Installation entlang der Träger und durch die Knoten der Tragstruktur geführt werden. Die Erschliessung der Fassadenelemente mit Luft (ETFE- und Glas-Elemente), Strom (Beleuchtung, Gebäudeautomation, PV), Wasser (Heiz-Kühl-Paneele und Sprinkler) resultiert in über 5.000 Durchbrüchen in der Holzstruktur. Da deren strukturelle Auswirkungen durch die Ingenieure überprüft werden mussten, war eine frühe Definition im 3D-Modell unausweichlich (Abbildung 6).

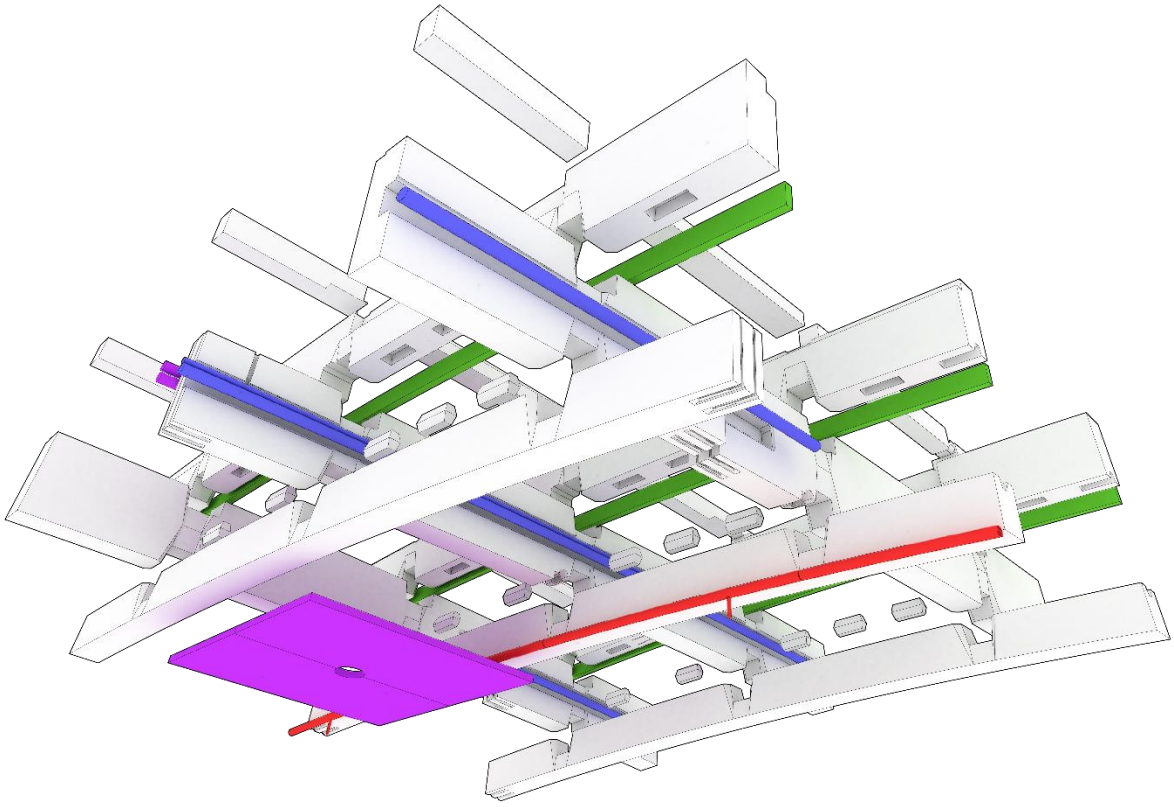


Abbildung 6: Explosionsdarstellung Holzbau + Installationen

2.5. Ausschreibungs-Modelle

Für die Ausschreibung wurden nicht nur Mengenauszüge aus den Modellen generiert, sondern das Referenzmodell und ein Ausschreibungsmodell wurden den Anbietern digital zur Verfügung gestellt. Im Ausschreibungsmodell wurde insbesondere die Schnittstelle zwischen Fassade und Holzbau sauber definiert – um die spätere Koordination der beiden Gewerke von Beginn an zu vereinfachen wurden die (undetaillierten) Hüllvolumen aller Fassadenelemente und Holzträger modelliert, um die jeweiligen Arbeitsbereiche sauber abzugrenzen.

Der Planungsauftrag für Design-to-Production endete an diesem Punkt. Dementsprechend war das Ziel, eine vollständige Beschreibung des Planungsstandes zu mit Hilfe eines sauberen und präzisen 3D-Modells zu definieren, das als Basis für die weitere Werk- und Montageplanung dienen konnte. Da keines der Standard-BIM-Formate den Austausch geometrisch präziser NURBS-Modelle erlaubte, geschah dies in der Form detailliert dokumentierter Rhino-3D-Modelle.

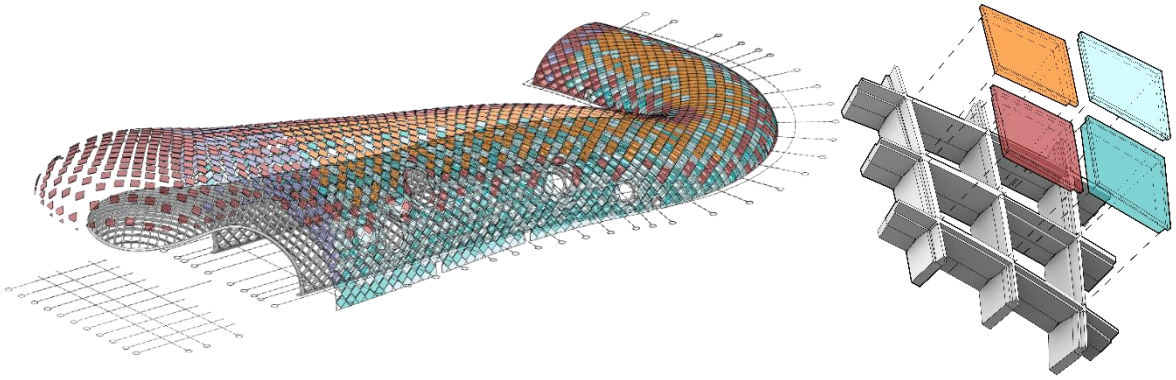


Abbildung 7: Ausschreibungs-Model: Hüllvolumen Holzbau und Fassade

3. Post-Tender: Ausführungsphase

Mehrere der durch Swatch beauftragten Ausführenden entschlossen sich, Design-to-Production als ihre 3D-Planer weiter zu verpflichten – was einen bruchlosen Übergang der digitalen Information weiter vereinfachte. Bis zur Fertigstellung des Gebäudes erstellte D2P digitale Produktionsmodelle für den Holzbau (Blumer-Lehmann), den Fassadenbau (Roschmann), die Heiz-Kühl-Paneele (ESG), Teile des Sprinklersystems (Oeschger Brandschutz) und des Innenausbaus (Roethlisberger, Adunic) – teilweise bis hin zu CNC-Daten für die Produktion.

Insgesamt wurden mehr als 85.000 individuelle vorgefertigte Bauteile geplant und produziert: 65.000 für die Fassade (davon mehr als 20.000 aus Holz!), rund 20.000 für den Innenausbau und fast 5.000 – und darunter die bei weitem komplexesten – für den Holzbau.

3.1. Swatch-Knoten

Eine der Herausforderungen der Holzkonstruktion war die Konstruktion der Kreuzungsknoten. Aufgrund von Shigeru Bans Wunsch, keine sichtbaren Stahlteile in der Struktur zu haben, war die Grundidee, eine doppellagige Ausblattung zu verwenden: ein Mittelträger mit voller Höhe wird von zwei halbhohen Trägern in der anderen Richtung umschlossen. Die Ausblattungen erlauben es, Last in beide Trägerrichtungen durch den Knoten zu leiten, da jeweils die Hälfte des Trägerquerschnitts durchlaufend bleibt (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Nun kann eine traditionelle Kreuzblatt-Verbindung in genau einer Richtung zusammengefügt werden: senkrecht zu den beiden Trägerrichtungen (mathematisch bekannt als «Normalenvektor»). Sobald einer der Träger leicht verdreht oder nicht parallel zum Normalenvektor bewegt wird, «klemmt» die Montage. Schon bei geraden Trägern kann das problematisch werden, wenn mehrere solcher Verbindungen entlang eines steifen Trägers

gleichzeitig eingefahren werden müssen. Geometrisch unmöglich wird es, wenn die Normalenvektoren der einzelnen Verbindungen nicht parallel sind, wie im Fall von Swatch. Hier sind ALLE Träger gekrümmt und verdreht und an den längsten Trägersegmenten sitzen bis zu sechs Verbindungen, die alle in unterschiedliche Richtungen zeigen!

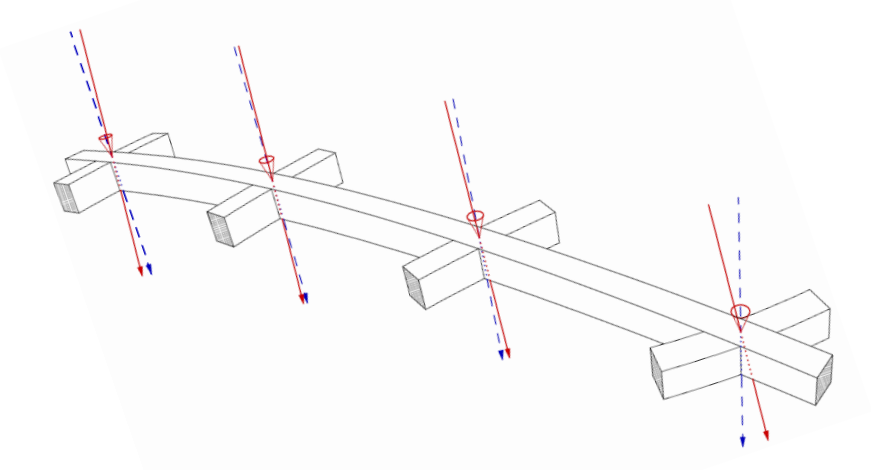


Abbildung 7: Vier Knoten an einem Trägersegment: Normalenrichtung (blau) und Montagerichtung (rot)

Um dieses Problem zu lösen hat Design-to-Production den «SkepLap-Joint» entwickelt, eine Version des Kreuzblatts («Cross-Lap») der leicht schräg eingefahren werden kann aber in der Endposition trotzdem auf satt sitzt. Dies wird ermöglicht indem die Seitenflächen der Ausblattung in einem definierten Winkel geneigt werden und sich so nach aussen öffnen. Um den nun lockeren Sitz der Verbindung zu kompensieren, werden die entsprechenden Flächen am anderen Träger ebenfalls geneigt, und es entstehen vier zusätzliche «diagonale» Flächen in den Ecken der Kreuzung. Im Gegentsatz zur traditionellen Ausblattung bleiben diese fehlenden Ecken nach der Montage sichtbar – was natürlich zu Diskussionen mit dem Architekten führte, der aber schlussendlich überzeugt werden konnte, dass es sich hier nicht um einen «bug» sondern ein «design-feature» handelt.

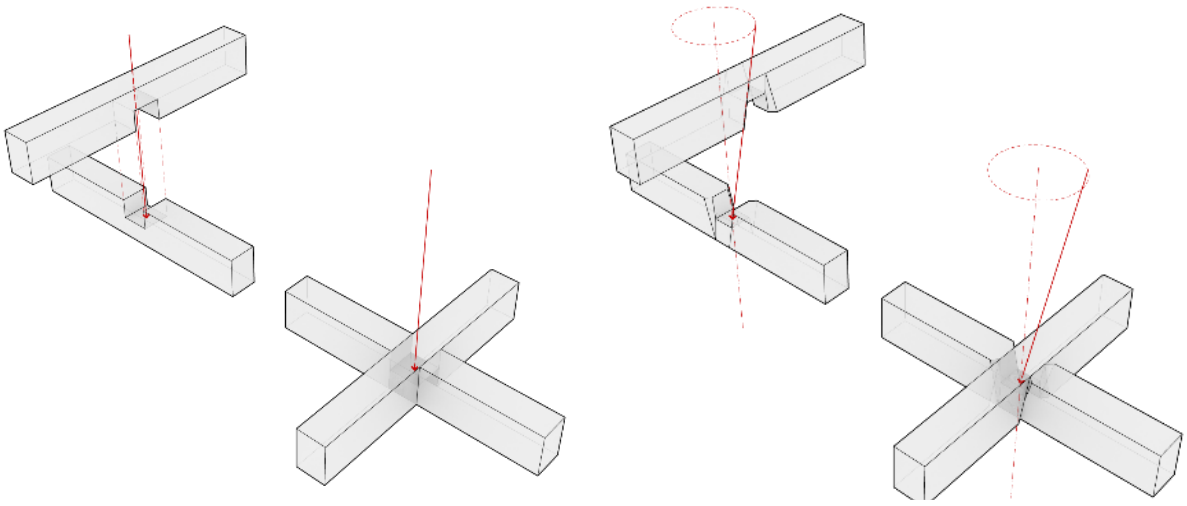


Abbildung 8: Traditionelles Kreuzblatt (links) und «SkewLap» Knoten (rechts)

Der Öffnungswinkel jedes einzelnen Knotens kann genau an die Erfordernisse angepasst werden, im Extremfall durch die Analyse des Winkelunterschieds zwischen Einfahrrichtung und Normalenvektor an jedem Knoten. Das würde allerdings dazu führen, dass die sichtbaren «fehlenden Ecken» sich von Knoten zu Knoten in der Grösse unterscheiden und ein unruhiges Gesamtbild erzeugen. Um eine homogene Erscheinung zu erreichen wurden bei Swatch nur drei unterschiedliche Öffnungswinkel verwendet – vermittelnd zwischen kleineren Winkeln mit grösserer statischer Kapazität und längeren Segmenten mit kürzeren Produktions- und Montagezeiten.

Abbildung 9: Detailansicht eines fertig montierten Knotens

3.2. Parametrische Modellierung

Um Freiform-Projekte wie Swatch effizient planen zu können, greift Design-to-Production konsequent auf die sog. «Parametrische Modellierung» zurück. Das bedeutet, dass Modellobjekte (Bauteile) nicht manuell erstellt und detailliert werden – was bei der immensen Zahl unterschiedlicher Teile und deren geometrischer Komplexität nicht realistisch wäre. Stattdessen werden detaillierte Modelle automatisch generiert auf der Grundlage von weniger detaillierten (abstrakteren) Modellen und parametrischen Regeln – auf Knopfdruck.

Anzahl, Form und Position der neu erstellten Bauteile oder Details beruhen dabei auf Eingangsparametern, die sich leicht ändern lassen – und das abstrakte «Referenzmodell» ist einer dieser Eingangsparameter. Auf diese Weise lassen sich 4.000 geometrisch einzigartige Kreuzungsknoten aus nur einer Master-Surface, einem Raster von gekrümmten Trägerachsen und ein paar Zeilen Programmcode erzeugen.

Durch Modularisierung und gekonnte Definition von Schnittstellen kann dieser Prozess als «digitale Kette» über mehrere Planungsphasen hinweg verknüpft werden. Im Fall von Swatch waren das:

- Ein **Referenz-Modell**, das nur die grundlegende Form (Master-Surface), die Trägerachsen und – daraus entstehend – die Positionen der Kreuzungsknoten enthält. Dies ist das einzige Modell, das teilweise manuell erstellt und optimiert wurde!
- Ein **Koordinations-Modell**, in dem Träger und Fassadenelemente als undetaillierte «Hüllvolumen» definiert sind, die parametrisch aus dem Referenz-Modell und einigen Eingangsparametern (z.B. Höhe und Breite des Trägerquerschnitts) erzeugt werden.
- Ein **Detail-Modell**, das alle Teile der Fassade als produktionsreif detaillierte Objekte enthält, jedes davon parametrisch generiert auf der Basis der Hüllvolumen des Koordinations-Modells und weiterer Parameter und Regeln

Da die meisten verfügbaren CAD- und BIM-Programme noch nicht mit den kombinierten Anforderungen aus Freiform (NURBS) Geometrie und Parametrik zurechtkommen, baut D2P eigene, digitale Planungswerkzeuge auf der Basis simpler aber robuster Standardsoftware (z.B. Rhinoceros), um diese Planungsphilosophie in die Tat umzusetzen.

Die Hauptaufgabe dabei liegt insgesamt weniger in der Tool-Entwicklung als im Entwickeln bzw. Aufdecken der zugrundeliegenden Systematik eines Bauprojekts aus dem Input des Planungsteams und der Fertiger und der präzisen Umsetzung in parametrische Regeln. Diese müssen so einfach wie möglich sein, um eindeutig und handhabbar zu bleiben. Auf der anderen Seite müssen sie alle auftretenden Spezialfälle innerhalb des Projekts abdecken – wie zum Beispiel die sehr «flachen» Kreuzungsknoten an den Swatch-Balkonen.

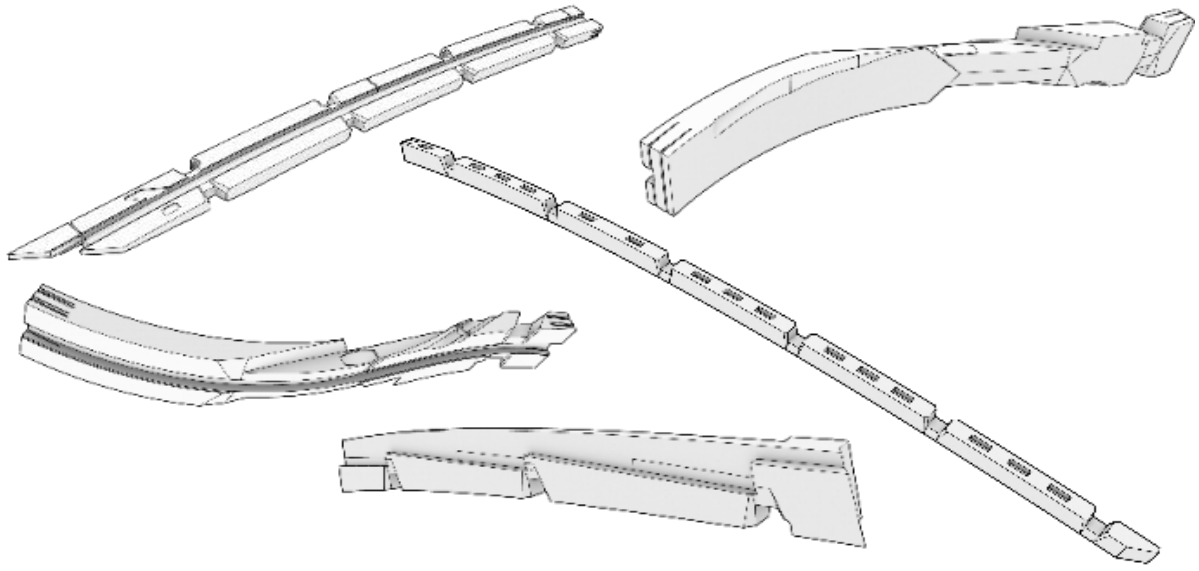


Abbildung 10: Parametrische Modellierung: Wenige Regeln, tausende Details.

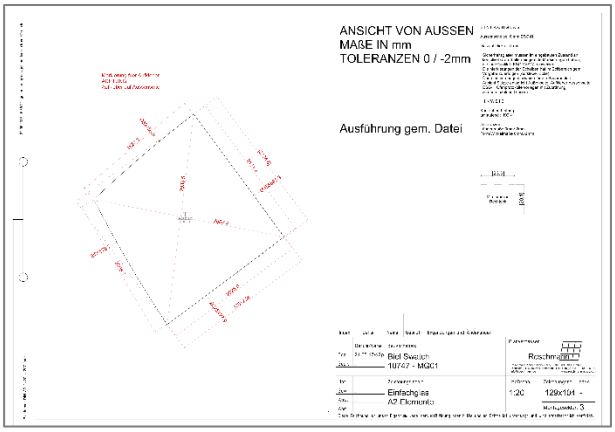
Die Komplexität eines Projekts wird dementsprechend nicht an der geometrischen Differenziertheit seiner Bauelemente gemessen, sondern an der Anzahl der unterschiedlichen Regeln und Parameter, die zu seiner eindeutigen Beschreibung notwendig sind. Das Hauptziel bei «Losgrösse Eins»-Projekten ist stets, ein systematisches «Bausystem» zu entwickeln und die Anzahl der Sonderfälle ausserhalb dieses Systems zu minimieren.

3.3. Digitale Fabrikation

Die *Planung* von geometrisch komplexen «Losgrösse-Eins» Projekten lässt sich mit den Mitteln der parametrischen Modellierung sehr gut beherrschen. Spannend wird es wieder am Übergang vom Planen zum *Bauen* – wo statt Bits nun Atome bewegt werden müssen. Digital gesteuerte (CNC) Fertigungsverfahren ermöglichen diesen Übergang. Für die Swatch-Fassade wurden eine ganze Reihe solcher Verfahren eingesetzt:

- 5-Achs CNC-Fräsen von BSH-Trägern und Fensterrahmen
- Robotisches Mehrachs-Fräsen von Isolierkernen für opake Fassadenelemente
- 3-Achs CNC-Fräsen von 3-Schichtplatten für opake Fassadenelemente
- CNC Laserschneiden von Blechen, OSB- und MDF-Platten für opake Fassadenelemente
- CNC Schneiden von FPO- und ETFE-Folien
- CNC Wasserstrahlschneiden von Glasscheiben
- U.v.m.

Eine Vielzahl von Zulieferen musste mit den entsprechenden Daten für ihre Produktionsprozesse versorgt werden, um einen optimalen informationsfluss zu erreichen. Das reichte von herkömmlichen Einzelstückzeichnungen (z.B. für Glasscheiben) bis zu voll detaillierten 3D-Modellen mit zusätzlicher Bearbeitungsgeometrie für Bohrachsen oder 5-Achs-Pfaden.



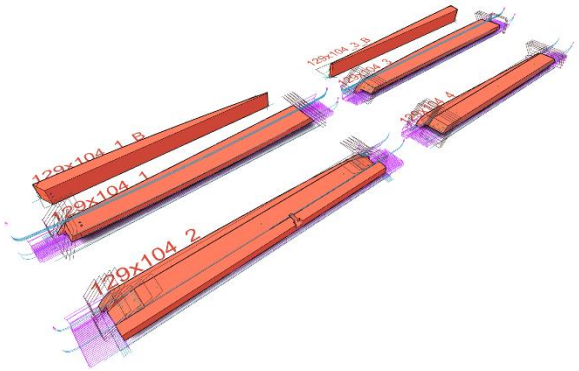


Abbildung 11: Fertigungsdaten: 2D-Zeichnungen oder 3D-Fertigungsmodelle

Am Ende ist es einer CNC-Maschine egal, ob sie 1000 gleiche oder 1000 unterschiedliche Teile produziert, solange sie den richtigen Input bekommt – und das beinhaltet sowohl das notwendige (phyische) Rohmaterial als auch die korrekten (digitalen) Fertigungsdaten. Beides bringt gewisse Anforderungen mit sich.

3.4. Planungsqualität

Grosse Mengen korrekter Produktionsdaten für individuelle CNC-Fertigung können nur effizient erstellt werden, wenn sie direkt und automatisiert aus Planungsdaten abgeleitet werden. Eine industrialisierte Produktion benötigt eine entsprechend industrialisierte Planung. Wie gezeigt wurde, kann das mit Hilfe von parametrischer Modellierung erreicht werden, aber am Ende müssen die Qualitätsanforderungen der Fertigung – oft im Sub-Millimeter-Bereich – erreicht werden. Wenn nun detaillierte Produktionsdaten parametrisch über mehrere Stufen aus abstrakteren Modellen abgeleitet werden, dann «klappern» diese Qualitätsanforderungen im Prozess «nach vorne» bis zur grundlegenden Geometriedefinition im Referenzmodell – was erklärt, warum die Master-Surface am Beginn des Swatch-Projekts so peinlich genau und langwierig optimiert wurde, um dann über fünf Jahre als Input für alle folgenden Modelle zu dienen.

4. Neue digitale Planungsprozesse

15 Jahre Erfahrung mit komplexen digitalen Produktionsprojekten haben unser Team zu der Erkenntnis geführt, dass eine blosse Digitalisierung der Planungs- und Produktionswerkzeuge nicht zu signifikanten Produktivitätsgewinnen führt, solange wir an traditionellen Prozessen festhalten. Wir müssen neue Prozessmodelle und Arbeitsabläufe entwickeln!

4.1. Wasserfall Prozess

Planungs- und Ausführungsprozesse im Bau folgen noch viel zu häufig dem sogenannten «Wasserfall Modell».

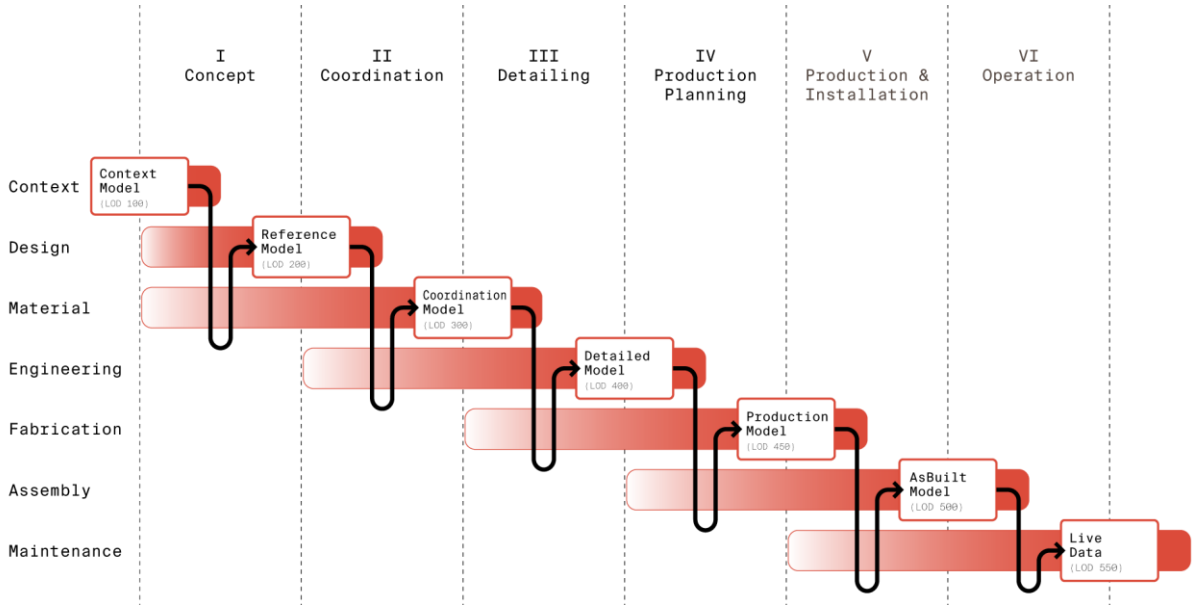


Abbildung 12: Wasserfall-Prozess

Von Projektphase zu Projektphase (von links nach rechts) steigt die Betrachtungstiefe in immer relevantere Themen (von oben nach unten). Scheinbar «späte» Themen wie Fertigung und Montage werden oft erst in der Detaillierungsphase diskutiert und entschieden. Das führt in Projekten, die auf Vorfertigung setzen, offensichtlich zu Problemen: Man braucht nicht zu produzieren, was man nicht montieren kann und man braucht nicht zu planen, was man nicht produzieren kann!

- Am Ende jeder Phase wird ein Modell zu nächsten Phase übergeben, wo es dann überarbeitet und schliesslich durch eine detailliertere und präzisere Version ersetzt wird. Das führt zu kontinuierlichem Anwachsen der Datenmengen (bis sie zu gross und zu unhandlich werden um konsistent zu bleiben) und verhindert das «zurückspringen» zu weniger detaillierten Ständen (im Fall konzeptioneller Änderungen).

4.2. D2P-Prozess

Der Design-to-Production Prozess unterscheidet sich in wichtigen Aspekten:

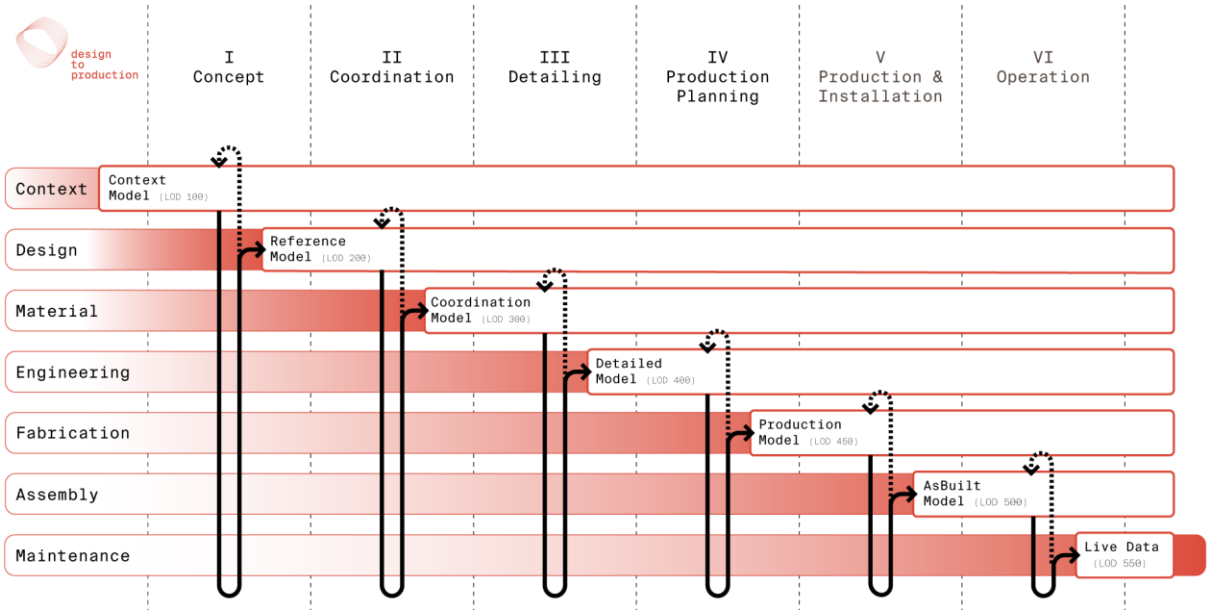


Abbildung 13: D2P-Prozess

- **Agil + Präzise**: Wir betrachten die gesamte Tiefe des Projekts schon vom Beginn an – bis hinab zu Produktion, Montage und Betrieb – um zu jedem Zeitpunkt ein sicher umsetzbares Projekt zu planen. Der kritische Punkt ist das «Auftauchen» bis zu einem adäquaten Abstraktionsniveau am Ende einer jeden Planungsphase, so dass nur in das digitale Modell eingebaut wird, was auch tatsächlich entschieden wurde – so wenig wie nötig, so abstrakt wie möglich, aber bereits in Produktionsqualität.
- **Multiskalar + Parametrisch**: Wir wollen unsere digitalen Modelle durchgängig bis zur Produktion verwenden und generieren detaillierte Modelle parametrisch aus abstrakten Modellen. Das erfordert, dass die abstrakten Modelle aus früheren Phasen nicht ersetzt werden – sonst könnten wir sie nur genau ein einziges Mal als Input verwenden! Stattdessen bauen wir einen Stapel aus mehr und mehr detaillierten Modellen. Und da der Inhalt automatisch generiert wurde, können wir ein detailliertes Modell jederzeit wegwerfen und mit veränderten Eingangsparametern neu erzeugen!

Basierend auf diesem Schema haben wir seit 2007 zahlreiche Projekte in die Produktion gebracht – einschliesslich der oben genannten Holzbauten von Shigeru Ban.

Interessanterweise funktioniert diese Methode unabhängig von unserem Einstiegspunkt in das Projekt, sei es vor oder nach der Vergabe. Jedes Freiform-Projekt beginnt mit einer präzisen Definition der Form in der Konzeptphase – im schlimmsten Fall durch Re-Engineering eines ungenauen Design-Modells unter Zeitdruck und in der Ausführungsphase, nur wenige Wochen vor dem Produktionstermin.

Wesentlich sicherer, verlässlicher und komfortabler für alle Beteiligten geschieht das allerdings, – wie im Falle von Swatch – zu Beginn des Planungsprozesses, spätestens nach dem Vorprojekt. Das erfordert allerdings oft ein Umdenken und einen Umbau der tradierten Abläufe. Kurz: Neue, digitale Prozesse!

Block A2

Planungshilfen zur Wissens- & Effizienzsteigerung im Holzbau

Holz&BIM | BIMwood

Sandra Schuster
Geschäftsführerin TUM.wood
Technische Universität München
München, Deutschland

Holz&BIM | BIMwood

Die Digitalisierung stellt zweifellos einen Megatrend dar. Sie durchdringt all unsere Lebensbereiche, verändert unser Kommunikationsverhalten, das Bildungswesen, unsere Arbeitswelt und nicht zuletzt die Industrie und das Bauwesen. Digitalisierung in seiner ursprünglichen Bedeutung umfasst die Erstellung digitaler Repräsentationen von physischen Objekten, also vereinfacht, die Übersetzung einer analogen Information in ein binäres Format. Inzwischen wird Digitalisierung als nächste große Revolution der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse beschrieben und stellt damit den Adaptionsprozess dar, der Individuen, Gesellschaft und Arbeitsprozesse betrifft.

1. Digitalisierung und Baubranche

Im vergangenen Jahrzehnt wurden verschiedene Bereiche der Wirtschaft bereits von der Digitalisierung erfasst und sie führte in unterschiedlichen Industriesektoren zu einer enormen Steigerung der Produktivität. Der Digitalisierungsindex steigt in allen Branchen. Ausgenommen davon ist die Baubranche. Als Grund hierfür wird das verbreitete Festhalten der Branche an gewohnten Prozessen und Arbeitsweisen genannt [1].
Auch hinsichtlich der effektiven Nutzung digitaler Werkzeuge bleibt die Baubranche hinter anderen Branchen zurück. Zwar werden für die Planung, Fertigung und den Gebäudebetrieb digitale Werkzeuge eingesetzt, allerdings gehen dabei zu viele Informationen durch das Fehlen eines standardisierten Datenaustauschs verloren. Solche Informationsbrüche lassen sich an unterschiedlichen Stellen des Lebenszyklus eines Bauwerks identifizieren. Sie finden sich im Bereich der Planung, der Fertigung und Ausführung, des Betriebes des Gebäudes und beim Um- und Rückbau [2].

Hier setzt die Idee des Building Information Modeling, kurz BIM an. Der vielfach strapazierte Begriff BIM, soviel lässt sich festhalten, bezeichnet weder eine Software noch ein Werkzeug. BIM beschreibt vielmehr ein semantisches Datenmodell, das in der Praxis aus mehreren Modellen bestehen kann, die sich über ein Referenzmodell in Beziehung setzen lassen bzw. verbunden werden können. Der Begriff BIM beschreibt zudem das Management des Modells oder der einzelnen Modelle im Sinne der Planung und Koordination von Daten und Informationsflüssen. BIM steht aber auch für den Modellierungsprozess als solchen, an dem Beteiligte aus unterschiedlichen Disziplinen teilhaben. Das Ziel von BIM lässt sich als eine strukturierte, nahtlose und datengestützte Zusammenarbeit zwischen Auftraggebenden, Auftragnehmenden, Fachleuten und Mitwirkenden an einem Bauprojekt über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg beschreiben. BIM bietet die Möglichkeit einer Computerunterstützung mit deren Hilfe Planung, Bau, Betrieb und Rückbau von Gebäuden nicht in Zeichnungen oder Einzeldateien abgelegt werden, sondern in Form eines umfassenden digitalen Bauwerksmodells erstellt, vorgehalten und weitergegeben werden können [3][5].
Im Bereich der industriellen Vorfertigung bietet BIM große Potenziale für Produktivitätssteigerungen in Entwurfs-, Produktions- und Qualitätsmanagementprozessen [2]. BIM wird auch als Schlüsseltechnologie in Architecture, Engineering and Construction (AEC) mit tiefgreifenden Auswirkungen auf gängige Arbeitsmethoden beschrieben. Construction 4.0 als Konzept, basiert auf der Digitalisierung der Bauwirtschaft einerseits und der Industrialisierung der Bauprozesse andererseits. Dieses Konzept wird im Bereich der Fertigung vorgefertigter Holzbauten partiell, aber noch nicht durchgängig in einer digitalen Kette umgesetzt.

2. Holz&BIM – Status quo

Allgemein bekannt ist, dass die Holzbauunternehmen seit langem mit 3-D Modellen arbeiten und diese mit alphanumerischen und geometrischen Informationen hinterlegen. Die Digitalisierung und Automatisierung von Fertigungsprozessen im Holzbau nimmt dabei nach wie vor zu. Damit zählt der Holzbau in Hinblick auf die Digitalisierung zu den fortschrittlichsten Bauweisen der Branche.

Doch wie sieht der Gesamtprozess aus? Die digitale Kette im Holzbau? Dieser Frage sind wir im Rahmen der Studie *Holz&BIM* [4] an der Technischen Universität München nachgegangen. Ziel des Vorhabens war eine Darstellung des Status quo, um in einem folgenden Forschungsprojekt *BIMwood* gezielt Lösungsansätze für einen holzbaugerechten BIM-Prozess entwickeln zu können. Im Rahmen der Ergebnisse wurden Defizite oder Hemmnisse identifiziert, die der Verbreitung von BIM im Holzbau im Weg stehen. Zudem wurde Kenntnis darüber erlangt, wer in welchem Umfang BIM in der Holzbaubranche nutzt und in wie weit die Praxis Nutzen daraus zieht. Für die Studie wurden 20 Personen befragt, die als Planende, Ausführende oder produzierende Unternehmen in der Holzbaubranche tätig sind und über einen Erfahrungsschatz im Umgang mit der Planungsmethode BIM verfügen. Darüber hinaus erfolgten zwei Online-Umfragen. Die beiden Umfragen wurden zielgruppengerichtet, einmal für Planende, einmal für Ausführende verfasst.
Aus der Auswertung der Umfragen und Interviews ergeben sich unterschiedliche Erkenntnisse: Holzbau und BIM passen sehr gut zusammen. Die Prozesse sind ähnlich strukturiert. Ein BIM-gestützter Planungsprozess verlagert den Planungsaufwand in frühe Planungsphasen und geht mit einer Aufwandsverlagerung gegenüber bisherigen Planungsabläufe einher [2]. Auch im Holzbau müssen aufgrund der Vorfertigung und der komplexen, multifunktionalen Elemente wesentliche Entscheidungen zu einem frühen Zeitpunkt getroffen werden. Mit der Übernahme von Daten und Informationen des Planungsteams in die Fertigungsplanung des Unternehmens erfolgt eine Anpassung der Planung an die Besonderheiten der Fertigungsabläufe des Unternehmens. Damit wird die Grundlage für sämtliche weiteren Prozesse des Holzbauunternehmens bis zur Montage gelegt [5]. Während also die Fertigungsprozesse ab der Werkstattplanung bereits digitalisiert und automatisiert sind und reibungslos funktionieren, gibt es auf Seiten der Planenden noch Nachholbedarf.

Um die Daten und Informationen effizient zu nutzen sind Schnittstellen zur Datenübertragung notwendig, die derzeit nicht konsistent funktionieren. Die Infrastruktur des bundesweiten Datennetzes ist dabei ebenso ein Thema wie Investitionskosten und die Ausbildung. In den bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen ist die BIM Anwendung nicht erfasst bzw. deren Auslegung in der Praxis wenig erprobt. Zudem sind Auftraggebende aufgrund fehlender gesetzlicher Vorgaben zu Anwendungsrichtlinien häufig mit der Bedarfsplanung eines neuen Bauvorhabens überfordert. Anders als in angelsächsischen und nordischen Ländern wurde in den deutschsprachigen Ländern eine verpflichtende Anwendung von BIM bisher nicht eingeführt. Die in Deutschland gesetzlich verankerte und gepflegte Baukultur der Trennung von Planung und Ausführung sowie eine föderale Struktur im Bauordnungsverfahren stellt die Umsetzung von BIM zusätzlich vor Herausforderungen.
Dass der Holzbau hervorragende Voraussetzungen bietet in die Planungsmethode BIM einzusteigen, haben viele Planende bereits erkannt. Durch die Zusammenführung der Planungsdaten aller fachlich Beteiligten in einem gemeinsamen digitalen Modell können beispielsweise Kollisionen in der Planung rechtzeitig erkannt und vermieden werden. Allerdings stellen fehlende Standards, unterschiedliche Anwendungsintensität und Kompetenzen von BIM in Planungsteams aber auch technische und methodische Schwächen nach wie vor ein Hemmnis für die durchgängige Anwendung dar. Von Seiten der Planenden scheuen vor allem kleinere Bürostrukturen die Investitionen, die mit der Einführung von BIM verbunden sind. Hier spielt die Kleinteiligkeit der Bürostrukturen in Deutschland eine wesentliche Rolle.
Die Studie macht zudem deutlich, dass die Anforderungen an eine modellorientierte Arbeitsweise auch von Seiten der Ausbildung besser bedient werden müssen. Dabei geht es nicht vorrangig um die Kenntnis diverser Softwareanwendungen, sondern um eine grundsätzliche Umstellung und ein Umdenken hinsichtlich der bisherigen Arbeitsweise. Diese grundsätzliche Veränderung der Planungskultur verlangt eine Veränderung der Vorgehensweise in der gesamten Projektabwicklung. Für eine erfolgreiche Abwicklung von BIM Projekten ist beispielsweise eine detaillierte Festlegung der Arbeitsabläufe und Verantwortlichkeiten zu Projektbeginn erforderlich, insbesondere hinsichtlich der zu liefernden Modellinhalte und Modellqualitäten. Voraussetzung dafür ist das Wissen um, und die Festlegung von Rollen und Verantwortlichkeiten und die damit einhergehenden notwendigen Kompetenzen.

Seitens der Planenden wird dem Wunsch nach Transparenz und mehr Teamwork eine besondere Bedeutung zugemessen. Durch den transparenten Umgang mit Planungsdaten entsteht die Chance eine neue Fehlerkultur zu etablieren. Schlankere Planungsprozesse und die frühe gemeinsame Arbeit aller Planungsbeteiligten werden in der Studie als wesentliche Punkte angeführt. Diese Veränderungen halten langsam und in unterschiedlicher Intensität Einzug in die Ausbildung und in die Planungsbüros. Insgesamt ist festzustellen, dass vielmehr die Softwareanwendungen und deren Anwendung als die veränderten Prozesse im Vordergrund stehen. Der Mehrwert, insbesondere für den vorgefertigten Holzbau und auch das Verständnis für die Planung mit BIM wird von Ausführenden und Planern gleichermaßen hervorgehoben. Insbesondere die verbesserte Kommunikation und die Zunahme an Effizienz in den Projekten, sowohl bei Auftraggebenden als auch bei Planenden und Ausführenden lassen auf eine wachsende Akzeptanz der Planungsmethode BIM hoffen. Eine kontinuierliche, umfassende Anwendung über den gesamten Lebenszyklus, die das eigentliche Ziel der BIM-basierten Planung ist, findet derzeit jedoch noch nicht statt.

3. BIMwood

Die Ergebnisse der Studie sind Grundlage für das Forschungsprojekt *BIMwood*, das seit 2019 an der Technischen Universität München bearbeitet wird. Ein Haupthindernis, so die Studie, stellt der nicht standardisierte Datenaustausch zwischen Kunden, Planenden und ausführenden Unternehmen dar, der mit hohem Informationsverlust und Mehrarbeit verbunden ist. Gleichzeitig beinhaltet der vorgefertigte Holzbau eine hohe Anzahl zur Verfügung stehender Bauteilaufbauten. Diese vielschichtigen Bauteilaufbauten führen zu einem höheren Komplexitätsgrad der Bauweise im Vergleich zu mineralischen Bauweisen. BIM Spezifika hingegen entwickeln sich vorwiegend entlang der (Planungs-) Prozesse des mineralischen Bauens, welche die spezifischen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus nicht berücksichtigen. Der höherer Komplexitätsgrad der Bauteilaufbauten und das Prinzip der Vorfertigung verlangen bereits in frühen Planungsphasen Entscheidungen und Festlegungen, welche geometrischen und alphanumerischen Informationen zu welchem Zeitpunkt in das Modell eines Holzbauprojekts einfließen. Vor diesem Hintergrund werden im Forschungsprojekt *BIMwood* unterschiedliche Fragestellungen bearbeitet, welche zunächst die besonderen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus identifizieren und in einem weiteren Schritt Lösungsansätze für unterschiedliche Themenfelder eines holzbauspezifischen BIM Prozesses entwickeln.
Einen wesentlichen Teil stellt dabei die Entwicklung eines exemplarischen Ablaufs eines BIM-Planungsprozesses für den Holzbau dar: Bestehende BIM Referenzabläufe bzw.-prozesse wurden entlang der Planungsprozesse des mineralischen Bauens entwickelt, welche die spezifischen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus nicht berücksichtigen. Der entwickelte BIMwood Referenzablauf definiert neben Informationsanforderungen die Informationstiefe in unterschiedlichen Planungsphasen. Dafür wurden zunächst die für den BIMwood Referenzablauf notwendigen Akteure und die ihnen zugewiesenen Rollen identifiziert und es wurde festgelegt, über welche holzbauspezifischen Kompetenzen die beteiligten Akteure im BIM Planungsprozess verfügen müssen. Weiter wurde zusammen mit den Praxispartner/innen eine gemeinsame Anforderungsliste erarbeitet. Diese Anforderungsliste diente als Grundlage und wurde entlang der Umsetzung zweier Fallbeispiele, die einen optimalen Holzbau Planungsprozess simulierten evaluiert. Die an den Fallbeispielen erzielten Ergebnisse wurden als Informationsanforderungen mittels einer Merkmalliste formalisiert und definiert. In einem folgenden Schritt werden die Informationsaustauschanforderungen und die erarbeiteten Merkmallisten mit externen Expert/innen diskutiert, um die Übertragbarkeit zu gewährleisten.
Der BIMwood Referenzablauf dient der Unterstützung einer optimierten integralen Planung und Koordination vorgefertigter Holzbauprojekte. Im Rahmen der Forschungsergebnisse werden Empfehlungen für die Zusammenarbeit multidisziplinärer Projektteams zu Aufbau, Austausch, Erhaltung und Auswahl von Informationen in einem digitalen Planungsprozess für den Holzbau erarbeitet. Dabei wird die Aufbereitung der Daten von mehrschichtigen

Bauteilen in Gebäudeinformationsmodellen konzipiert und Anforderungen zu den aktuellen Herausforderungen der Interoperabilität und des Informationsaustauschs der Branche formuliert. Die Ergebnisse der Forschung stellen damit eine Weiterentwicklung der BIM-Methodik und BIM-Technologien im Bereich des industrialisierten Holzbaus dar.

4. Acknowledgements

Die Studie Holz&BIM (09/2018 – 07/2019) sowie das Forschungsprojekt BIMwood (08/2019 – 02/2023) werden durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unter Projektträgerschaft der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) gefördert.

Die Bearbeitung der Studie Holz&BIM erfolgte an der Technischen Universität München und wurde an der Professur *Entwerfen und Holzbau* durchgeführt. Das Forschungsteam wurde durch Praxispartner/innen unterstützt. Weitere Informationen unter: https://mediatum.ub.tum.de/1542557

Die Bearbeitung des Forschungsprojekts BIMwood erfolgt an der Technischen Universität München und wird am Departement of Architecture von den Lehrstühlen *Architektur und Holzbau* und *Architekturinformatik* mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung entwickelt. Teil des Forschungskonsortiums ist ein ausgewähltes Team an Praxispartner/innen aus unterschiedlichen Disziplinen, die ihre Erfahrungen auf diesem Gebiet zur Verfügung stellen. Weitere Informationen unter: www.bimwood.net

5. Literatur

[1] DigitalisierungsINDEX 20/21. (2020). *Der digitale Status quo des deutschen Mittelstands: Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021.* https://telekom-digitalx-content-develop.s3.eu-central-1.amazonaws.com/Telekom_Digitalisierungsindex_2020_GESAMTBERICHT_57e2241e33.pdf

[2] Borrmann, A., König, M., Koch, C. & Beetz, J. (Hrsg.) (2021). *VDI-Buch. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Aufl.). Sprin-ger Vieweg. http://www.springer.com/

[3] Beetz, J., Borrmann, A., von Both, P., Petzold, F. & Schoch, O. (2020). Building Information Modelling (BIM). In L. Hovestadt, U. Hirschberg & O. Fritz (Hrsg.), *Atlas of digital architecture: Terminology, concepts, methods, tools, examples, phenomen*a (S. 507–526). Birkhäuser.

[4] Schuster, S., Stieglmeier, M. & Kaufmann, H. (2020). *Holz&BIM - Building Information Modeling (BIM) als Planungsmethode im modernen Holzbau: Eine Standortbestimmung zur Identifizierung von Anforderungen und Hemmnissen.* (Forschungsbericht). München. Technische Universität München. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24125.41449

[5] Schuster, S. & Stieglmeier, M. (2021). Digitalisierung im Holzbau. In H. Kaufmann, S. Krötsch & S. Winter (Hrsg.), *DETAIL Construction Manuals. Atlas mehrgeschossiger Holzbau: Grundlagen - Konstruktionen - Beispiele* (3. Aufl., S. 154–157). Edition Detail.

Baudokumentation sichert wirtschaftliches Überleben

Richard Hofer
BauDok.com GmbH
Seeboden, Kärnten, Österreich

Baudokumentation sichert wirtschaftliches Überleben

1. Problemstellung

Das Dilemma, vor dem wir in der Baubranche jeden Tag steht, ist: Wir wissen, dass keine Baustelle «nach Schema F» ablaufen wird. Damit wir konkurrenzfähig sind, müssen wir dennoch die Kalkulation, die die Grundlage für unser Angebot bildet, so vornehmen, dass sie keine Leistungsstörungen, Änderungen oder Zusatzarbeiten beinhaltet. Denn genau diese Faktoren führen zu Zeitverzögerungen, die allenfalls sogar mit Pönalen belegt sind. Leistungsänderungen führen zu Kostenüberschreitungen, um deren Anerkennung man mit dem Auftraggeber oft mühsam nachverhandeln muss. Insbesondere ergeben sich Dokumentations- und Anmeldungsnotwendigkeiten aus den einschlägigen Normen:

- ÖNORM B2110 in Österreich
- VOB Teil B in Deutschland
- SIA-Norm 118

Aus der Praxis heraus haben wir uns Gedanken über die Praktikabilitätskriterien einer softwareunterstützten Baudokumentation gemacht und konnten drei wesentliche Bereiche identifizieren:

1.1. Informationssammlung

- Wünschenswert ist eine möglichst zeitnahe Verfügbarkeit und einfache Auffindbarkeit der Information
- Weiterverwendung in der Lohnverrechnung, in der Nachkalkulation, in der Beschaffung, als Vorbereitung für Baubesprechungen und Nachverhandlungen oder im schlimmsten Fall für gerichtliche Streitigkeiten.

1.2. Interne Kommunikation

- Jene Hindernisse sollten aus dem Weg geräumt werden, die einen Mitarbeiter daran hindern, vollständige Informationen zum Vorgesetzten weiterzuleiten, wie z.B. Handhabung des Mailprogramms, unterschiedliche Kommunikationswege (Whatsapp, Mail oder in Papier), irrtümliches Nichtversenden von Fotos usw.
- Wichtig ist, dass der Vorgesetzte alle Informationen übersichtlich abgelegt vorliegen hat.

1.3. Kommunikation zum Auftraggeber

- Sie muss auch direkt von der Baustelle aus professionell und übersichtlich funktionieren, und zwar nachvollziehbar für den Vorgesetzten im Büro.
- Wichtig: Auch für den Auftraggeber muss die Information so aufbereitet sein, dass er sie sinnvoll ablegen und für seine Zwecke nutzen kann.

2. Lösung

Die Lösung «BauDok» wurde aus der Sicht eines Praktikers entwickelt, und nicht aus der Sicht eines Programmierers. Also geht es nicht um das «Machbare», sondern um das «Praktikable».

2.1. Ad Informationssammlung

- Die Sammlung der Fotos erfolgt automationsunterstützt systematisch und den jeweiligen Berichten zugeordnet.
- Die Daten aus der BauDok können einfach als Auswertung dargestellt in Excel exportiert oder für andere Programme, zB für die Lohnverrechnung, nutzbar gemacht und in diese übernommen werden.

2.2. Ad Interne Kommunikation

- Die Information an den Vorgesetzten erfolgt denkbar einfach, ohne dass Daten ein zweites Mal eingegeben werden müssten. Sondern: Die Information wird dem Vorgesetzten / Kollegen usw. einfach durch eine «interne Zuweisung» im BauDok-System zugänglich gemacht.
- Im Endeffekt hat der Vorgesetzte alle notwendigen Informationen übersichtlich gesammelt vorliegen. Alle Informationen sind je Bauvorhaben auf einen «Griff» verfügbar.

2.3. Ad Kommunikation zum Auftraggeber

- Die Informationen zum AG (Bautagesbericht, Information über Leistungsstörungen, Regieanträge, Regiebericht) können mit ein paar Klicks erstellt und direkt aus der BauDok übermittelt werden, und zwar vor Ort auf der Baustelle. So wird wertvolle Zeit gespart.
- Auch für den Auftraggeber ist die Information übersichtlich und einheitlich aufbereitet, sodass er sie sinnvoll ablegen und für seine Zwecke nutzen kann.

Bekanntermaßen darf man aber die Rechnung nicht ohne den Wirt machen:
Damit die digitale Baudokumentation praxistauglich ist, muss aber folgende Frage beantwortet werden: Wie bewege ich meinen Mitarbeiter auf der Baustelle dazu, dass er das Tool nützt, das ich ihm für die Lösung der obigen Punkte zur Verfügung stelle?

Genau da hat die Entwicklung der BauDok angesetzt und die Bedienung so einfach wie möglich gemacht. Hier seien nur drei der Punkte erwähnt, die die Anwendung erleichtern:

- Übersichtliches Design
- Menüauswahl zum Anhaken
- Verfügbarkeit auf Tablet oder iPad.

Abschließend ein Tipp aus der Praxis für die Praxis:
Wenn der Mitarbeiter, der auf der Baustelle zu dokumentieren hat, unsicher ist, was er alles dokumentieren soll, soll er sich folgende Fragen stellen:

- Was wurde heute geleistet?
- Warum sind wir heute nicht fertig geworden?
- Warum haben wir das anders gemacht, als es geplant war?

Wenn er alle Antworten auf diese Fragen dokumentiert und entsprechend mit Fotos hinterlegt, verfügt der Vorgesetzte über sämtliche notwendige Informationen.

3. Zusammenfassung

3.1. Faktor Zeit

Durch einfache Handhabung und direkte Eingabe auf der Baustelle erspart man sich wertvolle Arbeitszeit. Die mit der App eingegebenen Daten werden zentral in der Cloud gespeichert und können jederzeit mühelos mobil oder am Desktop im Büro abgerufen werden. Viele Zwischenschritte in der Dokumentation und der Bearbeitung der Dokumente können eingespart werden. Mit der sofortigen Übertragung von der Baustelle ins Büro sind aktuelle Berichte direkt zur Bearbeitung und Überprüfung verfügbar.

Durch die direkte Übertragung von Dokumenten können Mängel und Störungen schneller gemeldet und somit auch behoben werden. Die zuständige Person erfährt so schneller von Behinderungen und kann sofort situationsgemäß reagieren.

3.2. Faktor Effizienz

Die Effizienz von Arbeitsabläufen wird gesteigert.

Die interne und die externe Kommunikation gestalten sich einheitlich und auf direktem Weg.

3.3. Faktor Rechtssicherheit

Die Formulare von BauDok wurden so konzipiert, dass eine vollständige und lückenlose normgerechte Dokumentation ermöglicht wird, die auch in gerichtlichen Streitigkeiten sinnvoll genutzt werden kann.

3.4. Ein typischer Ablauf

Bei einem Bauvorhaben wurden die Leistungen der Gewerke übereinstimmend folgendermaßen getaktet: Im Jänner hatte der Abbruch der alten Fassade zu erfolgen. Im Februar sollten die neuen Fenster eingebaut werden, sodass im März mit der Montage der neuen Fassade begonnen werden konnte.

Vereinbarungsgemäß wurde die alte Fassade im Jänner abgetragen, der Einbau der Fenster konnte aber nicht wie geplant durchgeführt werden, da diese vom Produzenten aufgrund des Ausfalls einer Fertigungsmaschine nicht geliefert werden konnten. Dadurch verzögerten sich die Fassadenarbeiten und auch nachfolgende Tätigkeiten um mehrere Monate. Ein Pönale für den Fall einer Bauzeitüberschreitung war vereinbart.

Wenn solche Umstände nicht als Leistungsstörung dokumentiert werden, werden die anfallenden Mehrkosten (Pönale, Umsetzkosten auf andere Baustellen usw.) nicht vom Verursacher getragen, sondern der Firma zugerechnet, die den Bauzeitplan überschritten hat.

Mit der digitalen Unterstützung der BauDok konnte im konkreten Fall die Leistungsstörung vom ersten Mitarbeiter, der von ihr Kenntnis erlangte, unmittelbar dokumentiert und damit der Vorgesetzte umgehend informiert werden, sodass eine zeitnahe Anmeldung der Leistungsstörung beim Auftraggeber erfolgen konnte. Im Ergebnis hatte die Fassadenbaufirma somit keine Mehrkosten aufgrund der Bauzeitüberschreitung zu tragen beziehungsweise bekam die ihr entstehenden Mehrkosten ersetzt.

4. Kontaktdaten

GF Richard Hofer, BauDok.com GmbH, Treffling 75, 9871 Seeboden, Österreich

BauDok.com GmbH (Softwarelösung zur professionelle Baudokumentation)

Hofer GesmbH (Vollwärmschutz und Fassadensanierung)

Hofer Druck GmbH (Textildruck, Stick, Flock und Beschriftung)

www.baudok.com, richard.hofer@baudok.com

Block B2
Raumzellen – neu gedacht

Küchen und Badmodule mit statischem Ansatz

Stefan Beer
Beer Holzbau
Bern, Schweiz

Küchen und Badmodule mit statischem Ansatz

1. Gebäude

Die Küchen und Badmodule wurden in einem Wohnungsbau in Biel verbaut und dienen nebst ihren Hauptfunktionen auch der Gebäudeaussteifung und Erdbebensicherheit des Gebäudes. Das Mehrfamilienhaus «Maison Climat» hat 20 Wohnungen, welche sich auf vier Geschosse verteilen. Die Wohnungen sind geschossweise angeordnet, alle Geschossdecken sind als Wohnungstrenndecken ausgebildet. Horizontal sind die Wohnungen durch vier quer zum Gebäude verlaufende Wohnungstrennwände unterteilt.
Ab dem EG ist das komplette Gebäude in Holzbauweise ausgeführt. die Hauptkonstruktion ist in Elementbauweise realisiert, die Küchen und Bäder wurden als Module vorgefertigt. Die Laubengänge und Balkone sind mit Fertigbetonelementen auf Holzstützen konstruiert.

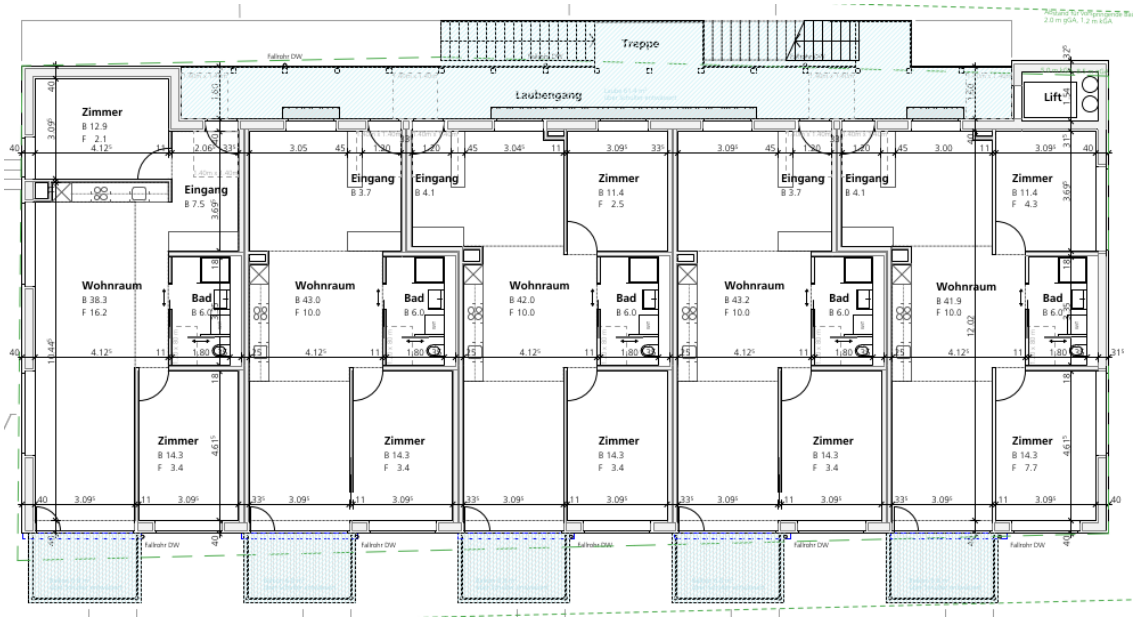


Abbildung 1: Grundriss 1.OG (ohne Massstab)

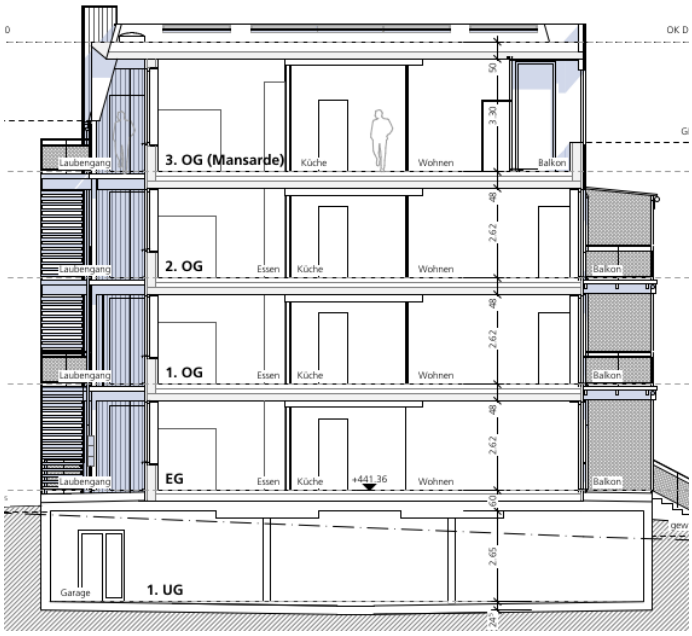


Abbildung 2: Querschnitt (ohne Massstab)

2. Statisches System

2.1. Lastabtragung vertikal

Die rechtwinklig zum Gebäude verlaufenden Geschossdecken liegen auf den tragenden Aussenwänden, sowie auf zwei Unterzugachsen im Gebäudeinnern auf. Die Position der Unterzüge im Gebäudeinnern ist auf die Querwände der Bad- und Küchenmodule abgestimmt. Diese Querwände dienen als Auflager für die Unterzüge sowie als tragende Wände für die Geschossdecken.

2.2. Lastabtragung horizontal

Die Gebäudestabilisierung ist über die Innenwände und die beiden Giebelwände gewährleistet. Quer zum Gebäude konnten sämtliche Wohnungstrennwände sowie die Rückwand des Küchenmoduls für die Aussteifung verwendet werden. In Längsrichtung ist die komplette Aussteifung über die Querwände der Badmodule sichergestellt.

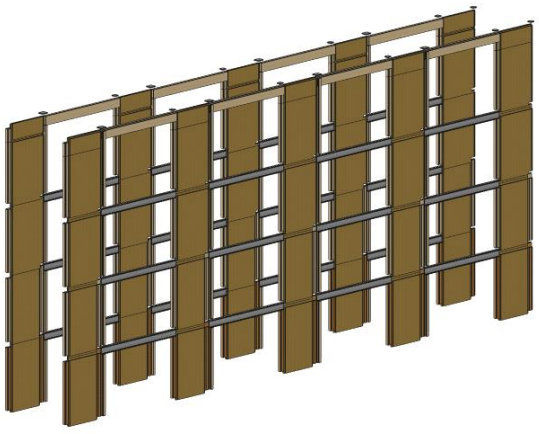


Abbildung 3: Mittenachsen mit Unterzügen

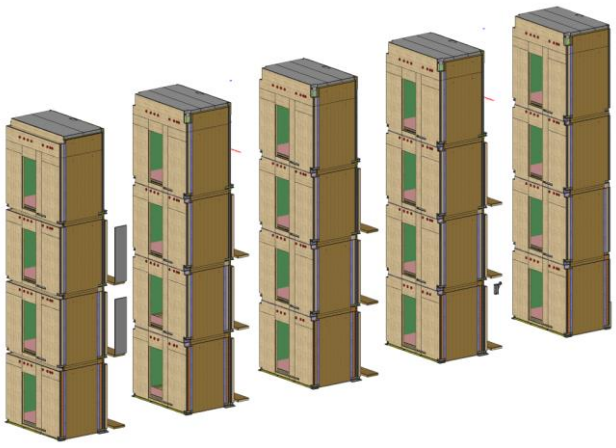


Abbildung 4: Türme mit Badmodulen

3. Badmodule

3.1. Konstruktion

Die Module haben eine Grundrissabmessung von 2.3x3.6m, und eine Höhe von 3.04m.
Die Querwände der Badmodule sind mit einer Brettsperrholzplatte von 120mm ausgebildet, an deren Ende übernehmen Buchenstützen die Lasten aus den Unterzügen. Die Längswände sind als Holzrahmenbauwände konstruiert. Für den Transport und die Montage sind die Module komplett an den Querwänden fixiert, an diesen sind auch die Aufhängungspunkte angebracht. Die abhebenden Kräfte aus der Aussteifungskonstruktion werden mit in den Stützen eingenuteten Gewindestangen übernommen. Der Bodenaufbau ist als Trockenaufbau mit Litotherm Elementen ausgeführt, der PU-Fertigbelag wurde auf der Baustelle ergänzt.
Die Wandbekleidung besteht aus raumhohen Vollkernplatten, welche auf eine 2- lagige Unterkonstruktion aus Gipsfaserplatten aufgeklebt wurden. Im Bereich der Dusche ist die 2. Lage der Unterkonstruktion mit Nassraumplatten ausgeführt. Die Duschwanne besteht aus einer Stahlwanne mit Klebzargen.
Vier Türme mit Badmodulen konnten mit jeweils geschossweisen identischen Modulen konstruiert werden. Der Modulturm gegen die Giebelwand Süd musste aufgrund der Wohnungsanordnung leicht angepasst werden.

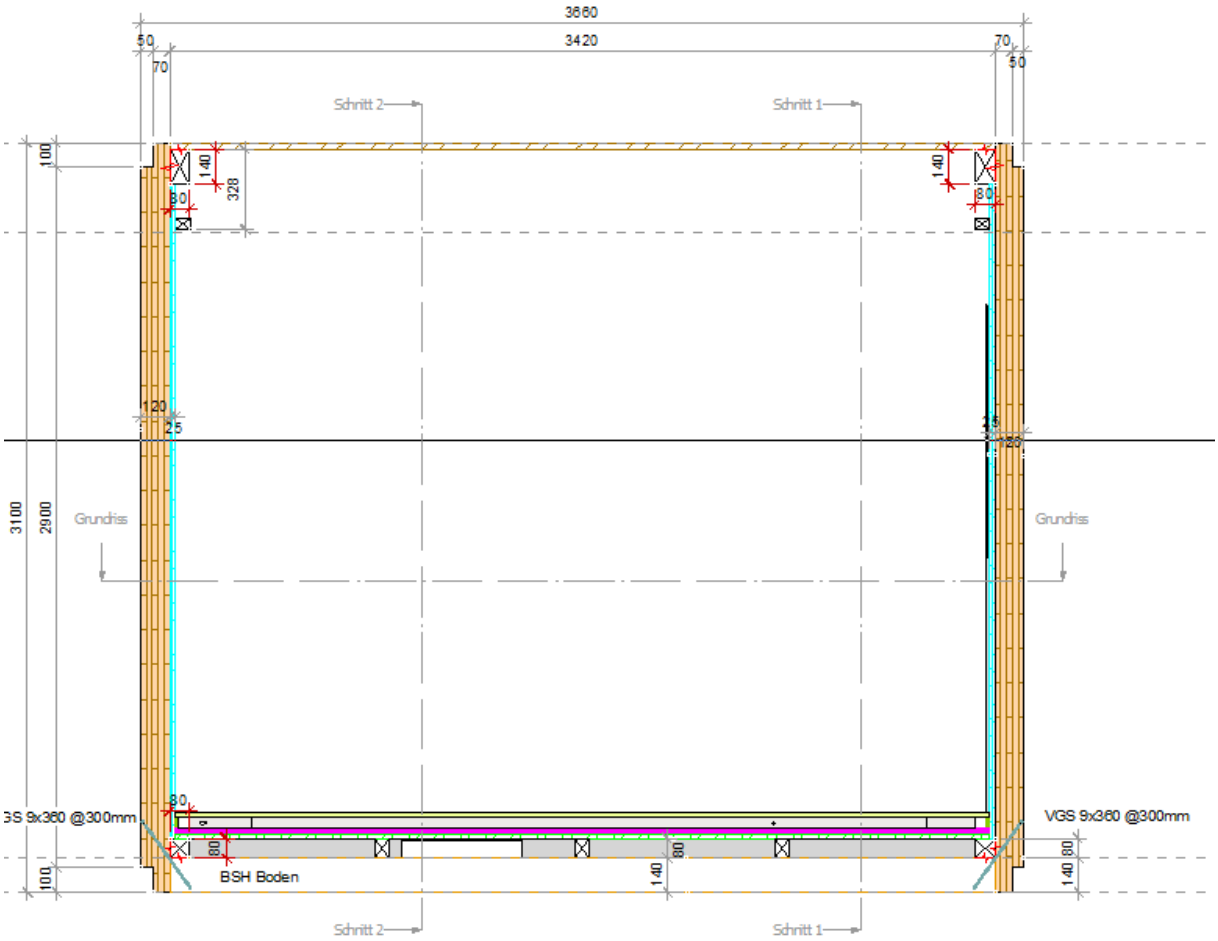


Abbildung 5: Querschnitt (ohne Massstab)

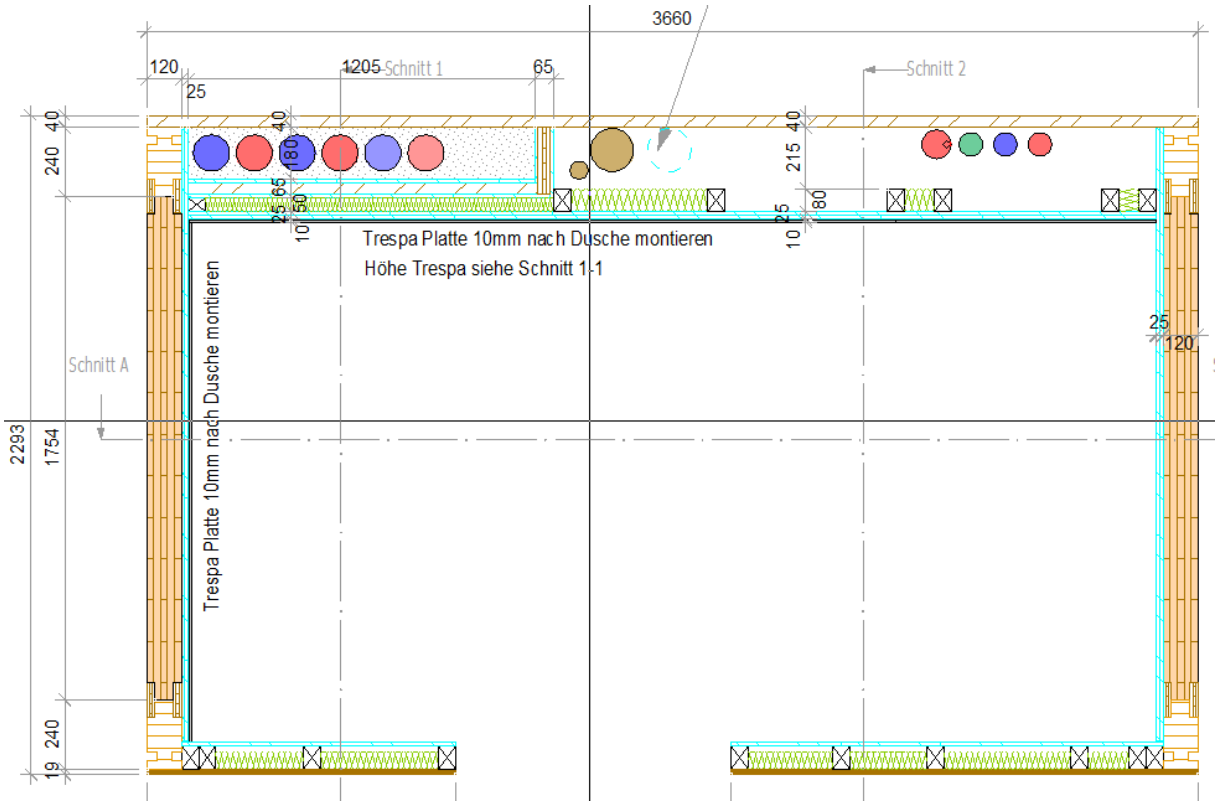


Abbildung 6: Grundriss (ohne Masstab)

3.2. Produktion

Die Badmodule wurden inklusive der inneren Bekleidung in der Werkstatt vorgefertigt. Sämtliche Installationen sind bereits im Werk eingebaut worden, der bauseitige Zusammenschluss wurde in der auf der Baustelle eingebrachten abgehängten Decke gemacht.

Abbildung 7: Badmodul am Hallenkran

Abbildung 8: Badmodule in der Werkhalle

Abbildung 9: Sanitärinstallationen

Abbildung 10: Lüftungsinstallationen

Abbildung 11: Bodenaufbau

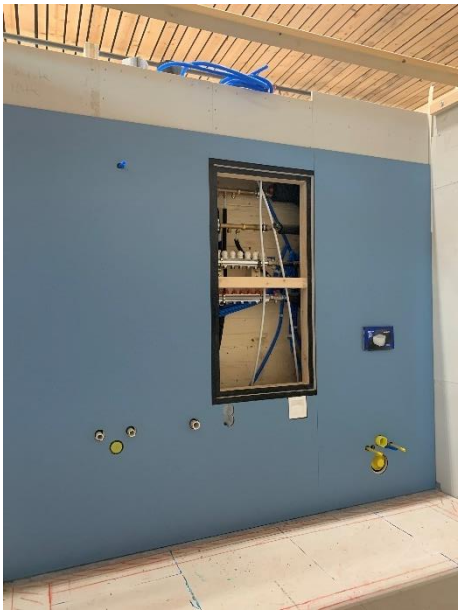


Abbildung 12: Wandbekleidung

3.3. Montage

Der Start der Aufrichtarbeiten Holzbau wurde beim «Maison Climat», mit dem Setzen der Badmodule im Erdgeschoss gemacht. Nach dem Schwellensetzen wurden diese als erstes Bauteil montiert. Anschliessend geschah die Montage geschossweise entsprechend dem übrigen Holzbau. Aufgrund der beschränkten Lagermöglichkeiten vor Ort, mussten die Module jeweils entsprechend dem Baufortschritt angeliefert werden. Pro Transport konnten jeweils 2 Module à 4.6t transportiert werden.

Abbildung 13: Badmodule EG

Abbildung 14: Küchen- und Badmodule mit Stahlträger

4. Küchenmodule

Die Grundkonstruktion der Küchenmodule besteht aus einer massiven Brettsperrholzrückwand, welche durch kurze Wandflügel, ein Bodenstück sowie Brettsperrholzstützen ergänzt wird. Die Stützen dienen als Auflager für die Stahlunterzüge. Die Kücheneinrichtung wurde im Werk an diese Grundkonstruktion befestig und zur Vermeidung von Schäden mit Holzwerkstoffplatten geschützt.

Abbildung 15:Küchenmodule im Werk

Abbildung 16: Fertige Küche

5. Beteiligte

Bauherrschaft:	Jérome Tschudi, Biel (CH)
Architekt:	Bürgi Schärer Architekten AG, Bern (CH)
Totalunternehmung:	Beer Holzhaus AG, Ostermundigen (CH)
Holzbauingenieur:	BauHolz Wenger GmbH, Thun (CH)
Holzbauunternehmung:	Beer Holzbau AG, Ostermundigen (CH)
Küchen:	Röthlisberger AG, Schüpbach (CH)
Lüftung:	Neuenschwander – Neutail AG, Biel (CH)
Sanitär:	Ganz AG, Biel (CH)

Vorfabrizierte Haustechnik-Module als Problemlöser

Nicolas Bless
Tecslot
Luzern, Schweiz

Vorfabrizierte Haustechnik-Module als Problemlöser

1. Vorfertigung der Haustechnik

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

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

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

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

2. Kooperationspartner

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

3. Gewerke

Abbildung 1: In den Haustechnikmodulen mögliche Gewerke

3.1. Lüftung

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

3.2. Heizung

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

3.3. Sanitär

Warm- und Kaltwasser sind inklusive Verteiler und Zähler vorbereitet. Optional können auch Abwasser- und Regenwasserleitungen oder sogar ganze Vorwand-elemente mit Sanitär-apparaten integriert werden.

3.4. Elektro

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

3.5. Multimedia

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

4. Modulgrössen

4.1. Individuell

Tecslot-Haustechnikmodule werden im Normalfall individuell auf ihr Bauprojekt angepasst. Dies sowohl in der technischen Ausstattung, den Abmessungen und der Form wie auch von der Einbindung in die Statik.
Als mögliche Standardisierungen der sich im Modul beinhalteten Gewerke wurden folgende drei Typen geschaffen:

- Typ S: Heizung und Lüftung integriert
- Typ M: Heizung, Lüftung und Sanitär integriert
- Typ L: Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro / Multimedia integriert

4.2. S wie Small

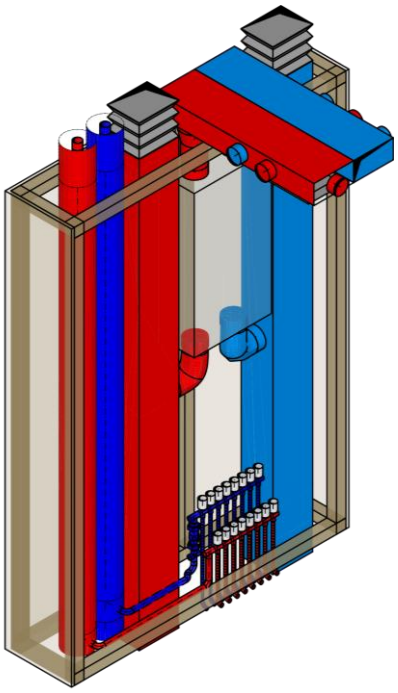


Abbildung 2: Typ S, Heizung und Lüftung integriert

4.3. M wie Medium

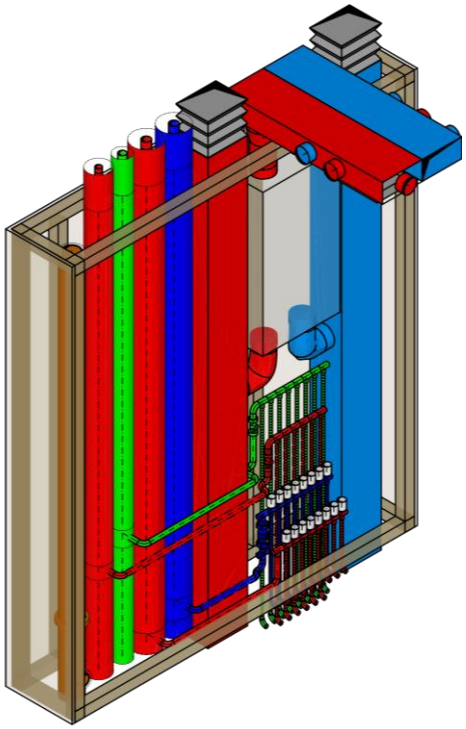


Abbildung 3: Typ M, Heizung, Lüftung und Sanitär integriert

4.4. L wie Large

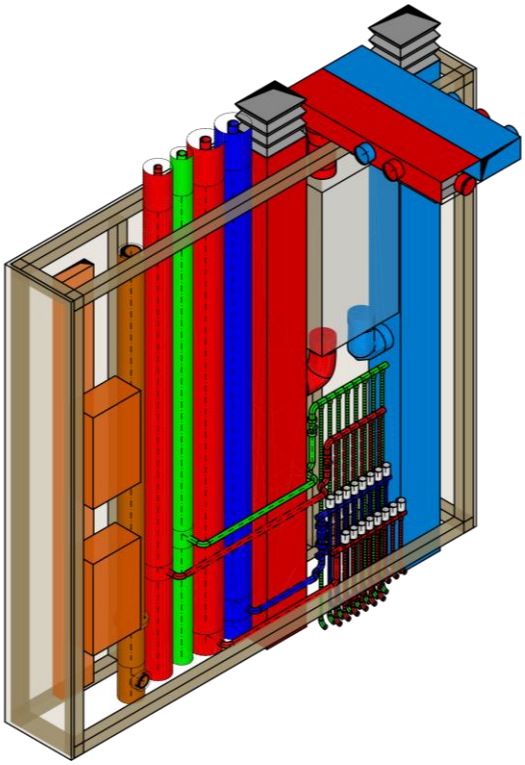


Abbildung 4: Typ L: Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro / Multimedia integriert

5. Einbaulösungen

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

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

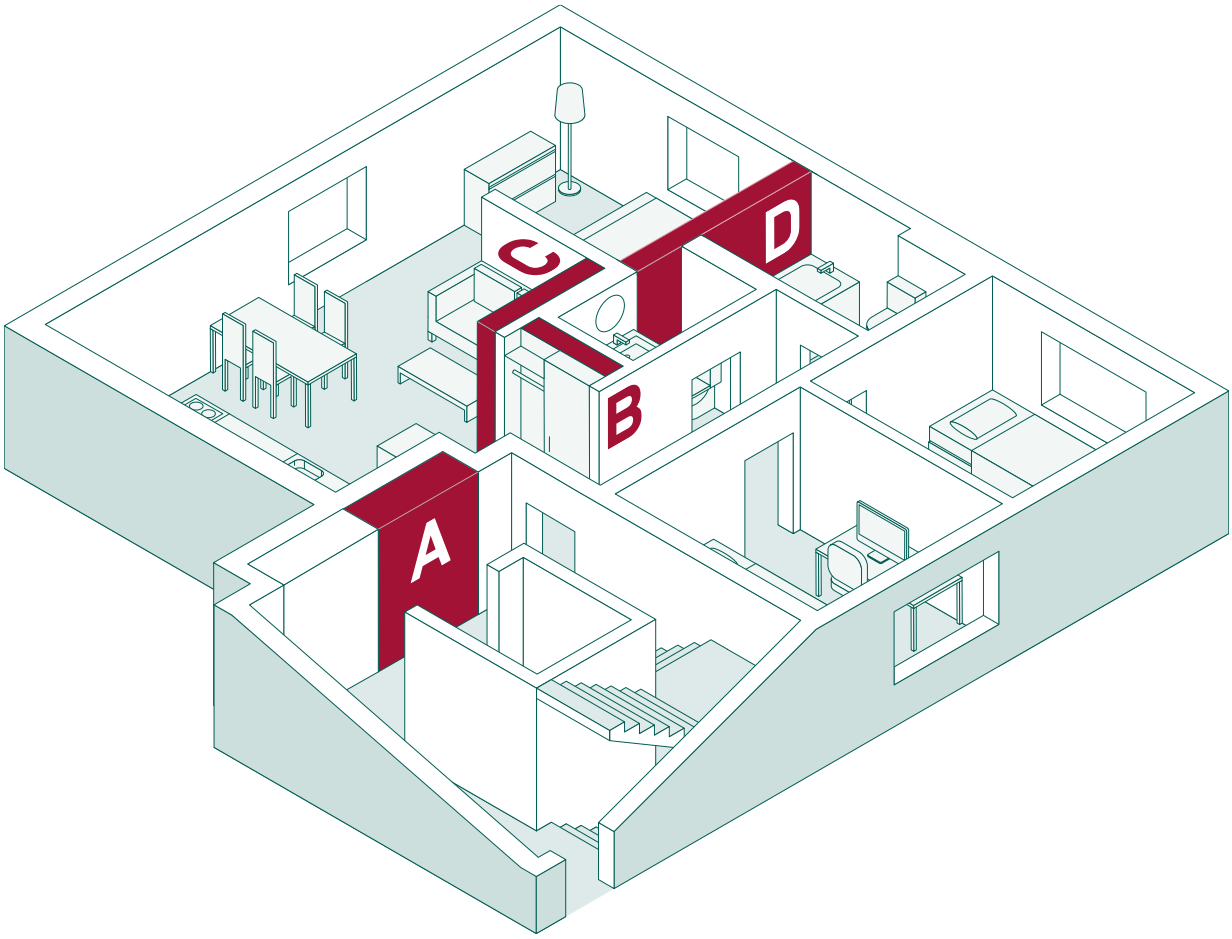


Abbildung 5: Einbausituationen für Haustechnik-Module in eine Wohnung

6. Haustechnik-Module als Problemlöser

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

6.1. Kürzere Bauzeit

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

6.2. Geringere Kosten

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

6.3. Individuell anpassbar

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

6.4. Einfacherer Unterhalt

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

6.5. Brand- & Schallschutz gelöst

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

6.6. Einfachere Koordination

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

6.7. Gesteigerte Qualität

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

Die Feldfabrik – Wohnraum aus Holzmodulen schnell und effizient vor Ort produziert

Stefan Stenzel
LiWooD AG
München, Deutschland

Die Feldfabrik – Wohnraum aus Holzmodulen schnell und effizient vor Ort produziert

1. Wohnraum schaffen in Zeiten der Urbanisierung

Die Nachfrage nach bezahlbarem Wohnraum in den Großstädten und Ballungszentren wächst kontinuierlich. Grund dafür ist unter anderem die steigende wirtschaftliche Attraktivität in Verbindung mit der allgemeinen Lebensqualität. Diese Faktoren machen Deutschlands Ballungszentren zu immer beliebteren Wohnorten. Der ältere Teil der Bevölkerung profitiert von der vorhandenen Infrastruktur, dem umfassenden Nahverbindungsnetz und der Dichte an gesundheitlicher Versorgung. Aber auch für junge Familien und viele tausend Studierende sind das umfangreiche Stellenangebot und die Bildungsmöglichkeiten äußerst attraktiv. Dem erheblichen Zuzug der letzten Jahre vom Land in die Großstädte steht ein nur allzu geringer Wohnungsbau gegenüber. Diesen Bedarf zu decken und in den nächsten Jahren umfangreich Wohnraum zu schaffen ist die Herausforderung vieler Städte und Kommunen. Hier muss schnell gehandelt werden, um die Mieten in den Großstädten moderat zu halten und die Wohnbedürfnisse der Bewohner erfüllen zu können. Dieser Herausforderung stehen begrenzte Flächenressourcen und die Abwägung zwischen Wohn- und Gewerbeflächen entgegen.

Aber Deutschlands Städte können schnell, bezahlbar und effizient Wohnraum schaffen!

Es gibt einige Möglichkeiten, die bestehenden Wohnstrukturen durch Nachverdichtungsmaßnahmen aufzuwerten und in diesem Zusammenhang neuen Wohnraum in bereits bewohnten innerstädtischen Gebieten zu schaffen; und das ohne weiteren Flächenverbrauch. Durch die Ergänzung bestehender Quartiere mit zusätzlichem Wohnraum lassen sich zig-tausende Wohnungen innerhalb der Stadtgrenzen realisieren, ohne die Städte weiter zu zersiedeln. In Zusammenarbeit mit Politik, Wohnungsgenossenschaften und Bauträgern müssen alternative Konzepte entwickelt und verwirklicht werden: Bauen im Bestand, Schließung von Baulücken, Überbauung von Bau- und Supermärkten, Busbahnhöfen oder Parkplätzen, Ergänzung bestehender Gebäude mit Anbauten, Umbauungen und Aufstockungen in großem Umfang. Für Letztere sind vor allem Wohnsiedlungen der 1950er bis 1970er Jahre prädestiniert. Durch die relativ offenen Baustrukturen und die geringe Wohnungsdichte eignen sich diese besonders gut. Auch sind viele Zeilen nur zwei bis vier Stockwerke hoch, was eine gute Voraussetzung für Aufstockungen bietet.

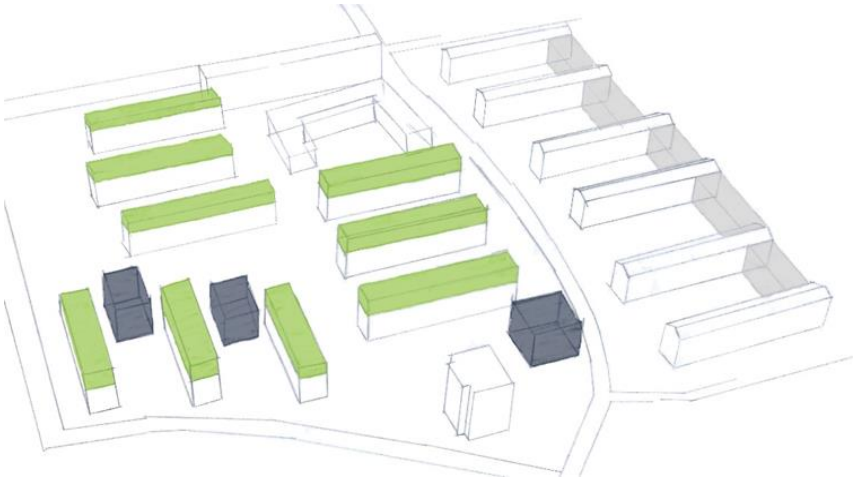


Abbildung 1: Die Möglichkeiten einer Nachverdichtung am Beispiel einer fiktiven Siedlung

2. Holz als Grundlage einer industriellen Vorfertigung

Um schnell und effizient Wohnraum zu schaffen, liegt der Werkstoff Holz quasi auf der Hand. Holz als regional verfügbarer Baustoff ist nicht nur nachhaltig und in deutschen und österreichischen Wäldern ausreichend vorhanden. Beim Bauen mit Holz bestehen keine Trocknungszeiten in den Wohnbauten. Zudem ist Holz geradezu prädestiniert für eine serielle Vorfertigung.

Der Holzmodulbau verknüpft somit eine schnelle Bauweise mit ökologischen Aspekten, die in der Baubranche dringend geboten sind. Holz lässt sich auf den Millimeter genau bearbeiten; das ermöglicht eine Flexibilität, die vielen Anforderungen des Wohnungsbaus sowie grundsätzlich jedem geforderten Grundriss gerecht wird. Der Holzmodulbau als logische und konsequente Weiterentwicklung serieller Vorfertigung in Kombination mit einer baustellennahen Modulproduktion bildet das Herzstück der LiWooD Bauweise. Durch ein zeitgesteuertes und exakt abgestimmtes Logistik- und Montagekonzept werden Bauzeiten signifikant reduziert. Beeinträchtigungen wie hohe Schmutz- und Lärmemissionen werden weitgehend vermieden.

Für die Modulwände, Böden und Decken wird Kreuzlagenholz aus nachhaltiger deutscher und österreichischer Forstwirtschaft verwendet. Dieser Baustoff besteht aus gepressten Holzschichten, die kreuzweise verleimt werden. Die wesentlichsten Vorteile dieses Verfahrens sind einerseits die auf ein Minimum reduzierten Quelleigenschaften des Holzes und die hohe statische Belastbarkeit, die durch die um 90° versetzten Faserrichtungen erreicht wird. In großen Pressen werden die einzelnen Schichten mit formaldehydfreiem Klebstoff zusammengefügt und abgebunden.

Kreuzlagenholz bietet großen Spielraum für architektonische Lösungen sowie höchste Qualität in der Ausführung der Projekte. Aus ökologischer Sicht gibt es zum Holzbau keine effiziente Alternative.

Zur Veranschaulichung: Während der Baustoff Beton pro Tonne 1,5 t CO_2 emittiert, speichert Holz in der gleichen Masse 0,5 t Kohlenstoff und hat während seines Wachstums 1t Sauerstoff an seine Umwelt abgegeben. Aus einer Tonne Beton lassen sich ca. 2 m² Konstruktionsfläche herstellen, dieselbe Masse Holz liefert hingegen ca. 17m² Wand oder Boden.

Abbildung 2: Kreuzlagenholz

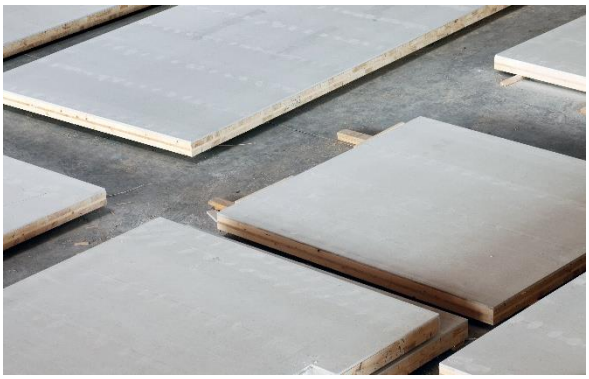


Abbildung 3: Beplankte Wände aus Kreuzlagenholz

3. Die Feldfabrik als zentraler Bestandteil des LiWooD-Konzeptes

Bei all den positiven Eigenschaften, die Holz als Baustoff bietet, ist es nur konsequent, das Herzstück des LiWooD-Konzeptes – die Feldfabrik – aus Holz zu konstruieren.

Abbildung 4: Die Feldfabrik in Egelsbach war bislang für zwei Projekte in Frankfurt im Einsatz. Die Realisierung für das 3. Projekt startet im Juni 2022.

Die LiWooD-eigene Feldfabrik, eine elementierte Halle aus massivem Brettsperrholz konstruiert, stellt eines der wesentlichen Alleinstellungsmerkmale von LiWooD dar.

In dieser mobilen Montagehalle werden die vorgefertigten Bauteile angeliefert und auf einem Schienensystem zum Modul komplettiert.
LiWooD erstellt für jedes Projekt die Konstruktions- und Werkpläne. Danach werden Bauteile teils eigenproduziert und teils von möglichst regionalen, baustellennahen Betrieben und Zulieferern gefertigt. Das Kreuzlagenholz für Wände, Decken und Fertigbäder stammt aus Deutschland und Österreich und darüber hinaus aus nachhaltiger Forstwirtschaft.
Täglich wird die Feldfabrik mit Bauteilen beliefert. Angeliefert werden Boden- und Wandelemente aus Brettsperrholz, Fassadenelemente und Badmodule, u.a. etwa 5 Module verlassen die Halle pro Tag. Das bedeutet, dass mit einer einzigen Montagelinie über 100 m² Wohnraum täglich produziert werden.

Die Feldfabrik lässt sich innerhalb weniger Wochen auf geeignetem Untergrund aufstellen. Im Idealfall findet die Feldfabrik als «Fliegender Bau» seinen Platz direkt auf dem Baugrund (zu sehen in Abbildung 5) oder in der Nähe, um die Transportwege der Wohnmodule möglichst kurz zu halten. Im Fall des Integrationsdorfs in Frankfurt Ginnheim fand die Feldfabrik beispielsweise auf einem Sportplatz Platz.

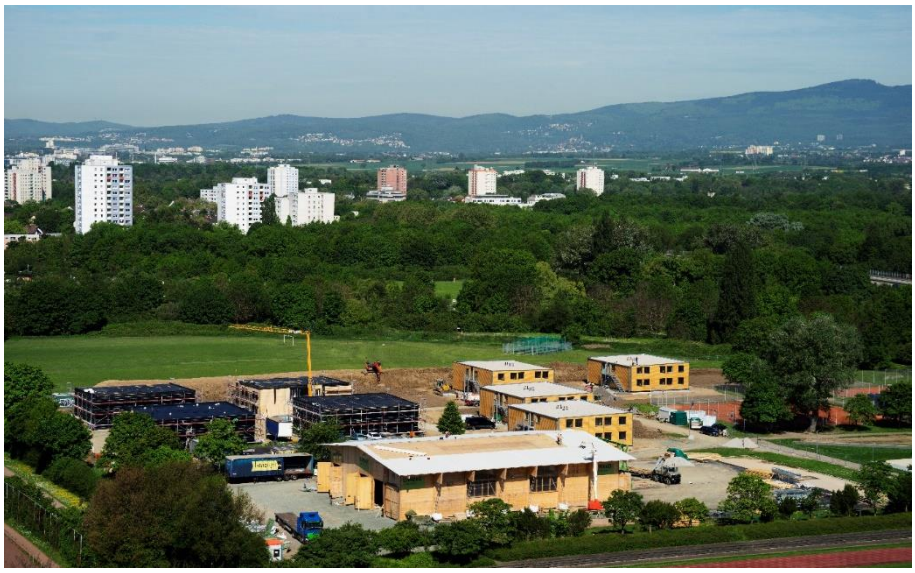


Abbildung 5.: Feldfabrik direkt auf dem Baugrundstück in Frankfurt Ginnheim

Die Nähe zur Baustelle erleichtert die Logistik – das Modul wird nur auf der letzten Meile transportiert. Der Standort wird so gewählt, dass die Transporte durch den LiWooD-eigenen Fuhrpark und Fahrer durchgeführt werden können. Der Einsatz von Logistikunternehmen kann somit vermieden werden. Bauzeitverzögerungen, die durch Verzögerungen der Modullieferung entstehen, sind praktisch ausgeschlossen.

Der Einsatz einer Feldfabrik hat darüber hinaus eine ökologische Komponente. Durch die Montage vor Ort kann der Transport der leeren Module von einer stationären Fabrik auf die Baustellen in ganz Deutschland und auch in das europäische Ausland vermieden werden. Durch die kompakte Beladung der LKW mit den vorgefertigten Elementen werden viele Fahrten gespart oder auf ein Minimum beschränkt. Der CO_2 Ausstoß wird durch die gesparten Fahrten gesenkt und externe Kosten reduziert (ein LKW belastet die Straße 10.000-mal mehr als ein PKW).

Das Konzept der Feldfabrik unterstreicht den Nachhaltigkeitsgedanken, unter den LiWooD seine Arbeit stellt. Nicht nur die Wahl der Materialien folgt diesem, sondern auch die Logistik. Das «just-in-sequence» Prinzip und die damit verbundene «lean production» – als eine schlanke Produktion – erfordern eine präzise Vorplanung des gesamten Projekts.

Alle vorgefertigten Bauteile, wie beispielsweise Böden, Wände, Decken, Fassaden, Bäder usw. müssen in exakter Reihenfolge in der Montagehalle eintreffen; so wird der Bauzeitenplan eingehalten und Lagerhaltung vermieden.

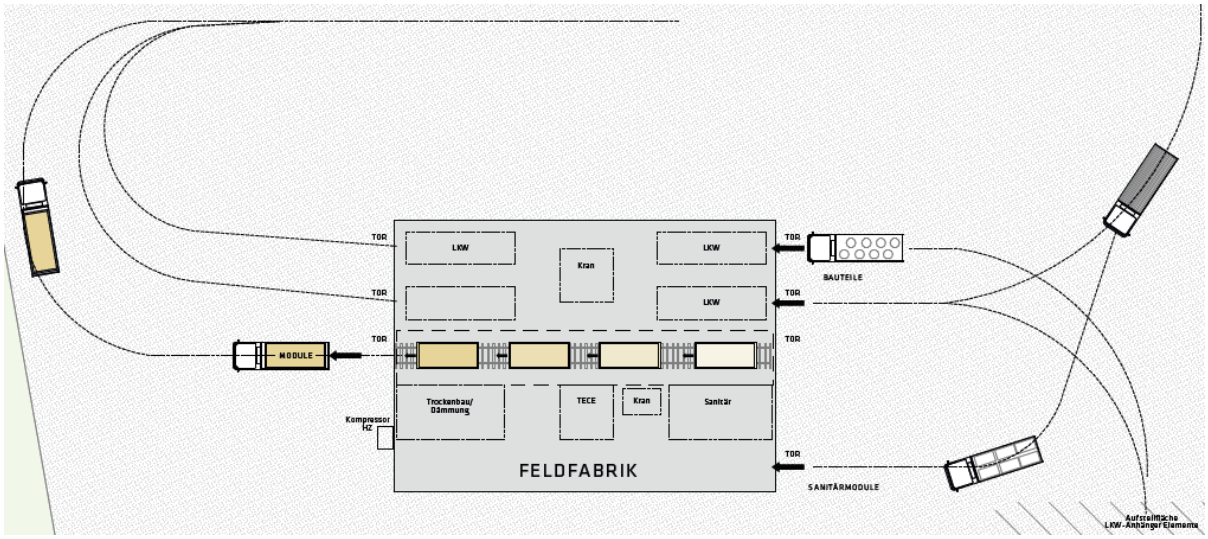


Abbildung 6: Die Feldfabrik wird mit den vorgefertigten Bauteilen beliefert. In der Montagehalle werden diese zu einem Modul assembliert.

Für die Montage der Bauteile wird ein eigens für die Feldfabrik konzipierter Hallenkran mit mehreren Brücken eingesetzt. Die Montagearbeiten werden weitestgehend mit Hochleistungsakkuschraubern durchgeführt. Lärmintensive Geräte werden in aller Regel nicht eingesetzt, da die zu montierenden, vorgefertigten Bauteile passgenau geliefert werden.

Abbildung 7: Die Bodenplatte wird mittig auf dem Schienensystem positioniert.

Abbildung 8: Das Badmodul wird auf den vorgesehen Modulen platziert.

Abbildung 9: Wandmontage

Abbildung 10: Fassadenmontage mit bereits eingebauten Fenstern

Abbildung 11: Die Decke wird auf das Modul gesetzt

Abbildung 12: Das Schienensystem ermöglicht einen einfachen Transport der Module.

Die Holzmodule weisen beim Verlassen der Feldfabrik einen etwa 80 %igen Vorfertigungsgrad auf, wenn sie von dort auf die Baustelle geliefert und am Hochbau zum Gebäude versetzt werden. Dies geschieht im Durchschnitt alle 90 Minuten. Durch die Feldfabrik wird eine witterungsunabhängige Produktion unserer ökologischen Holzmodule ermöglicht. Das macht einen effizienten Bauablauf auch in den Wintermonaten möglich. Wegen der hervorragenden Skalierbarkeit können auch mehrere Fertigungsstraßen gleichzeitig betrieben werden. Die Montagelinie lässt sich entsprechend der Bauaufgabe anpassen.

Abbildung 12: Mit einer wiederverwendbaren Plane geschützt, verlässt das Modul die Feldfabrik und wird auf einen LKW verladen und auf die Baustelle transportiert.

Auch der Hochbau profitiert von der Feldfabrik

Der hohe Vorfertigungsgrad und die Produktion in der Feldfabrik ermöglichen es den Bewohnern während der gesamten Bauphase in Ihren Wohnungen zu bleiben, da diese Bauweise Lärm- und Schmutzemissionen auf ein Minimum reduziert. Mit dem Setzen der Module ist der Bauprozess in sehr kurzer Zeit zu einem Großteil realisiert.

Abbildung 10: Versetzen eines Moduls mit Hilfe eines Autokrans

Die Feldfabrik ist ein ökonomisch und ökologisch äußerst sinnvoller Beitrag, um effizient und umweltschonend dringend benötigten Wohnraum zu schaffen.

Donnerstag, 2. Juni 2022
Produktionstechnik und Automatisierung

Fixture systems and methods for window installation

Tobias Schauerte
Dept. of Mechanical Engineering
Linnaeus university
Växjö, Sweden

Co-authors:
Osama Ziada
Jetro K. Pocorni
Dept. of Mechanical Engineering
Linnaeus university
Växjö, Sweden

Fixture systems and methods for window installation

1. Introduction

In the Swedish industry for prefabricated wooden single-family houses and related products like row-houses, about 50 companies with more than ten employees per company are operating (Lindblad *et al.*, 2017). Most of these companies are family-owned, whilst some are part of a larger enterprise or group. Both size and structure of the companies are suggested to have an impact on their ways of working in terms of strategic thinking, intention and degree of investments and willingness of improving operational details (a.o. Schauerte *et al.*, 2016; Schauerte and Lindblad, 2015). One such operational detail is the installation of windows. By that, the authors mean the placement of a window into the wall frame during the prefabrication process. The paper at hand is aiming at describing different fixture systems and methods of window installation. This can be seen as being related to the companies' production flow, that can be increased by using a certain way of installation in combination with a certain fixture system.

2. Different ways of window installation

Depending on the facility layout, the production system and flow as well as the respective companies' deep routed principles and methods of operations, different ways of window installation are applied. The descriptions below are based upon observations during various research activities in different companies in the industry at hand.

2.1. Direct window installation

When installing windows directly, the rest of the wall practically is finished. The wall follows the regular working stages in the production and at the very end of the production process, the wall is raised into an upright position before the windows are installed vertically, see figure 1 and 2. The insulation, sealing and other remaining parts are attached afterwards, see figure 3. The direct window installation is often used by companies that have a production line that only might consist of two or three working stations. The interested reader can find more information on direct window installation in e.g. Pooyan and Yousif (2021).

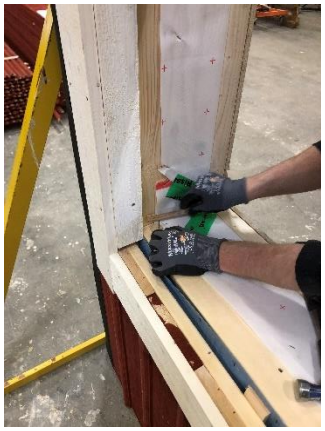


Figure 1: Preparations for direct vertical window installation.

Figure 2: Window about to be installed vertically.

Figure 3: Finalizing vertical window installation.

2.2. Prefabricated window module

Most of the Swedish companies in the industry prefabricate window modules, see figure 4. The modules consist of the window, the adjoining studs, the insulation and sealing around the window. They are prefabricated parallel to the production line and occupy a separate working station and equipment, see figure 5, a separate material flow and at least one operator. Further, the modules need to be transported from the working station to the

framing station, where they, together with the remaining studs, are assembled to build the frame of the wall, see figure 6. The interested reader can find more about prefabricated window modules in e.g. Andersson and Jönsson (2016) or Björk and Andersson (2016).

Figure 4: Prefabricated window module.

Figure 5: Working station for window module.

Figure 6: Assembly of window module into wall frame.

3. Different fixture systems for window installation

3.1. The Adjufix system

The Adjufix system for window installation has been used for decades and is applied by almost all Swedish companies that are engaged in installing windows, independent whether they operate within renovation, new production and kind of houses build. Adjufix consists of two components: an anchor, see figure 7, and a screw, see figure 8. The anchor is either preinstalled in the window frame at the window manufacturer or this needs to be done at the respective house building company. The screw must be fastened from the inside of the window frame towards the adjusting beam in the wall frame, see figure 9. The drilling hole in the window frame for placing the anchor is sealed with a plastic cap. The number of component sets for each window depends on the size of the window.

Figure 7: Adjufix anchor.

Figure 8: Adjufix screw.

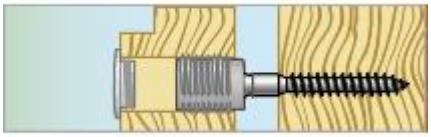


Figure 9: Screw fastened from the left with anchor placed in window frame and drilling hole to the left sealed with plastic cap.

As the screw needs to be fastened from the inside of the window frame, it implies that the window, if possible, must be opened, see figure 10. This in turn means that several working steps need to be performed where the risk to damage the window, especially the glass, increases. Various working equipment are handled by the operators to open the window and to place the screws, like for example portable electric drills or metal hooks and chains for lift cranes.

In case the window cannot be opened, the drilled holes with the anchors are placed at the very outside of the window frame. Yet, as there is only limited space, the operator has to be extremely careful while using the tools to not damage the window, see placement of drilling hole in figure 11. In addition to that, this working task is very unergonomic for the operator, see figure 12.

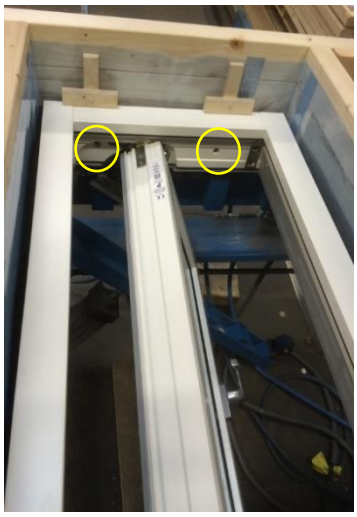


Figure 10: Open window with anchor holes marked yellow.

Figure 11: Closed window with anchor holes marked yellow.

Figure 12: Closed window with operator in unergonomic position when drilling the screw (yellow-marked).

3.2. Click-In fixture system

The Click-In fixture system for window installation has currently been approved and launched on the Swedish market. It consists of two components: a clip in plastic or spring steel, see figure 13, and a screw, see figure 14.

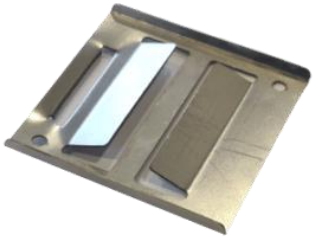


Figure 13: Click-In clip in spring. steel.

Figure 14: Click-In screws.

Figure 15: Attaching a plastic Click-In clip at a window frame.

The clip has holes for attaching the clip at the outside of the window frame, see figures 13 and 15. In the middle of the clip, a snap joint is placed. The screw must be placed at the correct height in the inside of the window opening, see figure 16, so that clip and screw will fit in their positions when the window is in place, see figure 18. When placing the window into the window opening in the wall frame, see figure 17, the snap joint of the clip will glide over the screw head and a "click" sound will be heard (Click-In, 2022).

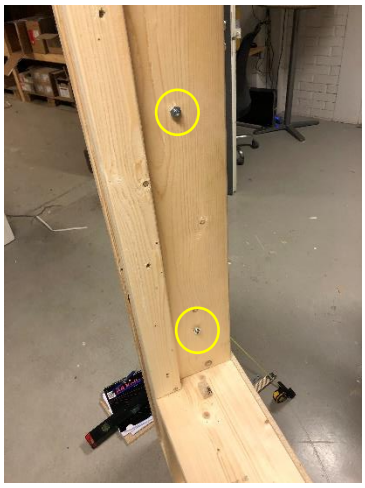


Figure 16: Click-In screws in window opening (marked yellow).

Figure 17: Placing a window into the window opening.

Figure 18: Click-In snap joint glided over the screw head and the fixture system is spring-closed.

4. Comparing Adjufix and Click-In

To compare the two above presented fixture systems, the working steps for each system were studied. For the Adjufix system, both the direct window installation and the prefabricated window module were investigated. For the Click-In system, only the direct window installation was considered, as no case was available to be studied at the time.

For the sake of comparability, different pre-conditions had to be fulfilled. First, a similar window measuring 100x120cm was used in all three cases. Second, as anchor screws belonging to the Adjufix system regularly are pre-installed in the window frame, the clips for the Click-In system were pre-installed prior to the window installation as well, as this is a working step that is to be performed by the window manufacturer before delivery. Additionally, the positions for the Click-In screws were marked in advance. Finally, the installation of each system was done by operators being used to installing the respective system.

The observed working steps for all systems were noted and for each type of installation, five to seven time-measurements were done and the average split-time for the respective system specific time was studied. Finally, the average assembly time for each type of installation was calculated.

4.1. Working steps and assembly time for direct installation with Adjufix

Table 1 shows the working steps 1 – 15 and the seven time-measurements MA1 – MA7 in seconds for a direct window installation with the Adjufix system. Steps 1 – 12 are system specific. Steps 2 – 4 are strongly connected to each other and were hard to distinguish when measuring the assembly time. Thus, the time noted for step 2 includes the times for step 3 and 4. The same was done for steps 5 – 6, 7 – 9 and 10 – 11. The average split-time for the Adjufix specific working steps is 385 seconds.

Working steps 13 – 15 are common and system independent. The total average assembly time for window installation with the Adjufix system is 987 seconds.

Table 1: Working steps 1 – 15 and time measurements MA1 – MA7 in seconds for Adjufix direct installation.

	"Adjufix" fixture system	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7
1	*placing wooden distance pieces*	23	25	26	26	32	25	23
2	*lifting and attaching window (tasks 2-4)*	39	51	59	58	124	51	44
3	*measuring lateral distance margins*							
4	*locking the window with wedges*							
5	*opening the window (tasks 5-6)*	79	112	93	91	128	112	82
6	*screwing frame screw anchor*							
7	*screwing frame screws (tasks 7-9)*	104	112	195	168	71	82	145
8	*control measuring/adjusting the window*							
9	*removing the wedges*							
10	*closing the window (tasks 10-11)*	17	29	68	119	18	29	40
11	*controlling open/close function*							
12	*sealing holes for frame screws*	40	31	31	24	22	21	26
	split-time working tasks "adjufix" only	302	360	472	486	395	320	360
	average split-time "adjufix" only	385						
13	*caulking with mineral wool strips*	209	219	245	241	192	219	201
14	*caulking with cellular plastic sealing tube*	160	142	143	151	155	142	125
15	*attaching elastic joint sealing*	190	264	245	282	201	264	223
	split-time common working tasks	559	625	633	674	548	625	549
	total assembly time "adjufix"	861	985	1105	1160	943	945	909
	average total assembly time "adjufix"	987						

4.2. Working steps and assembly time for direct installation with Click-In

Table 2 shows the working steps 1 – 5 and the seven measurements MC1 – MC7 in seconds for a direct window installation with the Click-In system. Steps 1 and 2 are system specific, steps 3 – 5 are common and system independent. The average split-time for the Click-In specific working tasks is 385 seconds. The total average assembly time for window installation with the Click-In fixture system is 653 seconds.

Table 2: Working steps 1 – 5 and time measurements MC1 – MC7 in seconds for Click-In direct installation.

	"Click-In" fixture system	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6	MC7
1	*screwing click-in screws according to template*	53	42	40	41	37	35	27
2	*lifting and attaching window*	12	12	12	12	15	12	9
	split-time working tasks "click-in" only	65	54	52	53	52	47	36
	average split-time "click-in" only	51						
3	*caulking with mineral wool strips*	209	219	245	241	192	219	201
4	*caulking with cellular plastic sealing tube*	160	142	143	151	155	142	125
5	*attaching elastic joint sealing*	190	264	245	282	201	264	223
	split-time common working tasks	559	625	633	674	548	625	549
	total assembly time "click-in"	624	679	685	727	600	672	585
	average total assembly time "click-in"	653						

4.3. Working steps and assembly time for prefabricated window module using Adjufix

Table 3 shows the working steps 1 – 16 and the five measurements MP1 – MP5 in seconds for a prefabricated window module using the Adjufix system. Steps 3 and 10 – 12 are system specific, the remaining steps are common working steps and system independent. The average split-time for the Adjufix specific steps is 332 seconds. The average total assembly time for a prefabricated window module is 1814 seconds.

Here the authors ask for caution for a direct comparison with the two chapters above, 4.1 and 4.2, as the window module is prefabricated parallel to the production line. This requires working steps that are not related to the fixture systems itself and that are not part of the window installation process. For example, a different kind of insulation is to be used, which require specific working steps. Furthermore, this is the only way of installing windows, where beams, that act as part of the framed wall, are assembled outside the production line. Additionally, the module needs to be transported to the production line, where it is to be included in the wall frame.

Table 3: Working steps 1 – 16 and time measurements MP1 – MC% in seconds for prefabricated window module using Adjufix.

	"Adjufix" fixture system prefabricated module	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5
1	*adjusting window module working table*	88	94	90	45	48
2	*fetching window with vacuum lift*	298	280	312	254	241
3	*preparing for fixing 6 adjufix screws*	130	142	112	105	113
4	*tacking rubber strip inslulation*	62	56	60	58	52
5	*tacking rubber corners*	118	126	138	102	96
6	*placing supporting wood pieces*	20	22	23	20	21
7	*placing window on working table*	40	58	44	41	49
8	*attaching beams around the window*	286	269	305	251	232
9	*pressing and nailing beams to a frame*	334	348	482	304	294
10	*opening window with traverse crane*	60	55	65	58	56
11	*fastening adjufix screws*	129	114	121	115	115
12	*closing window*	32	37	40	29	31
13	*cutting extra wood pieces as filler*	59	55	64	51	49
14	*placing extra wood pieces*	74	89	93	68	66
15	*unfastening module from working table*	55	62	64	49	46
16	*lifting module with crane to palette*	86	98	96	67	62
	split-time working tasks "adjufix" module	351	348	338	307	315
	average split-time "adjufix" module	332				
	split-time common working tasks	1520	1557	1771	1310	1256
	tot. assembly time "adjufix" module	1871	1905	2109	1617	1570
	average tot.ass.time "adjufix" module	1814				

4.4. Comparing and discussing fixture systems and methods for window installation

To start with, the Adjufix and the Click-In systems are compared regarding direct window installation. The Adjufix system requires 12 system-specific working steps, whilst the Click-in system only requires two. For both fixture systems, three common working steps must be added.

Regarding the installation time, the Adjufix specific working steps need 359 seconds to be performed, whilst the Click-In specific steps only take 51 seconds. This means that using the Click-In system can save 308 seconds (ca. 5 minutes) per window. Assuming that an average single-family house has 15 - 20 windows, this would add up to about 77 – 103 minutes per house that the operator potentially can use for other value-creating tasks, e.g. helping out reducing existing bottle-necks to increase the efficiency and greater the throughput of the production system.

This does not only mean that a faster installation can be achieved by using Click-In, it lowers as well the risk for processing errors and material damages. This is especially relevant for the working steps associated to opening the window. For applying the Adjufix system, the windows need to be opened; alternatively, the space for placing the screws is very limited and unergonomic. Related to these steps, a lot of costly customer claims used to fall back on the house manufacturer. If a window gets damages with scratches due to operational failures with tools, the house manufacturer must replace the entire window. This risk ceases to exist when using the Click-In system.

When it comes to the prefabricated window module, the situation looks different. As described in 4.3., a direct comparison can hardly be made. Further, a study on using Click-In for the prefabricated module is not done so far. However, it can be suggested that the Adjufix specific working steps hypothetically could be replaced by Click-In specific steps according to the time measurements made using the direct installation method.

In that case, 332 seconds for the Adjufix steps would be changed to 51 seconds for the Click-In steps and the same time saving per window, 308 seconds, as could be achieved for direct installation, would occur. Yet, as mentioned, this is only hypothetically true. Apart from that, prefabricating a window module takes 1814 seconds, which is much more time compared to the other two ways of installation. Furthermore, the module must be transported to the production line and needs to be assembled to the wall frame, which adds on additional time. Considering the extra space, working table, operator, material flow and so forth, suggests that this seems to be the least efficient way of installing windows.

As many companies nonetheless apply prefabricated modules, and they might have good reason for that which are beyond the scope of the present article, switching from Adjufix to Click-In may reduce their assembly time and thus increase the overall efficiency of their production flow.

Future studies will shed light upon the suitability for the working steps of Adjufix and Click-In to be automated. Due to the functional simplicity of the Click-In system and its components, a great potential for automation by use of a robot system seems to exist. Currently, first studies were started and published (Ziada et al., 2022).

5. List of references

Andersson, A. and Jönsson, F. (2016). Increasing production efficiency in manufacturing companies – Case study at Eksjöhus AB. Bachelor thesis at Faculty of Technology at Linnaeus University, URN: urn:nbn:se:lnu:diva-54194, DiVA, id: diva2:942418.

Björk, S. and Andersson, M. (2016). Increasing efficiency in industrialized production. Bachelor thesis at Faculty of Technology at Linnaeus University, URN: urn:nbn:se:lnu:diva-54188, DiVA, id: diva2:942359.

Click-In (2022). Homepage current as of 2022-05-03: https://click-in.se/

Lindblad, F., Flinkman, M. and Schauerte, T. (2017). Assessing corporate economic distress: a study of the wood construction industry, *PRO LIGNO,* 13(4), 594-601.

Pooyan, D. and Yousif, Y. (2021). Streamlining of the production flow at a wooden house manufacturing company – A case study at Vida AB. Bachelor thesis at Faculty of Technology at Linnaeus University, URN: urn:nbn:se:lnu:diva-105284, DiVA, id: diva2:1571165.

Schauerte, T., Lindblad, F. and Flinkman, M. (2016). *The Development of Equity Ratios for Firms in the Swedish Industry for Wooden Single-Family Houses.* Proceedings of the Forest Products Society International Convention, June 2016, Portland, USA.

Schauerte, T. and Lindblad, F. (2015). Productivity trend in the off-site construction sector of wooden houses. *PRO LIGNO*, 10(2), 453-460.

Ziada, O., Schauerte, T., Pocorni, J.K., Algabroun, H., Bolmsjö, G. and Håkansson, L. (2022). *Robotic window assembly – a simulation study and a proposed self-adaptive software architecture.* Proceedings of the 10th Swedish Production Symposium, May 2022, Skövde, Sweden.

Die Chancen von Mixed Reality im Holzrahmenbau

Michael Schär
schaerholzbau ag / Timbar AG
Altbüron, Schweiz

Die Chancen von Mixed Reality im Holzrahmenbau

Sowohl im modernen Holzbau, also auch in der Digitalisierung gab es in den vergangen Jahren viele Entwicklungen. Vor 16 Jahren galt ein sechsgeschossiges Mehrfamilienhaus in Holzbauweise noch als Sensation. Heute werden pro Jahr mehrere Hochhäuser mit weit mehr Geschossen aus Holz gebaut. Der Holzbau war schon immer ein Vorreiter bei der Nutzung moderner und digitaler Technologien. So gehört ein vollständiges, exaktes und mit Attributen versehenes 3D CAD Modell bereits seit vielen Jahren zum Standard. Digitale Fertigungstechnologien wie Robotik und CNC werden verbreitet eingesetzt. Der Holzbau hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen und wird in den nächsten Jahren weitere Marktanteile dazu gewinnen. Gleichzeitig etabliert sich eine neue Technologie, welche für den Holzrahmenbau grosse Chancen bietet

1. Mixed Reality

Virtual Reality (VR) ist eine fortschrittliche Mensch-Computer-Schnittstelle, die eine realistische Umgebung simuliert. Virtual Reality integriert Echtzeit-Computergrafiken, Töne und andere Sinneseindrücke, um eine computergenerierte Welt zu schaffen, mit der der Benutzer interagieren kann. Die virtuelle Umgebung wird nicht auf einem Computerbildschirm dargestellt, sondern über ein kopfmontiertes Display (HMD), in der Regel ein Helm oder eine Brille mit zwei kleinen Fernsehbildschirmen und Stereokopfhörern. Der Benutzer kann die virtuelle Welt mit Hilfe von Bewegungsverfolgungsgeräten, die am HMD (und manchmal auch an Händen oder Füßen) angebracht sind, erforschen und darin navigieren, wodurch der Computer das Sichtfeld an die Bewegungen des Benutzers anpassen kann. Ein erfolgreiches virtuelles Erlebnis vermittelt dem Benutzer ein Gefühl der Präsenz – als ob er physisch in die virtuelle Umgebung eintauchen würde. Dieses Gefühl wird dadurch erreicht, dass die Reize der «realen Welt» ausgeblendet werden, so dass nur computergenerierte Reize zu sehen und zu hören sind. Einige Versionen der Technologie bieten auch haptisches Feedback über Eingabegeräte wie Datenhandschuhe. Die Verwendung mehrerer sensorischer Modalitäten wie Klang, Berührung und Geruch verleiht dem Erlebnis ein weiteres Element der Realität.

Augmented Reality (AR) hingegen hat zum Ziel, das Leben des Nutzers zu vereinfachen, indem es virtuelle Informationen nicht nur in seine unmittelbare Umgebung, sondern auch in jede indirekte Ansicht der realen Umgebung, bringt. AR verbessert die Wahrnehmung der realen Welt und die Interaktion des Nutzers mit ihr. Es gibt drei Haupttypen von Displays, welche für Virtual Reality Anwendungen verwendet werden: Head Mounted Displays (HMD), Handheld-Displays und räumliche Displays (SAR). Ein HMD ist ein Anzeigegerät, das auf dem Kopf oder als Teil eines Helms getragen wird und das sowohl Bilder der realen als auch der virtuellen Umgebung über die Sicht des Benutzers auf die Welt legt. HMD können entweder video- oder optisch durchsichtig sein und kann eine monokulare oder binokulare Anzeigeoptik haben. Das häufigste Handheld-Displays Device sind Smartphones. Sie nutzen Video-See-Through-Techniken sowie verschiedenste Standard Sensorik, um Grafiken über die reale Umgebung zu legen. Spatial Augmented Reality (SAR) nutzt Videoprojektoren, optische Elemente, Hologramme, Radiofrequenz-Etiketten und andere Tracking-Technologien, um grafische Informationen direkt auf physischen Objekten anzuzeigen, ohne dass der Benutzer das Display tragen oder mit sich führen muss.

2. Warum AR im Holzrahmenbau?

Sowohl Virtual Reality (VR), als auch Augmented Reality (AR) sind Technologien von größter Bedeutung für den Architektur-, Ingenieur- und Bausektor (AEC). Fachleute dieser Bereiche sind in ihrer Kommunikation zu einem hohen Masse auf Bilder angewiesen, da die zu bauende Umwelt untrennbar mit dem dreidimensionalen (3D) Raum verbunden ist. VR und AR werden – in geringerem Maße – seit den 1990er Jahren von Fachleuten des Bauwesens zur Unterstützung der Visualisierung von Planung, Bau und Stadtbetrieb eingesetzt.

Bisher waren die dynamischen und rauen Umgebungen, welche im Bausektor typisch sind, für die Adaption dieser neuen Technologie limitierend. Seit einigen Jahren entwickeln bekannte HMD Hersteller, wie Microsoft oder Lenovo, jedoch gezielte ihre Devices weiter, um auch einer industriellen Nutzung in der Produktion gerecht zu werden.

Eine ideale Einsatzmöglichkeit von AR stellt die Produktion von Holzrahmenbau Elementen dar. Der Rahmenzusammenbau auf den Elementtischen kann mit den branchenüblichen Prozessen nicht effizient ausgeführt werden. Beobachtungen der Arbeitsabläufe in der Produktion haben gezeigt, dass insbesondere das Auffinden und Positionieren von kleinen Teilen viel Zeit in Anspruch nimmt. Die Mitarbeiter suchen auf den 2D Plänen nach der Nummer eines Elements, die Anschlüsse an angrenzende Bauteile sind nicht klar ersichtlich oder eine Nummer wird durch ein weiteres Bauteil verdeckt. All diese Abstimmungen benötigen unproduktive Kapazitäten und somit Ineffizienzen. AR ist für die Lösung dieses Problems eine hocheffiziente Technologie, da sie den Schwerpunkt auf die Unterstützung der Arbeiter bei der Ausführung ihrer Aufgabe legt. AR konzentriert sich darauf, den Arbeitern kontextbezogene Informationen in 3D zur Verfügung zu stellen. Im Vergleich zu anderen Technologien ermöglicht es die Nutzung von HMD ausserdem, dass die Technologie ortsunabhängig eingesetzt werden kann und der Arbeiter beide Hände für die Ausführung seiner Arbeit zur Verfügung hat.

3. Elementbau App

Zur Validierung der These, dass AR die bestehenden Ineffizienzen in der Produktion von Holzrahmen minimieren kann, hat die schaerholzbau ag gemeinsam mit afca und design to production einen Prototyp entwickelt und getestet. Sowohl das Feedback der Produktionsmitarbeiter, als auch die Beobachtungen der Arbeitsabläufe, waren vielversprechend. In einem iterativen Prozess entwickelte ein interdisziplinäres Team aus Produktionsmitarbeiter, Projekt Leitern und AR Experten den Prototypen zu einem Minimum Viable Product weiter: der Elementbau App.

Die Elementbau App ist eine Anwendung auf der Microsoft HoloLens, mittels welcher sich der Produktionsmitarbeiter das zu fertigende Element als 3D Hologramm auf dem Zusammenbautisch in realer Grösse anzeigen lassen kann. Der Produktionsmitarbeiter greift sich ein Bauteil vom Stapel und teilt mittels Sprachsteuerung der App die Produktionsnummer mit. Die Elementbau App färbt die Position des Bauteils nun im Hologramm ein. Somit kann der Mitarbeiter direkt erkennen, wo und wie das Bauteil auf dem Tisch zu positionieren ist. Zusätzlich könnte er bei Bedarf das komplette virtuelle Element auf dem Zusammenbautisch wenden oder Beplankungen ein-/ausblenden. Zu jeder Zeit hat der Mitarbeiter die Hände frei und kann alle notwendigen Arbeiten ohne Einschränkungen ausführen.

Abbildung 1: Element Hologram in der Produktion von schaerholzbau (Quelle afca)

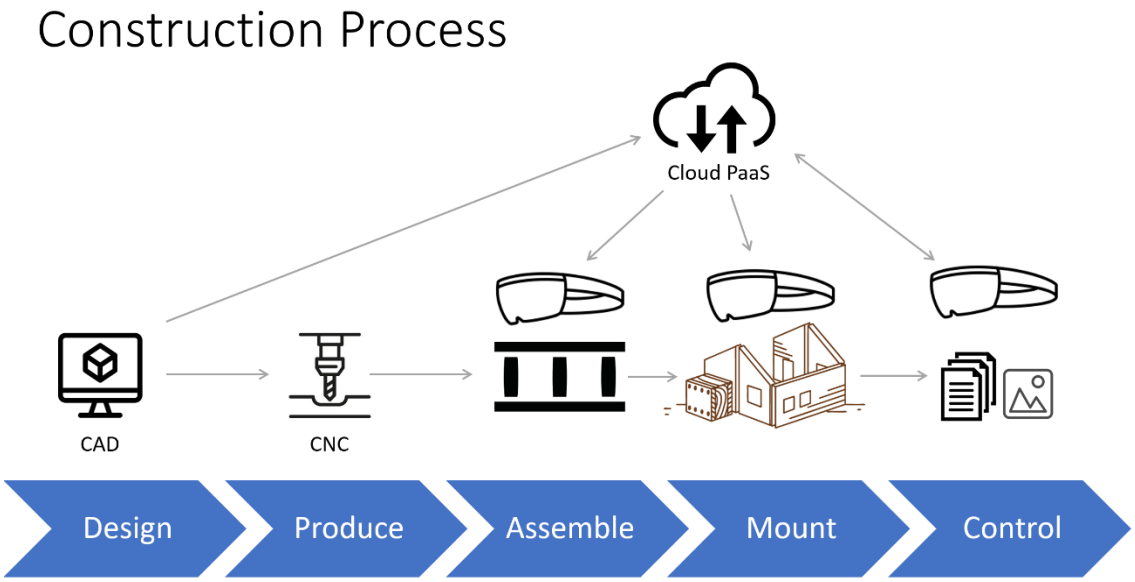
Eine Analyse der Produktionszeiten hat ergeben, dass der Rahmenzusammenbau somit nach wenigen Stunden Einarbeitungszeit um bis zu 10% optimiert werden kann.

4. On Site App

Die erfolgreiche Einführung der Elementbau App in der Produktion der schaerholzbau ag hat zur Evaluation weiterer Use Cases der AR Technologie im Holzbau geführt. Im speziellen wurden verschiedene Herausforderungen auf der Baustelle hinsichtlich ihrer möglichen Optimierung durch AR untersucht.

Abbildung 2: On Site App mit Hologrammen von statisch relevanten Verbindungsmitteln (Quelle afca)

Ein Use Case auf der Baustelle ist die Montage von Wand- und Deckenelementen, sowie von statisch relevanten Verbindungsmitteln.



Die Herausforderung ist, dass auch hierbei branchenüblich 2D Pläne zum Einsatz kommen. Das Lesen und Interpretieren von 2D Plänen in 3D Räumen erfordert Zeit und Fachwissen. Durch die Entwicklung der On Site App wurde eine Lösung auf AR Basis entwickelt, welche auch in diesem Projektabschnitt dem Mitarbeiter auf der Baustelle kontextbezogene Informationen in 3D zur Verfügung stellt. Zusätzlich können direkt aus der Anwendung heraus Fotodokumentationen der Baustelle erstellt werden. Diese können über Sprachsteuerung mit Kommentaren versehen werden. Somit ist eine saubere und vollständige Dokumentation für die Bauherrschaft, Bauleitung oder die Tragwerksplanung ohne Mehraufwand erledigt. Alle Funktionalitäten der On Site App erfolgt über Iris- und Sprachsteuerung. Die Hände sind auch hierbei zu jeder Zeit frei.

5. Timbar AG

Durch die Entwicklung der beiden Augmented Reality Anwendungen hat die schaerholzbau ag Erfahrung in der Optimierung von typischen Abläufen im Holzrahmenbau, mittels innovativen Technologien, sammeln können. Jedoch birgt die Baubranche noch viel mehr ungenutzte Möglichkeiten zur Optimierung. Um die Entwicklung innovativer Technologien in der Baubranche aktiv mitgestalten zu können, gründet die schaerholzbau gruppe die Timbar AG. Diese fokussiert ihre Tätigkeiten auf die Weiterentwicklung und den Vertrieb der bestehenden Augmented Reality Anwendungen, sowie die partnerschaftliche Entwicklung von weiteren Anwendungen zur Optimierung von Prozessen im Holzbau.

Reichenbacher Hamuel – Industrielle Anforderung und Fertigung von Beplankungsteilen im Holzrahmenbau

Thomas Czwielong
Reichenbacher Hamuel GmbH
Dörfles-Esbach, Deutschland

Reichenbacher Hamuel – Industrielle Anforderung und Fertigung von Beplankungsteilen im Holzrahmenbau

1. Einleitung

Holz hat hervorragende ökologische Eigenschaften, es ist nachwachsend, gut zu recyceln und bindet CO_2. Durch geänderte Bauverordnungen dürfen zwischenzeitlich auch Häuser, die höher als 80 m sind, aus diesem Material erstellt werden. Dynamische Lösungen im Holzbau rücken diesen Rohstoff daher immer stärker in den Fokus, und Automatisierung spielt dabei eine immer wichtigere Rolle.

Die logische Konsequenz ist, dass im Holzbau immer mehr intelligente und vernetzte Fertigungsstraßen realisiert werden, die eine automatisierte und präzise Vorfertigung der Holz-Elemente im Werk ermöglichen. Hochgenau arbeitende Anlagen sind dabei nur eine Seite, in Zukunft wird es immer wichtiger in Prozessen zu denken. Gerade der Holzbau wird sich verstärkt in Richtung Industrie bewegen und weg vom eigentlichen Handwerk – und das bedeutet Teil- oder Vollautomatisierung.

Sowohl im Massivholzbau als auch im Holzrahmenbau oder in der Kombination beider gilt: Die eingesetzten Beplankungsteile aus unterschiedlichen Materialien und Funktionen setzen auch hohe Anforderungen an die Produktionsanlagen der Logistik und an die Ablauforganisation.

Abbildung 1 + 2: Massivholzbau versus Holzrahmenbau

«Auf Knopfdruck Haus»: Das ist ein Anspruch, den wir bei der industriellen Herstellung unterschiedlicher Module für den Hausbau zugrunde legen.

Betrachten wir daher nicht nur die einzelne Platte oder die einzelne Wand, sondern beschäftigen wir uns einmal detailliert mit den vielschichtigen Voraussetzungen, die bei einer industriellen Fertigung von Beplankungsteilen gefordert sind.

Abbildung 3: Dynamische Lösungen im Holzhausbau – von der Planung bis zu Fertigung

2. Anforderungen an die Produktionsmaschinen für die Bearbeitung von Beplankungsteilen (Plattenware) im Holzrahmenbau

Bei der Integration von neuen Bearbeitungsmaschinen (Plattenbearbeitungszentren) in einen bestehenden Fertigungsablauf treten zahlreiche Anforderungen auf, die sich maßgeblich an folgenden Zielvorgaben des Unternehmens orientieren:

- Welche Strategie wird mit dieser Investition verfolgt?
- Welches Investitionsbudget steht zur Verfügung?
- Welche Leistung muss die Anlage erbringen?
- Welche Aufgabe muss die Produktionsanlage erfüllen?

2.1. Wo liegen die Schnittstellen zur Unternehmensstruktur?

Die Entscheidung darüber, welche Arbeitsabläufe automatisiert werden sollen, beeinflusst die Ausführung der Anlagen. Die Lösungen werden sich durchsetzen, wenn der Prozess als ganzheitlicher Ansatz verstanden wird. Dann können hochpräzise Maschinen mit sinnvollen Späne- und Lagerkonzepten, die perfekt auf Genauigkeits- und Sicherheitsanforderungen abgestimmt sind, die Produktivität entscheidend steigern.

Voraussetzungen hierfür sind:

- Integration der Produktionsanlage in die vorhandenen IT-Struktur
- CAD/CAM-System als Schnittstelle zwischen den Konstruktionsprogrammen und der Produktionsanlage
- Logische Einbindung in den Materialfluss
- Logische Anbindung in die nachfolgenden Prozesse
- Anbindung an die Produktionslogistik
- Anbindung an effiziente Absauganlagen
- Raumplanung und Flächeneffizienz, Platzbedarf, Anforderung an den Aufstellungsraum

2.2. Die Aufgabe eines Plattenbearbeitungszentrums wird vorwiegend über die Werkstücke und den Automatisierungsgrad und damit über die Gesamtleistung definiert.

Die Auslegung einer Anlage orientiert sich dabei an folgenden Parametern:

2.2.1. Rohteilabmessungen (Halbzeug)

- Rohteil und Rohteilstapel
- Fertigteil und Fertigteilstapel

2.2.2. Rohplattengewichte und Gesamtstapelgewichte

- Derzeit werden bei den Beplankungen Rohplattengewichte von bis zu 1,5 Tonnen verarbeitet
- Im Bereich der Massivholzplatten (Brettsperrholz) bis 16 Tonnen

2.2.3. Verarbeitende Werkstoffe / Rohmaterialien

Für die Beplankungsteile können bis zu 30 unterschiedliche Materialien zum Einsatz kommen: Die Rohmaterialien bestehen beispielsweise aus Holz, Gips, Zement oder Kunststoffen beziehungsweise auch aus einer Kombination der Materialien.

Aufgrund der Divergenz der Werkstoffe und deren mechanischem Aufbau ist ein weiterer entscheidender Faktor die Durchlässigkeit dieser Rohmaterialien. Denn über die Luftdurchlässigkeit wird das Werkstückspannsystem festgelegt. Im Normalfall werden 90 % der Plattenbearbeitungszentren mit Vakuumspanntischen betrieben.

Um einen Vergleich zu machen: Eine vakuumdichte Gipskartonplatte stellt an das Spannsystem eine andere Anforderung als eine luftdurchlässige Holzweichfaserplatte. Wenn aber beide Materialien auf einer Anlage bearbeitet werden sollen, dann ist das keine Unvereinbarkeit, sondern nur eine Frage der Konzeption und Auslegung.

2.2.4. Bearbeitungsaggregate

Die reine Plattenbearbeitung erfordert zumeist keine komplexen Bearbeitungsaggregate, daher kommt für die Fräs- und Sägebearbeitung zumeist ein 3- oder ein 5-Achs-Kopf zum Einsatz, für Schallschutzpanelle Bohraggregate mit hoher Bohrleistung und zum Kennzeichnen, Labeln und/oder Beschriften ergänzende spezielle Aggregate.

2.2.5. Gesamtanlagenleistung

Das Leistungspotenzial einer Anlage wird im Normalfall in Quadratmeter/Zeiteinheit definiert; zur Beurteilung gehört allerdings auch, dass sich die Anlage nicht nur reibungslos in die Unternehmens- und Produktionsstruktur einfügt, sondern dass sie auch die vor- und nachgelagerten Prozesse wirkungsvoll unterstützt, um eine maximale Effizienz im Gesamtprozess zu erreichen.

Beispiel für einen mehrschichtigen Wandaufbau – Boden, Wand, Decke, Dach:

Abbildung 4: Mehrschichtiger Wandaufbau, Regnauer Thermo-Vitaldach

Die Skizze zeigt, dass mehrschichtige Wandaufbauten, die industriell gefertigt werden, gewaltige Herausforderungen an die Gesamtlogistik und an die Bereitstellung verschiedenster Materialien und Beplankungsteile stellen. Die Auslegung der Gesamtanlage orientiert sich damit auch zwingend an dem realisierbaren Lager- und Bereitstellungskonzept.

2.2.6. Plattenmaterialien und Plattenstärken

Die nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über die zur Auswahl stehenden Materialien für den Wandaufbau einer Holzrahmenstruktur, wobei es sich nur um einen Querschnitt handelt und keine Vollständigkeit garantiert:

- Gipskartonplatten (Dicke: 12 – 18 mm)
- Gipsfaserplatten (Dicke: 10 – 25 mm)
- OSB-Platten (Dicke: 15 – 35 mm)
- Spanplatten (Dicke: 5 – 35 mm)
- Sperrholzplatten (Dicke: 5 – 35 mm)
- Vollkernplatten (Dicke: 5 – 35 mm)
- Mehrschichtplatten (Dicke: 15 – 100 mm)
- Vollholzplatten (Dicke: 15 – 100 mm)
- Furnierbeschichtete Platten (Dicke: 10 – 60 mm)
- Mitteldichte Faserplatten MDF (Dicke: 8 – 50 mm)
- Kunststoffplatten verschiedenster Art, z.B. PVC (Dicke: 5 – 30 mm)
- Kunststoffbeschichtete Spanplatte
- Direktbeschichtung oder mit Schichtstoffplatten belegt (Dicke: 5 – 60 mm)
- Zementgebundene Faserplatte, z.B. Eternit (Dicke: 5 – 40 mm)
- Holzweichfaserplatten oder Isolationsmaterialien

2.2.7. Bearbeitungsarten an Beplankungsteilen (Querschnitt)

- Besäumung und Zuschnitt verschiedener Plattenmaterialien, -dimensionen und -dicken für die unterschiedlichen Wand- und Deckenarten
- Winkel- und Schrägschnitte, Gehrungsschnitte, Schifterschnitte
- Bohrungen und Schlitzfräsungen für Schallschutz
- Bohrungen und Ausfräsungen für Installationen und Wanddurchbrüche in unterschiedlichen Geometrien in den Plattenmaterialien
- Elektroinstallationen, Lüftung bzw. Heizung, Sanitär, Ausklinkungen für Unterzüge
- Kantenprofilierungen (z.B. Plattenlängs- und Plattenquerstoß / Profilbretter)
- Flächenprofilierungen (z.B. Klicksystem mit Ausfälzung)
- Fasen von Gipskartonplattenzuschnitte
- Kennzeichnen der Bauteile mit Etiketten, Barcode oder Schriften
- Aufzeichnen des Verlaufs von Versorgungsleitungen (Linien und Symbole)

2.2.8. Softwareumgebung

Ein wichtiger Schlüssel für die erfolgreiche Integration von Plattenbearbeitungszentren in den Produktionsprozess ist die Software. Planer konstruieren heute in der Regel mithilfe von CAD-Programmen. Damit die Anlagen effizient arbeiten können, müssen diese in die Softwaresprachen der CAM- und/oder Optimierungssysteme umformuliert werden. Im Holzbau hat sich das Datenaustauschformat BTLx bewährt. Es ist herstellerunabhängig und dient als Schnittstelle zwischen den unterschiedlichen Formaten.

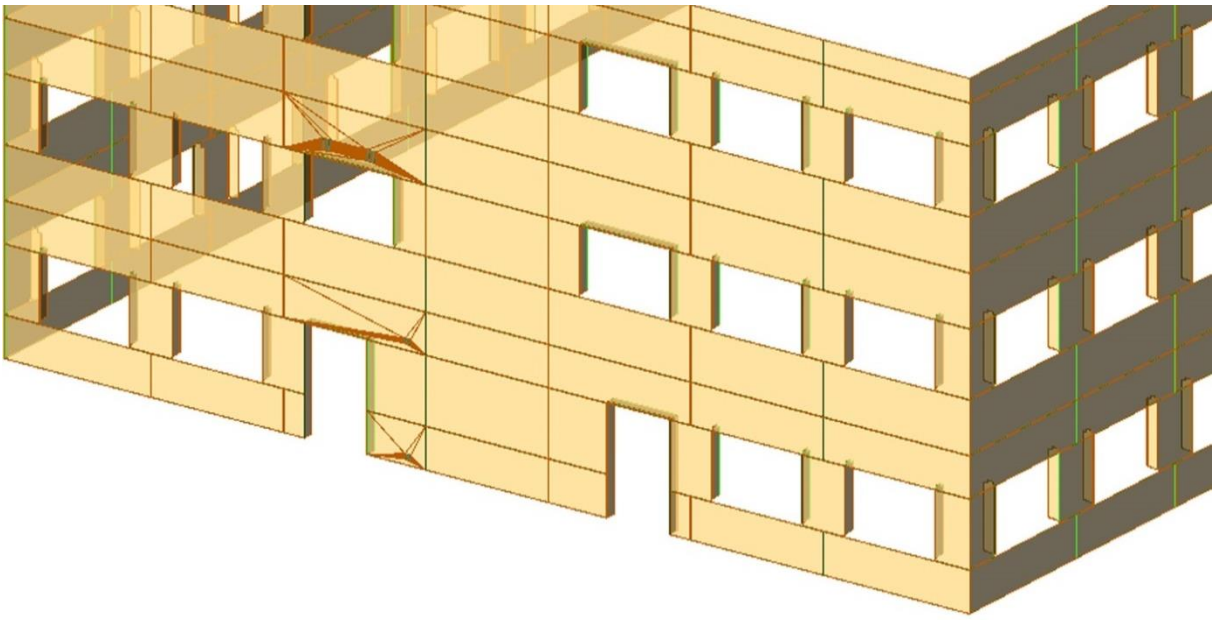


Abbildung 5: Anbindung CNC-Bearbeitungszentrum und Holzbau Software (Datenschnittstellen BTL, BTLx und BVX)

Was steckt hinter diesen Formaten?

Die Datenformate BTL, BTLx und BVX werden von den Konstruktionsmodulen der Holzbauprogramme für die Weiterverwendung auf CNC-Maschinen exportiert. Dafür haben sich die unterschiedlichen Hersteller auf ein maschinenneutrales Format geeinigt.

Das BTL Format wird seit einigen Jahren durch das moderne BTLx Format ersetzt, welches mehr beschreibende Parameter von Werkstücken und Bearbeitungstypen enthält. Mit diesen Formaten wollen die CAD Hersteller alle Informationen der Bauteile zur Verfügung stellen, ohne sich direkt mit den CNC-Maschinen und deren Möglichkeiten auseinandersetzen zu müssen. Für die Umsetzung und Optimierung der Bearbeitungsgruppen aus dem CAD sind damit die Maschinenhersteller und Ihre Partner mit CAM-Lösungen zuständig.

Eine BTLx Datei enthält die Bauteile, welche von der CAD Konstruktionssoftware gemeinsam exportiert werden. Dies kann auch ein ganzes Bauvorhaben beinhalten. In der BTLx Datei wird dann jedes Bauteil beschrieben, jedoch sind die Lage des Bauteils auf der CNC-Maschine und die Möglichkeit der Bearbeitung noch nicht berücksichtigt. Die notwendige Bauteilrotation und Zuweisung der CNC-Bearbeitungsstrategien sind somit von der CAM Software abzuhandeln.

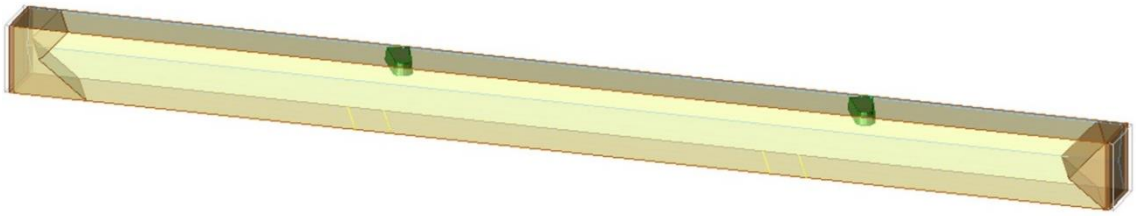


Abbildung 6: Kehlsparren – Bauteil in BTLx (NC-HOPS®)

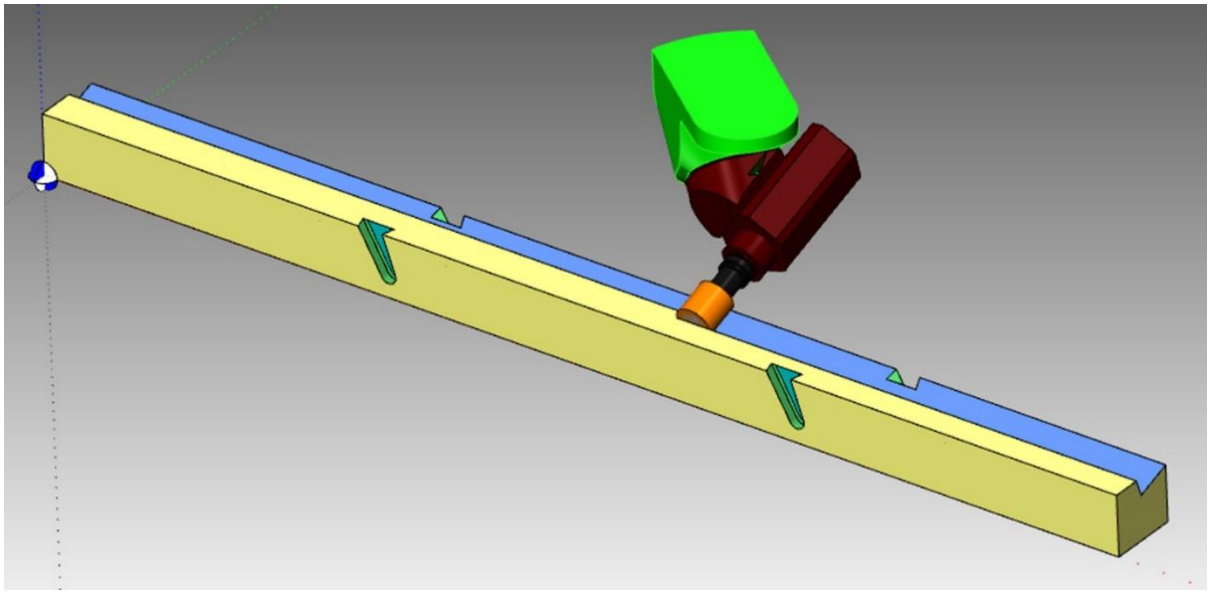


Abbildung 7: Bauteil in CAM (NC-HOPS®), bereit zum Fräsen auf der Maschine

Das BTLx Format

Da in BTLx der Bearbeitungstyp, wie beispielsweise «Schnitt», «Kehlschnitt», «Schwalbenschanz» oder «Hexenschnitt» maschinenneutral ist, muss das CAM-System diesen Bearbeitungstypen eine auf der Maschine mögliche Bearbeitungsstrategie zuweisen. Dabei sind auch die Werkzeuge mit Ihren Möglichkeiten der Zerspanung zu berücksichtigen. Eventuell erfordern die Bearbeitungstypen auch die Verwendung von mehreren Werkzeugen und Bearbeitungsstrategien.

Das BTLx Format für die Plattenbearbeitung

Für die Optimierung der Abläufe und des Bauteilhandling erhält der Anwender mit dem CNC-Bearbeitungszentrum optional die Möglichkeit zur Bauteilschachtelung, um Materialmengen zu optimieren, zur Einbindung eines Plattenlagers für mehr Flexibilität und einfacheren Beschickung sowie zur Beschriftung der Bauteile für eine einfachere Verwaltung und Montage auf der Baustelle oder in der Fertigungslinie.

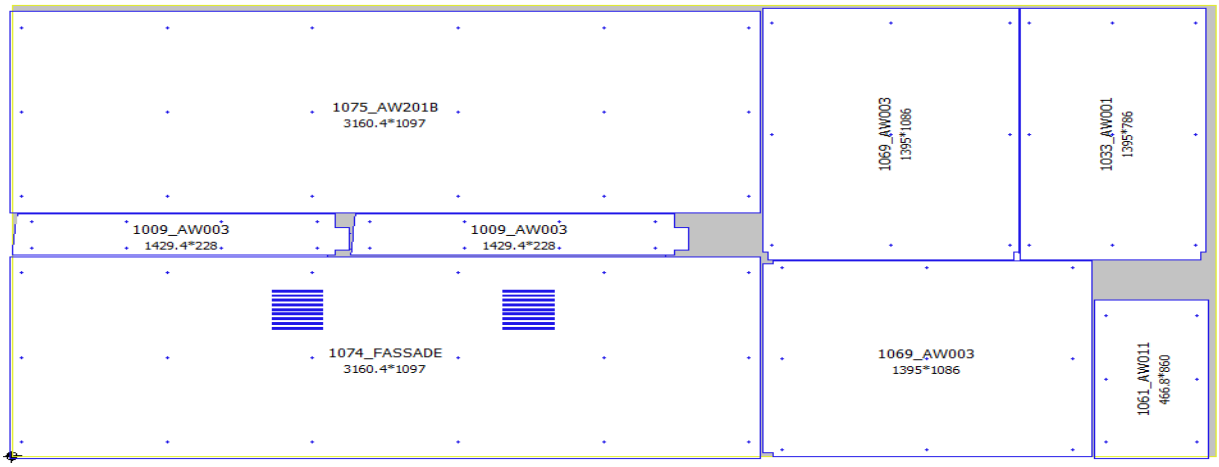


Abbildung 8: Nesting der Fassade eines Gebäudes

Rohplatten | **Teile** | Parameter | Schachtelpläne

Hops

Nr	Teilname	Min	Ist	Priorität	Schrittwi...	Faserrichtung	Spiegeln	Breite	Höhe	Dicke
0057	1057_AW 011	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1301.65	860	8
0058	1058_AW 012	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1301.6	860	8
0059	1059_Fassade	1	1	0	90	ignoriert	Nein	635.875	860	8
0060	1060_AW 006	1	1	0	90	ignoriert	Nein	635.875	860	8
0061	1061_AW 011	2	2	0	90	ignoriert	Nein	466.75	860	8
0062	1062_AW 012	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1395	943.375	8
0063	1063_Fassade	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1395	943.375	8
0064	1064_AW 011	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1395	943.375	8
0065	1065_AW201B	2	2	0	90	ignoriert	Nein	1395	943.375	8
0066	1066_Fassade	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1395	943.375	8
0067	1067_AW101B	1	1	0	90	ignoriert	Nein	1395	968.5	8
0068	1068_AW202B	5	5	0	90	ignoriert	Nein	1395	968.5	8
0069	1069_AW 003	20	20	0	90	ignoriert	Nein	1395	1086	8

Abbildung 9: Jobliste, Multijob über mehrere Projekte

3. Betrachtung der Plattenbearbeitungsmaschine

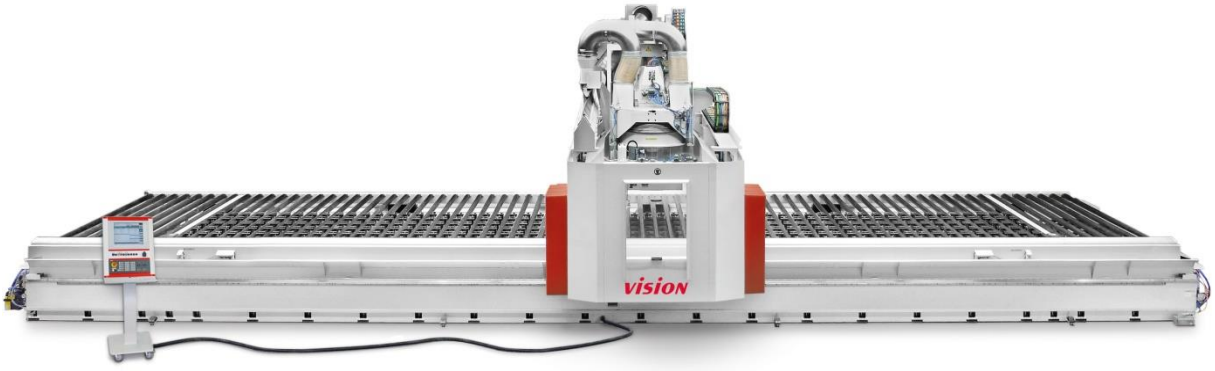


Abbildung 10: Anlage für Balteschwiler AG ohne Beschickung und Abführeinheit

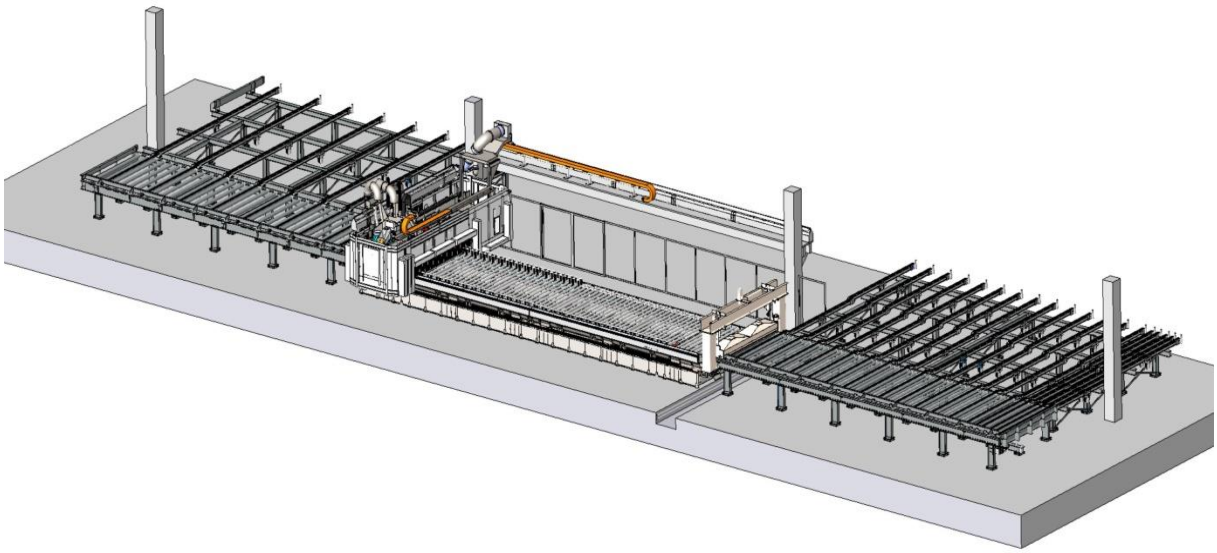


Abbildung 11: Anlage Balteschwiler AG, 3D-Grafik mit Beschickung und Abführeinheit

3.1. Aufgliederung eines Plattenbearbeitungszentrums

Um ein Plattenbearbeitungszentrum präzise zu definieren, werden die Anlagen in Einzelfunktionen unterteilt. Je nach Anwendungsfall kann eine solche Stand-alone-Anlage bis hin zu einem vollautomatischen Plattenbearbeitungszentrum mit Rohteil- und Werkstücklager definiert werden.

- Bearbeitungsmöglichkeiten und -arten: fräsen, sägen, bohren, beschriften
- Werkzeugsysteme: automatische Werkzeugwechselsysteme
- Spannsysteme: mechanische Klemmung oder Vakuumsysteme
- Sicherheitskonzepte: je nach Automatisierungsgrad komplette Abschirmung bis hin zu Bumpersystemen
- Spänekonzept: Werkstofftrennung
- Bedienung: individuell angepasste Bedienoberflächen
- Rohteilhandling: Trag- oder Zuführsysteme
- Rohteillagersystem: Einzelplatz, Flächenlager oder Regalsysteme
- Fertigteilhandling: manuell oder Roboter
- Fertigteillagersystem und Kommissionierung: kommissionsweise
- Schnittstellen zu anderen Systemen (Hardware, Software): Lagersysteme, CAD/CAM, Fertigungsleitrechner, BDE
- Fertigungsart: Nesting oder Einzelfertigung

In der kompletten Branche der Zulieferer oder Hersteller von Wandmodulen für den Fertighausbau sind heutzutage außer im Bereich der Softwarestandardisierung (BTLx) keine einheitlichen Strukturen oder Arbeitsweisen erkennbar. Deshalb kann die Frage nach der optimalen Plattenbearbeitungsmaschine nicht beantwortet werden, da die individuelle Unternehmensstruktur immer Einfluss auf die Auslegung der Anlage nimmt.

Es gibt aber einen wichtigen Faktor zu beachten, und dass ist die Frage nach dem Automatisierungsgrad der zu verarbeitenden Materialien. Daher unterscheiden wir zwischen den sogenannten materialgebundenen Maschinensystemen (nur eine Materialkategorie wird verarbeitet, beispielsweise mineralische Werkstoffe wie Gipskartonplatten) und den All-in-One Maschinensystemen (Verarbeitung von allen notwendigen Materialien wie Holz, Gips, etc.), mit oder ohne Automatisierungstechnik.

3.2. Wie können sich diese beiden Systeme unterscheiden?

3.2.1. All-in-One Maschinensysteme

- Komplexe Bearbeitungsaggregate, komplexe Spanntechnik
- Materialbezogene Werkzeugsätze, großer Werkzeugwechsler
- Abfalltrennung und Abfallbeseitigung (Gips, Holz, Kunststoffe)
- Komplexe Werkstück- und Maschinentisch-Reinigungssysteme

- Flächenlager oder Regallagersysteme
- Kennzeichnungsgeräte (Kennzeichnung Bauteil oder Versorgungsleitungen)
- Objektbezogener Materialfluss, montagegerechte Sortierung
- Brand-Detektoren (Rauchmeldeanlagen)

Abbildung 12: Anlage mit Roh- und Fertigteilhandling sowie externem Beschriftungsroboter

Abbildung 13: Manuelle Sortierung über Bauteilcode

3.2.2. Material-/Werkstoffgebundene Maschinensysteme

- Einfache Bearbeitungsaggregate, einfache Spanntechnik, vereinfachte Absaugung
- Materialbezogene Werkzeugsätze, einfache Werkzeugmagazine
- Werkstück- und Tischreinigungssysteme, Flächenlager oder Regallagersysteme
- Kennzeichnungsgeräte (Bauteilkennzeichnung, Versorgungsleitungen)
- Objektbezogener Materialfluss – materialsortiert
- Keine montagegerechte Sortierung
- Komplexer Materialfluss
- Nesting-Job immer nur über ein Projekt oder über wenige Projekte

Abbildung 14: Anlage für mineralische Werkstoffe mit Plattenlager im Produktionsbetrieb

Im Hintergrund ist das Rohteilplattenlager «Gips» zu erkennen, im Vordergrund das Bearbeitungszentrum, die Kommissionier-Stapel sowie die Reststückpalette.

Bei der materialbezogenen Anlage wurde auf ein Werkzeugwechselsystem verzichtet. Der Fräskopf ist mit drei Vorschubachsen ausgestattet, die Werkstücke werden mechanisch geklemmt und zum Bearbeitungskopf geführt. Die Absauganlage wurde so optimiert, dass keinerlei Gipsstäube an die Umgebung abgegeben werden. Anhand einer Erhebung wurde festgestellt, dass drei Bauobjekte notwendig sind, um einen optimalen Nestingaufbau in der Einzelplatte zu gewährleisten und somit den Verschnitt zu reduzieren. Bei der Fertigteillogistik wurden die Bereitstellungsplätze für die notwendigen drei Bauprojekte, die gemeinsam abgearbeitet werden können, realisiert. Durch eine Einzelteilkennzeichnung sowie einer Abfallteilkennzeichnung wird dann die richtige Zuordnung der Einzelteile zum Projekt gewährleistet.

Ein weiteres Beispiel (Abbildung 15) ist eine Großanlage mit allen bereits genannten Features. Die Anlage wird vollautomatisch betrieben, das Flächenlager kann unabhängig vom eigentlichen Produktionsprozess beladen werden. Die Anlage wurde so konzipiert, dass auch Rohteile mit Losgröße 1 über den Einlagerungsplatz während des Betriebes eingeschleust werden können (z.B. bei Reparaturaufträgen). Die Bandbreite der Rohmaterialien reicht dabei von Vollholzplatten bis hin zu Gipskartonplatten, OSP oder Holzweichfaserplatten. Diese Anlage zählt somit zu den effizientesten All-in-One Anlagen.

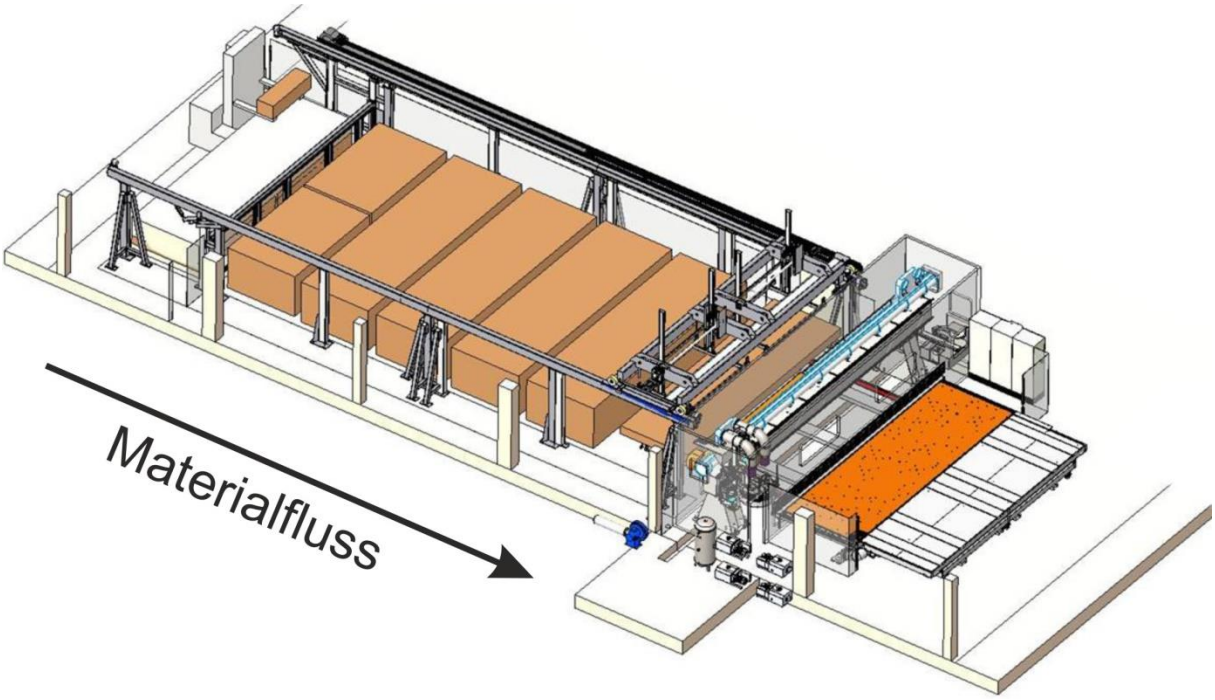


Abbildung 15: Layout eines vollautomatischen Plattenbearbeitungszentrums mit Plattenlager, montagegerechter Fertigung und Kommissionierung.

Ausstattungsmerkmale

- Vollautomatisches Plattenbearbeitungszentrum
- Frei skalierbare Rohteilstapel
- 5 – 10 Rohteillagerplätze
- Automatische Ein- und Auslagerfunktion
- Maximale Plattengröße 8.150 mm x 2.650 mm x 100 mm
- 5-Achs Bearbeitungsaggregat
- 40-fach Bohraggregat für Schallschutzpanelle
- 24-fach Werkzeugwechsler
- Automatische Werkstück- und Tischreinigung
- Bis zu 25 unterschiedliche Rohmaterialien möglich
- Hochleistungsvakuumspannsystem auch für Holzweichfaserplatten geeignet
- Kommissionskennzeichnung der Werkstücke
- Portaladesystem mit Doppelsaugspinne
- Maschinenanbindung an das vorhandene ERP-System
- CAD/CAM-System
- Lagerverwaltungssystem mit Anbindung an die Bearbeitungszelle und ERP-System

Die High-End-Ausführung ist das sogenannte Plattenwerk, welches unmittelbar durch das Lagersystem an die Montage von Wandmodulen angebunden ist.

4. Das Plattenwerk

In dieser sogenannten Giga-Factory erfolgt die Plattenbearbeitung durch ein Bearbeitungszentrum mit einem übergeordneten Hochregallagersystem inklusive einem Regalbediengerät: Ziel ist es, aufgrund der hohen Lagerkapazität von Rohmaterialien, Kommissionsware oder Kaufteilen, den Fertigungsdruck zu entschärfen; damit kann einerseits materialoptimiert aber vor allem zeitlich entzerrt produziert werden. Dadurch wird nicht nur das Handling, sondern auch die Abarbeitung unterschiedlichster Plattenmaterialien optimiert.

Die Prozesskette weicht hierbei stark von den handelsüblichen Systemen ab, denn dieses Plattenwerk wurde nicht in eine vorhandene Montagelinie für Wandmodule angedockt, sondern der komplette Produktionsprozess von Wandmodulen wurde neu und optimal gestaltet. Die intelligente Vernetzung aller Komponenten im Sinne einer Smart Factory

trägt damit wesentlich zur Effizienzsteigerung bei. Durch die Steuerung über ein Fertigungsleitrechnersystem wird die fristgerechte Montage der Wandmodule garantiert und der angestrebte Vorfertigungsgrad von 90% bei Wandmodulen realisiert.

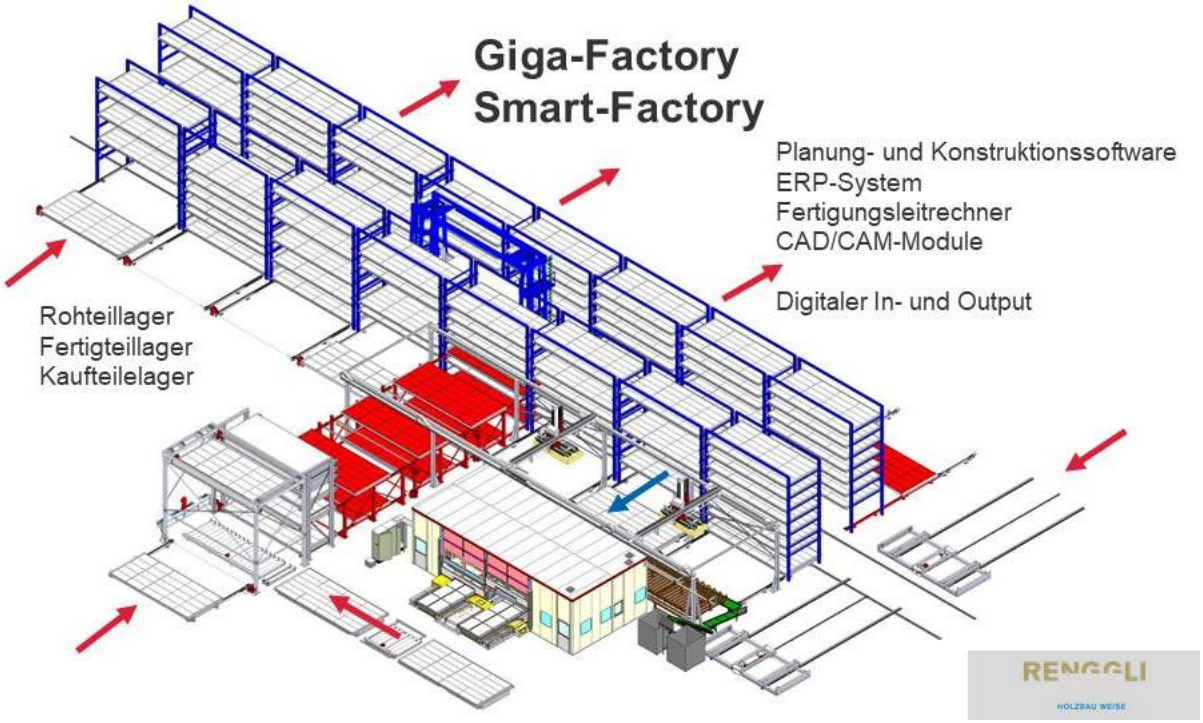


Abbildung 16: Gesamtansicht Plattenwerk

Abbildung 17: CNC-Plattenbearbeitungszentrum mit Kommissionier-Paletten

Vor dem Bearbeitungszentrum sind zwei Kommissionier-Paletten positioniert, um die fertig bearbeiteten Bauteile für eine Kommission montagegerecht einzulagern.

Abbildung 18: Portalladesystem, automatische Beschickung des Bearbeitungszentrums

Über das Portalhandling werden einzelne, aus dem Hochregallagersystem bereitgestellte Platten dem Bearbeitungszentrum zugeführt. Es kann sich hierbei auch um Losgröße 1 handeln, das heißt, dass nach der Bearbeitung einer OSP-Platte unmittelbar danach auch eine Gipskartonplatte zur Bearbeitung anstehen kann.

Abbildung 19: Hochregalbediengerät mit Paletten-Bereitstellung für Fertigungslinie und Montagelinie, Traglast ca. 6 t

Über das Regalbediengerät werden die flächigen Paletten aus dem Hochregal entnommen und links dem Bearbeitungszentrum zugewiesen oder rechts der Montage mit Fertigteilen kommissionsweise zur Verfügung gestellt.

Abbildung 20: Montagelinie für Wandmodule mit Schmetterlingstische und Fertigteilbereitstellung

Der Markt für Holzfertighäuser unterliegt seit geraumer Zeit einem massiven Umbruch und damit verbunden auch die Herstellung von Wandmodulen. Die Bedarfe werden sich im Zuge der veränderten Wahrnehmung ökologischer Verantwortung auch in Zukunft weiter wandeln. Und damit müssen auch industrielle Fertigungskonzepte verändert oder angepasst werden.

In den letzten zwei Jahren haben wir als Maschinenhersteller unsere Hausaufgaben gemacht, und genau deshalb können wir visionäre Systemlösungen dem industriellen Holzfertighausbau zur Verfügung stellen. Denken in Richtung Smart-Factory, also einer Produktionsumgebung, die sich weitgehend selbst organisiert, wird die Zukunft sein.

Robotic im Holzrahmenbau – Stand der Technik

Wolfgang Horn
HORN Hausbau Technologie
Reutlingen, Deutschland

Robotic im Holzrahmenbau – Stand der Technik

1. Bedeutung von Robotic für die Zukunftsfähigkeit von Holzbau – Unternehmen

Eine möglichst weitgehende Automatisierung im Holzrahmenbau ist allein schon aufgrund des Fachkräftemangels bei gleichzeitiger Abnahme des mittleren Kundensegmentes unabdingbar. Der Kunde der Zukunft kauft entweder preisbewusst oder sehr individuell und eher hochpreisig (s. Abb. 1).

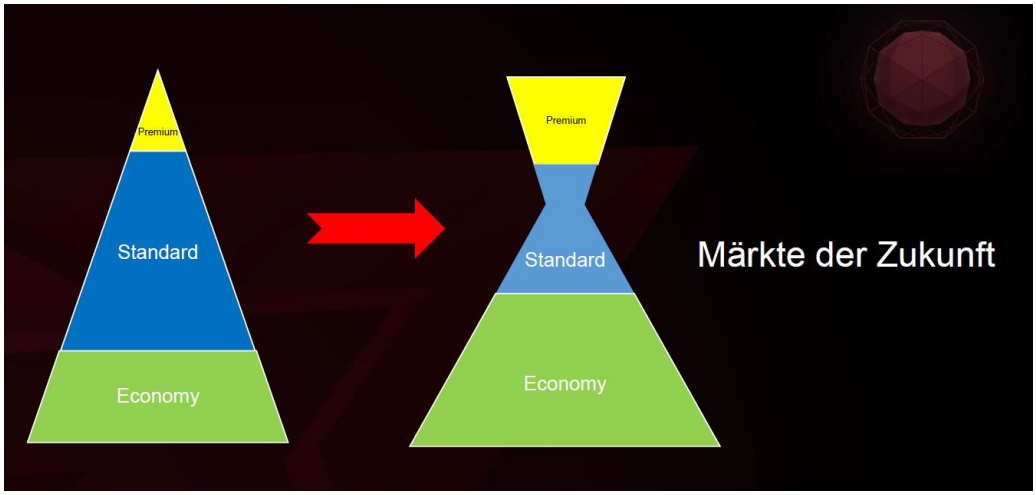


Abbildung 1: Märkte der Zukunft. Quelle: Sven Gábor Jánszky, 2b AHEAD ThinkTank GmbH

Das bedeutet, dass wir – sofern wir uns nicht ausschließlich im Premium-Segment bewegen – in Zukunft wirtschaftlicher produzieren müssen. Dabei werden wir eine ähnlich hohe Automatisierung, wie sie in anderen Branchen schon lange üblich ist anstreben müssen.

Dazu kommt, dass auch im Holz- und Holzrahmenbau zukünftig Prognose-Daten immer wichtiger werden (Abb. 2):

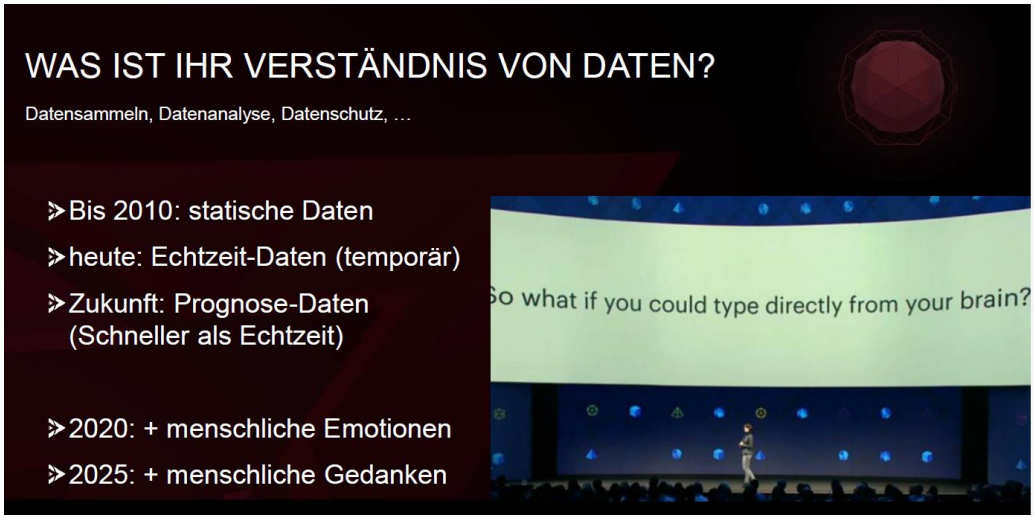


Abbildung 2: Predictive Data als Schlüssel für zukünftige Geschäftsmodelle.
Quelle: Sven Gábor Jánszky, 2b AHEAD ThinkTank GmbH

Diese Prognose-Daten können einerseits aus einer durchgehend automatisierten Fertigung kommen («Wann wird das Projekt fertiggestellt sein») andererseits können in einer durchgehend automatisierten Fertigung Prognose-Daten aus dem Markt («Was braucht der Kunde im Jahr 2023? ») schneller in entsprechende Produkte umgesetzt werden.

Der Blick auf andere Branchen zeigt, dass eine wirtschaftliche, durchgehende Automatisierung in Fertigungsbetrieben in der Regel nur mit Robotic zu erreichen ist. Der Einsatz von Robotern hat damit für die Zukunftsfähigkeit unserer Betriebe eine nicht zu unterschätzende Bedeutung.

2. Besonderheiten beim Holz- und Holzrahmenbau

Auch wenn andere Branchen beim Einsatz von Robotern sehr viel weiter sind, können die Prozesse dort nicht zwangsläufig auf den Holzrahmenbau transferiert werden. Ein Blick auf die Automobilbranche macht dies deutlich: unsere Stückzahlen sind sehr viel kleiner, die Materialien sind staubträchtig und haben signifikante Toleranzen. Hinzu kommt die Notwendigkeit, Modifikationen am Wandaufbau kurzfristig umsetzen zu können. Alle diese Themen entfallen in anderen Branchen weitgehend, weshalb wir – auch wenn wir die gleiche Robotic einsetzen – andere Prozesse benötigen.

3. Einsatzmöglichkeiten von Robotic im Holzrahmenbau

3.1. Riegelwerkerstellung

Abbildung 3 & 4: Roboter bei der Riegelwerkerstellung. Quellen: Randek AB bzw. Weberhaus

3.2. Beplankung

Im Bereich Beplankung werden aktuell hauptsächlich 2 Ansätze diskutiert:

Zum einen ein Kanban-System bei dem alle benötigten Platten, Befestigungsmittel und Werkzeuge direkt um eine Roboterzelle platziert werden (Randek ZeroLabor), zum anderen ein Konzept mit Plattenvorzuschnitt und komplexer Logistiklösung für die verschiedenen zugeschnittenen Plattenteile, Teileerkennungssystem und Ideen, um auch kleine Teile genau auflegen zu können.

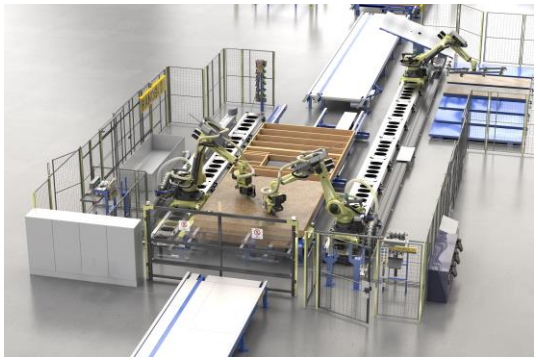


Abbildung 5 & 6: System «ZeroLabor» als Studie und im Praxiseinsatz. Quelle: Randek AB

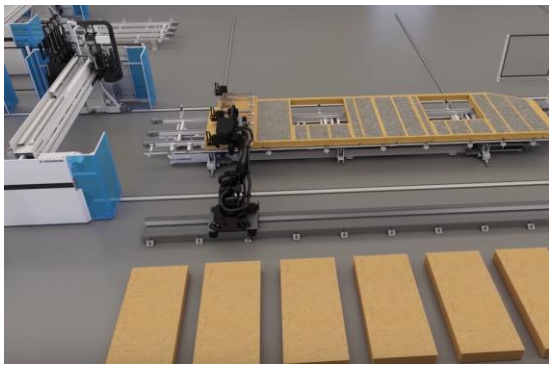


Abbildung 7: Studie Plattenauflegen mit Roboter, Befestigen und Ausschnitte mit Multifunktionsbrücke
Quelle: www.homag.com

Vorteile Kanban-Lösung (ZeroLabor):

- Geringerer Platzbedarf
- Einfache Logistik, beste Fehlervermeidung
- weniger Mitarbeiter
- überragende Maschinenverfügbarkeit (Vgl. Roboter mit Nestingmaschine)
- geringere Kosten da Zuschnittmaschine, komplexe Teilelogistik und Teileerkennungs-system entfallen
- sehr einfache, erprobte Prozesse sorgen für hohe Laufsicherheit
- marktübliche Plattentoleranzen und Staubentwicklung beeinträchtigen das System nicht

Vorteil System mit Plattenvorzuschnitt:

- weniger Verschnitt, falls die zugeschnittenen Plattenteile im richtigen Moment an der richtigen Stelle akkurat ausgerichtet und aufgelegt werden. Das ist bei diesem Ansatz die Herausforderung, da die Staubentwicklung höchste Anforderungen an visuelle Teileerkennungssysteme stellt und die Toleranzen der zu verarbeitenden Platten eine akkurate Positionierung nach Plattenvorzuschnitt und insbesondere bei kleineren Tei-len außerordentlich erschwert.

3.3. Isolierung

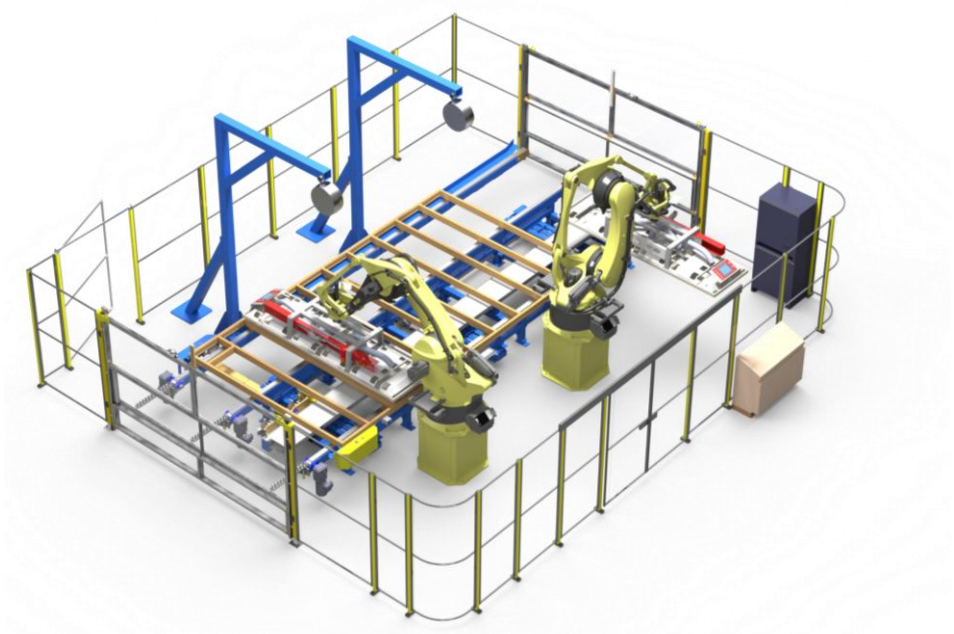


Abbildung 8: Einblasen der Isolierung mit zwei Robotern die jeweils eine Einblasplatte tragen. Quelle: Randek

3.4. Putzauftrag

eine wirtschaftlichen Roboterlösung für Putzauftrag ist denkbar, wurde aber nach meinem Kenntnisstand noch nicht entwickelt.

3.5. Nutzen-Relation

Da in fast allen Unternehmen der Bereich Beplankung am aufwändigsten ist, ist hier auch die Kostenersparnis durch Automatisierung am größten. Bei Riegelwerk-erstellung, Isolierung und Putzauftrag ist die Kosten-Nutzen Relation deutlich schlechter. Dies ist der Hauptgrund dafür, dass es für Beplankung inkl. Isolierung Anlagen gibt, die seit mehreren Jahren im Mehrschichtbetrieb laufen und die Entwicklung hier am weitesten fortgeschritten ist.

4. Aktueller Stand

Aktuell laufen weltweit verschiedene Roboteranlagen bei unterschiedlichen Holzbau- und Fertighausunternehmen. Sowohl Mittelständler als auch einer der größten Hersteller von Fertighäusern in Amerika (Clayton Home Building Group) stellen Wandelemente mit Robotern her. Es gibt Anlagen für einseitig beplankte und für geschlossene Elemente. Ob Wandaufbau mit Folie und Installationsebene oder ohne: die üblichen Herausforderungen beim Holzrahmenbau sind gelöst und werden in der Praxis eingesetzt.

Diese Roboteranlagen wurden von Randek AB, Schweden geliefert. Das System (ZeroLabor) kann mit 2 bis 5 Robotern pro Zelle bestückt werden, wodurch eine einfache Skalierbarkeit gegeben ist. In Abb. 6 sehen wir eine Lösung mit 3 Robotern in einer Zelle, wobei Roboter (3) nur zum Plattenauflegen bestimmt ist, während Roboter (1) und (2) die Platten befestigen und alle Ausschnitte ausfräsen. Roboter (2) entsorgt auch die Restteile. Dafür haben die beiden Roboter Werkzeugwechselplätze, wo Sie sich automatisch die jeweiligen Befestigungsaggregate, Fräser etc. holen. Die Werkzeugwechselplätze sind abgesichert, so dass der Anlagen-Überwacher die Wechselplätze jederzeit betreten und neu bestücken kann, ohne dass die Roboter ihre Arbeit unterbrechen.

Alle Roboter haben Sensoren für 3D-Umgebungswahrnehmung und können somit auch bei hohen Taktzeiten kollisionsfrei zusammenarbeiten.

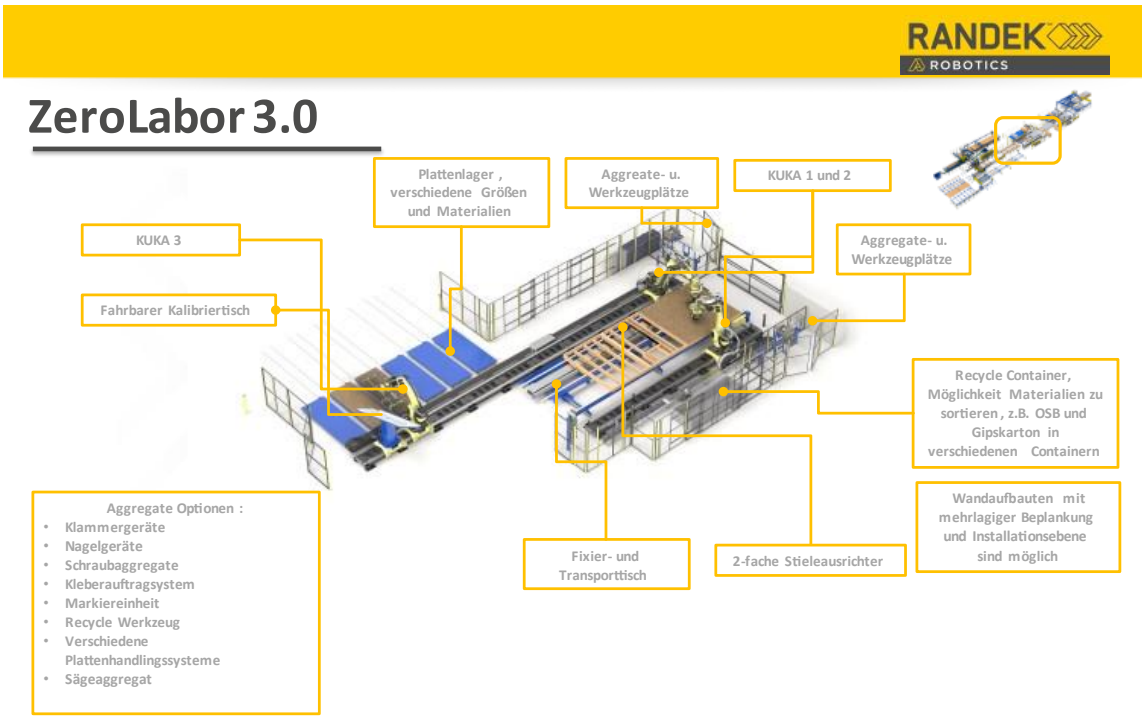


Abbildung 9: Roboterlösung, bei der alle notwendigen Materialien um die Zelle angeordnet sind. Quelle: Randek

Wenn das Element einseitig fertig beplankt ist, kann es automatisch aus der Zelle herausgefördert, gedämmt und in die nächste ZeroLabor-Zelle gefördert werden, wo die zweite Seite beplankt wird.

Je nach gewünschtem Wandaufbau und Stückzahl können sehr unterschiedliche Anlagen zusammengestellt werden. Beispielhaft Abb. 7 zeigt eine Planung für ein mittelständisches Unternehmen, Abb 8 die Anlage für einen Industriebetrieb. Da Wandaufbau, Stückzahlen und Gebäude bei keinem Unternehmen gleich sind, sieht auch jedes Layout anders aus und wird immer individuell zusammen mit dem Kunden geplant.

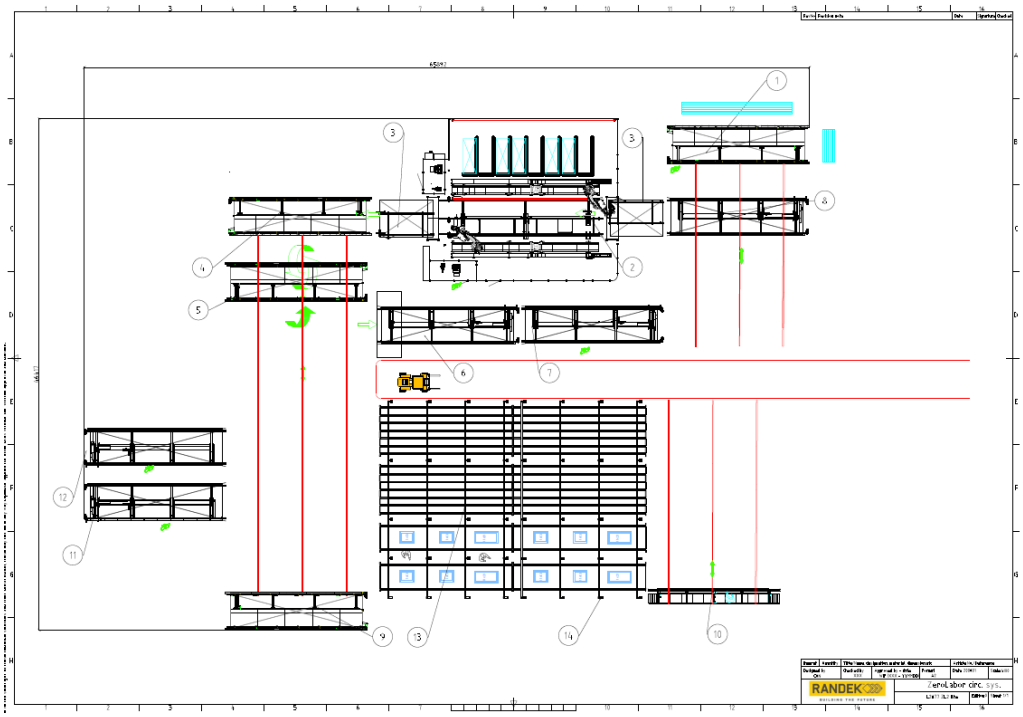


Abbildung 10: Holzrahmenbauwerk für geschlossene Elemente mit einer ZeroLabor-Zelle

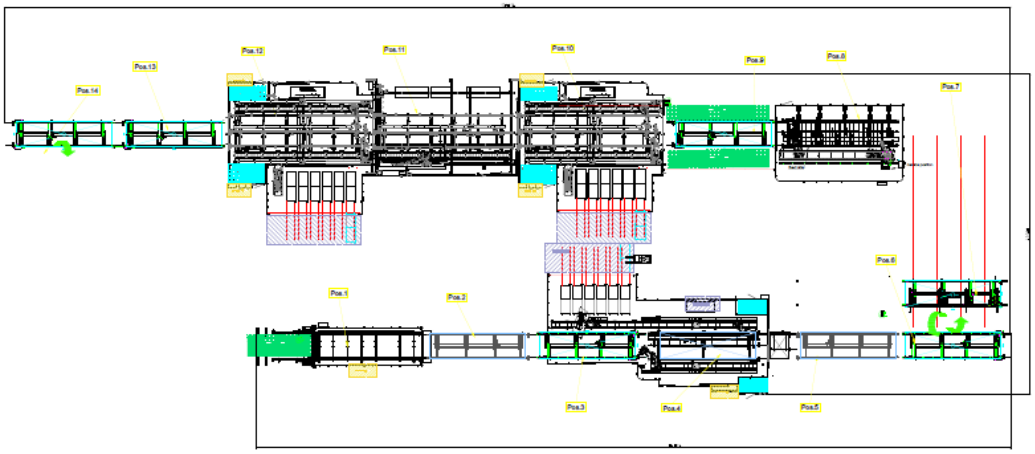


Abbildung 11: Wandlinie für ein Fertighauswerk mit Einblasdämmung und Kleberauftrag mit Robotern

Mit ZeroLabor ist im Bereich der Beplankung und Isolierung die Robotic für den Holzrahmenbau auf einem Stand, der mit anderen Branchen absolut vergleichbar ist. Die Probleme mit staubträchtigen Materialien und Plattentoleranzen sind gelöst und Modifikationen am Wandaufbau kurzfristig möglich. Das System wird bei immer mehr Unternehmen erfolgreich im Mehrschichtbetrieb eingesetzt. Große Entwicklungsschritte sind hier nicht mehr zu erwarten. Spannend wird sicherlich die Entwicklung in den nachgelagerten Bereichen, wobei immer die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden sollte. Ein teures, vollautomatisches und mannloses Wandlager wird sich kaum rechnen, solange es eine günstige Lösung gibt, die von einem Mitarbeiter bedient werden kann.

Block A3

Logistik & Bauprozesse:
Taktgeber von Produktion und Montage

Produktionssteuerung, oder wer dirigiert die Elementfertigung

Thomas Arnold
ecoholz GmbH
Winterthur, Schweiz

Produktionssteuerung, oder wer dirigiert die Elementfertigung

Den Koordinator in der Elementfertigung als Dirigenten zu bezeichnen, ist vielleicht etwas ungewohnt, aber der Produktionsverantwortliche zeigt viele Parallelen zum Leiter eines Orchesters.

Der Dirigent hat den Überblick und wird vom ganzen Orchester gesehen. Er gibt den Takt an und bestimmt auch den Ablauf. Er gibt rechtzeitig die Einsätze, damit sich alle vorbereiten können. Er nimmt direkten Einfluss auf die einzelnen Personen, gestaltet und formt das Werk. Bei falschen Tönen greift er ein und ist so für die Qualität verantwortlich. Der Dirigent bereitet sich sehr gut vor, er analysiert die Strukturen und kennt das Werk auswendig. Er steuert auch das Ganze drum herum, die Logistik und Organisation. Dabei hat er natürlich Unterstützung.

1. Die Realität

Da sind doch zu unseren Produktionsverantwortlichen viele Parallelen zu sehen. Doch die Unterschiede sind im Alltag deutlich zu erkennen. Die verschiedenen Charaktere und Verhaltensweisen der Produktionsverantwortlichen, die wir in den vielen Unternehmen der Branche kennengelernt haben, können wie folgt beschrieben werden:

- Der Produktionsverantwortliche spielt den ganzen Tag **Feuerwehrmann** und kümmert sich um jeden Fliegendreck in der Fertigung.
- Er ist der Mitarbeiter mit dem grössten **Fachwissen** in der Fertigung und das Lexikon des Unternehmens.
- Er ist nicht der beste **Kommunikator**. Dies war auch, bis er in die Produktionsverantwortung reingeschlittert ist, nicht so wichtig.
- Er will möglichst **wertschöpfend** sein und arbeitet am Elementtisch mit, oft am ersten Tisch.
- Digitale Hilfsmittel findet er super. Jetzt kann er zu den Sitzungen auch seinen Rechner aufschlagen und es erweckt den Anschein, er sei voll vorbereitet.

Diese Verhaltensweisen sind praktisch bei jedem Produktionsverantwortlichen zu beobachten, nur die Ausprägungen sind je nach der Person etwas anders. Wie wirken sich diese aber auf die Produktionsleistung und auf die Mitarbeitenden aus?

1.1. Der Feuerwehrmann

Wenn wir in der Fertigung den Produktionsleiter als «Feuerwehrmann» beobachten, dann fühlt er sich mächtig stolz, wenn er wieder etwas «retten» konnte. Meist macht er dann gleich alles selber und die Mitarbeitenden stehen gerne etwas zurück und lassen ihn machen. Denn der Feuerwehrmann kann alles besser... In diesen Situationen haben neue Mitarbeitende bald gemerkt, dass hier Eigeninitiative nicht erwünscht ist. Der Feuerwehrmann bildet nur ungern andere Mitarbeiter aus, damit diese nicht besser werden als er selber. Wenn er also im «Einsatz» ist, geht er nicht ans Telefon, der Rest der Produktion ist ihm dann praktisch egal, weil es ja hier gerade «brennt».

1.2. Der Beste in der Halle

Natürlich ist der Dirigent der Fertigung der fachlich bestausgebildetste Mitarbeiter in der Halle. Er steuert so, dass auch bei der kleinsten Unsicherheit die Mitarbeitenden «ihn» rufen. Er gibt dann gerne sein Fachwissen weiter, ist aber methodisch nicht versiert genug, die Mitarbeiter entsprechend auszubilden und weiterzubringen. Dies passt auch ideal zum Verhalten als Feuerwehrmann. In der Diskussion mit der Geschäftsleitung beklagt sich der Produktionsleiter oft über die unausgebildeten Mitarbeiter in der Halle oder über die schlechte Motivation.

1.3. Die Mitarbeitenden informieren

Die Mitarbeitenden zu informieren, ist wohl der wichtigste Punkt für den Dirigenten der Fertigung. Natürlich sind sie sich nicht gewohnt, vor die Gruppe zu stehen, denn sie sind doch auch ein Mitglied des Teams, und da werden unpopuläre Massnahmen oder Klärungen nach Möglichkeit vermieden. So sieht man den Produktionsleiter von Mitarbeiter zu Mitarbeiter wandern und jeden individuell informieren. Doch beim Zweitletzten erfährt er eine wichtige Neuigkeit, die seinen Plan komplett umwirft. Oft macht er dann nicht wieder die ganze Runde, einzelne Mitarbeiter sind noch auf dem «alten» Wissensstand und ziehen so zwar am selben Strick, aber nicht in die gleiche Richtung.
Wenn der Produktionsleiter nicht informiert, dann ist der einzelne Mitarbeitende wie ein Blinder, ihm fehlt die Übersicht, die nächsten Tätigkeiten kann er nicht erkennen und wartet bis der Produktionsverantwortliche Zeit hat, die nächsten Schritte zu erklären. Wie oft hat ein Mitarbeiter nach seiner Tätigkeit alles weggeräumt und geputzt und bei der Frage nach dem nächsten Auftrag alles wieder hervorgeholt! Das ist nicht motivierend. Es ist verständlich, dass die Mitarbeitenden dann auf «mir egal» stellen und sich nicht weiter um die nächsten Tätigkeiten kümmern.
Viel schlimmer sind die vielen Änderungen im Tagesablauf, da werden ganze Aufträge vorgezogen, halbe Häuser bleiben mitten in der Fertigung stehen, weil die Fenster gestern doch nicht gekommen sind. Wenn der Dirigent nun erklärt, warum hier gestoppt wird, was noch kommt, wie die Auslastung generell aussieht, dann verstehen dies die Mitarbeiter und unterstützen ihn auch bei unangenehmen Entscheidungen.

1.4. Trotzdem wertschöpfend

In kleineren Unternehmen ist es schwierig, den Produktionsleiter nicht auch wertschöpfend arbeiten zu sehen. Doch die verschiedenen Mitarbeitenden, die vom Tisch weglaufen, sind viel schädlicher für die Produktionsleistung. Die Gründe für das Fehlen am Tisch sind rasch aufgezählt, Material holen und suchen, Fehler und Rückfragen, Rauchpausen, usw.

Dazu ein Beispiel; eine Fertigungshalle (zwei Tische verkettet) mit 5 Mitarbeitenden, der Dirigent und ein Hilfsmitarbeiter am Tisch 1, dann zwei Zimmerleute am zweiten Tisch, und einer macht den Fenstereinbau. Natürlich gibt es da noch den Logistiker, der den ganzen Tag auf dem Gelände rumkurvt zwischen Halle, Abbund und Entsorgung.
So bleibt der Produktionsverantwortliche am Tisch1 in der Hallenecke und klopft so schnell wie möglich die Wände zusammen. Doch, wenn es Rückfragen gibt, wenn er etwas organisieren muss, dann ist er ja weg vom Tisch, und der Hilfsarbeiter kommt allein kaum voran. Der Stress ist dem Dirigenten anzusehen, er ist oft überlastet, macht Überstunden und es zwickt ihm schon länger im Rücken. Wenn ein Mitarbeiter an den beiden Tischen fehlt, sinkt die Leistung direkt. Wir haben dazu mehrere Tests gemacht; wenn von den 4 Mitarbeitenden an den beiden Tischen abwechselnd einer wieder einmal fehlt, fällt in dieser Zeit die Fertigungsleistung auf 60% zusammen. Dies, weil dann die Tätigkeiten an den Tischen nicht mehr zusammenpassen, ein Tisch muss dann «warten», die anderen Mitarbeitenden bummeln fast unbemerkt. Die Mitarbeitenden wechseln ungern den Tisch, um dort zu unterstützen, dazu fehlt die Übersicht und oft auch das Fachwissen. Pro Tag haben wir 25x Wanderungen ins Beschläge- oder Maschinenlager gezählt, die mit einer Dauer von je 3-4 Minuten eine 3-Mann-Produktion von 90 Minuten ergeben. Auf den ganzen Tag betrachtet entsprechen diese 90 Minuten Wanderung rund 8% Produktionsausfall. Der Mitarbeiter im Fenstereinbau kann es auch nicht immer alleine richten, da braucht es zwischendurch einen zweiten Mann. Dann sollte noch jemand die fertigen Wände aufladen und die Pritsche binden, abdecken und in den Hof fahren. Wieder sind es nur noch drei, manchmal sogar nur zwei Mitarbeiter, die an den Tischen arbeiten. Vielleicht müsste man also mit 4 Personen eine 3-Mann-Produktion einrichten und die Tätigkeiten auf 3 statt 4 Personen aufteilen.

Wenn der Produktionsleiter am Tisch mitarbeitet, sieht er nicht, was in der Halle läuft oder eben nicht geht. Sein Fokus ist auf das Element gerichtet, es fehlt ihm die Zeit, wieder einen Blick in die ganze Halle zu werfen, die Situation zu analysieren und rechtzeitig die «Einsätze» zu geben. Bei einigen Produktionsverantwortlichen ist hier zu erkennen, dass sie sich in die Arbeit verkriechen, lieber am Element arbeiten als zu dirigieren.

1.5. Digital absorbiert

Digitale Hilfsmittel bieten ganz neue Potentiale, mehr Informationen vor Ort und vernetzte Kommunikation zwischen bisherigen Insellösungen. Da kann sich der technikaffine Produktionsverantwortliche gerne Tageweise absorbieren und an der neuen Software mit den automatischen Auswertungen herumexperimentieren. Dass er damit detaillierte Informationen bekommt, die er zwar interpretieren, aber nicht direkt in geeignete Massnahmen umsetzen kann, erkennt er dann erst viel später.

2. Der Dirigent

Wie können denn nun die Aufgaben des Dirigenten in der Fertigung beschrieben werden? Er hat den Dirigentenstab in der Hand und legt ihn nicht ab, sondern gibt ihn höchstens weiter. Somit braucht es einen adäquaten Stellvertreter. Mit täglich zwei Kurzinformationen von je 3 Minuten setzt er die Ziele für heute und bespricht die Rahmenbedingungen. Er steuert und lenkt die Fertigung mit Logistik und der Materialbereitstellung am Tisch. So plant er die Umstellung von Aussenwand- auf Innenwandproduktion oder auf Deckenelemente. An den Tischen steuert er den Takt und erkennt frühzeitig, wenn Lücken oder Engpässe entstehen. Dazu setzt er mit seinem Team die geeignete Wandreihenfolge fest, und es entsteht ein Lernprozess, wenn es nicht wie gewünscht funktioniert. Der Dirigent kann sich bei Bedarf als Springer einbringen.

Als Dirigent braucht es mehr Fähigkeiten als unsere Produktionsleiter meist besitzen. Ziel muss es sein, mehr zu kommunizieren und die Feuerwehreinsätze zu reduzieren. Wir müssen die Dirigenten also entsprechend weiterbilden, sie in der «neuen» Funktion unterstützen.

Der Dirigent muss regelmässig, einfach und klar kommunizieren. Da braucht es eine geplante und strukturierte Umverteilung der Tätigkeiten in der Halle. Weiter müssen die Pläne vor Fertigungsstart geprüft und korrigiert werden, der Dirigent muss sein Werk kennen. Dadurch werden viele Rückfragen eliminiert, die sonst im unpassendsten Moment auftauchen. Die Fertigung ist oft nicht die Ursache solcher Schwierigkeiten, die ja bereits in der Planung verschuldet werden. Es müsste also auch hier optimiert werden, damit die Pläne und das Material für den Produktionsstart rechtzeitig bereitliegen.

Als Dirigent braucht der Produktionsverantwortliche täglich Zeit für die Analyse der laufenden Fertigung und um Optimierungen zu starten. Mit regelmässigen Zeitfenstern für die Schulung der Mitarbeitenden erreicht er eine Weiterentwicklung der Fertigung und damit Schritte hin zur lernenden Organisation.

3. Produktionsverantwortliche unterstützen

Aktuell sind in den Unternehmen viele Produktionsverantwortliche überlastet und drohen ernsthaft krank zu werden. Sie sind jedoch meist zu Stolz und werden es nicht zulassen, dass man ihnen einen Coach zur Seite stellt oder ihnen eine Weiterbildung anbietet. Die Ausreden sind dann ähnlich, «keine Zeit», «das brauche ich nicht» und «wenn die anderen im Unternehmen bessere Arbeit abliefern würden, wäre das hier kein Problem». Gerade in der aktuellen Zeit mit Materialengpässen und Terminverschiebungen leiden die Produktionsverantwortlichen zusätzlich.

Der Teufelskreis muss mit konkreten Massnahmen durchbrochen werden. Es braucht wieder das agieren statt das reagieren. Weil jedes Unternehmen anders ist, brauchen die Produktionsleiter auch eine individuelle Unterstützung in ihrem Alltag. Mit dem objektiven Blick von Aussen und mit Fingerspitzengefühl können hier die ersten Verbesserungen getestet und dann umgesetzt werden. Sehr oft braucht es da Beispiele mit Bildern und Tools um auf die neuen Möglichkeiten aufmerksam zu machen. So erreicht man in kurzer Zeit mehr, als die vielen Tipps der Geschäftsleitung, welche im Alltagsstress verlaufen.

Weitere Informationen zum Thema sind auf der Website www.ecoholz.at zu finden.

Produktionslogistik 4.0 im Holzbau

Thomas Solle
SC Solle Consulting
Barntrup, Deutschland

Tobias Hehl-Puttrich
HUF HAUS
Hartenfels, Deutschland

Produktionslogistik 4.0 im Holzbau

1. Die Anforderungen an die Produktionslogistik im Holzbau verändern sich schneller als je zuvor

Diese sind nicht nur getrieben durch die durchgängige Digitalisierung von der Planung bis zur Montage, sondern auch durch die Veränderung der Projekte, Baustoffe und Prozesse.

- **Mehrgeschossiger Holzbau**
- **Holzrahmen/Holztafelbau und BSP Konstruktionen**
- **Holzleimbau**
- **Fachwerkkonstruktionen**
- **Integrierte Bauteile aus Stahl und Beton, BauBuche ……**
- **Holz-Beton-Verbunddecken**
- **Hybride Bauten mit einer Vielzahl von Kombinationen der oben aufgeführten Systeme**

Bei den Bauvorhaben der Firma HUF HAUS gibt es bereits heute diese Hybriden Lösungen

Das hat dazu geführt, dass wir die Produktionslogistik auf diese Anforderungen ausrichten müssen. Dazu möchten wir im Folgenden 2 Projektansätze vorstellen.

2. Vorstellung von 2 unterschiedlichen Ansätzen zur Optimierung der Produktionslogistik in Holzbauunternehmen

- Digitale Auftrags- und Prozessverfolgung
- Einsatz von 3D Druck

2.1. Digitale Auftrags- und Prozessverfolgung

Ein wichtiger Punkt, um die Produktionslogistik zu optimieren ist die Transparenz aller Produktionsschritte einfach zu visualisieren und jederzeit den Status erkennen sowie nachvollziehen zu können.
Dabei ist es erforderlich, für jeden Prozessschritt der Bauteile bzw. Bauteilgruppen den Status und die physische Position in der Fertigung erkennen zu können.
Um diese Voraussetzungen zu schaffen, wird die folgende Struktur aufgebaut:
Der Ausgangspunkt sind immer die einzelnen Bauteile, die in der Arbeitsvorbereitung mittels CAD/CAM System erstellt werden (DICAM). Diese Bauteile werden dann auf den beiden Abbund-Anlagen bearbeitet und nach der Bearbeitung als Bauteil für diesen Prozessschritt fertig gemeldet.
Nach der Bearbeitung auf einer der Abbund-Anlagen werden für die Nachverfolgung die Bauteile in Bauteilgruppen zusammengefasst.

Als technische Infrastruktur für die Nachverfolgung haben wir zwei mögliche Verfahren untersucht:

Bluetooth-Komponenten
Bedingt durch die moderaten Anforderungen an die Ortungsgenauigkeit entstehen hier geringe Kosten. Annäherungsbasiertes Tracking, d.h. der Ort eines verfolgten Bluetooth-Senders (Beacon) wird aufgrund der Annäherung zu Bluetooth-Empfangsgeräten (Gateways) bestimmt, die an definierten Orten innerhalb des Prozessablaufs aufgestellt werden.

LoRaWAN
Long **Ra**nge **W**ide **A**rea **N**etwork bedeutet ein effizientes Senden von Daten über lange Strecken. Mit LoRaWAN ist es möglich, mehrere hundert Sensoren innerhalb eines Netzwerkes zu verarbeiten. Es kommen hier ebenso wie bei der Bluetooth Variante «Beacons» und Gateways zum Einsatz.

Der Prozessablauf und die Vorgehensweise:
Nach der Bearbeitung an den Bauteilen werden die «Beacons» durch einen Scan des Barcodes mit den Bauteilgruppen verheiratet. Diese Beacons werden auf einem Klemmbrett befestigt, auf dem die entsprechende Liste auf geklemmt ist. Dieses Brett wird einfach auf das Paket gelegt.
Sobald die Bearbeitung der Bauteilgruppe beginnt, legt der Mitarbeiter das Klemmbrett auf einen definierten Ablageort an dem Arbeitsplatz. Somit wird automatisch die Info gesetzt, dass dieses Paket in Bearbeitung an dem entsprechenden Arbeitsplatz ist.
Das ist erforderlich, um einen einfachen Überblick zu behalten. Auf dieser Basis ist mit einem Blick nachzuvollziehen, wo welche Bauteilgruppen gerade bearbeitet werden, wo diese ggf. nur zwischengelagert werden und ob alle Arbeitsplätze mit dem notwendigen Material zur weiteren Bearbeitung versorgt sind.

Da an jedem Arbeitsplatz ein PC vorhanden ist, wird sehr einfach die E-Mail, welche bei der Einlagerung automatisch erstellt wurde, an den Gabelstapler weitergeleitet.
Somit sind für den Logistiker alle Informationen vorhanden, um zu wissen, von wo nach wo welches Paket zu transportieren ist.
Somit ist automatisch auch die Reihenfolge der Abarbeitung festgelegt und der komplette Ablauf dokumentiert (auch die Zeiten, wann das Paket das Zwischenlager verlässt und wann es am definierten Arbeitsplatz ankommt).

PFOEGA tragend

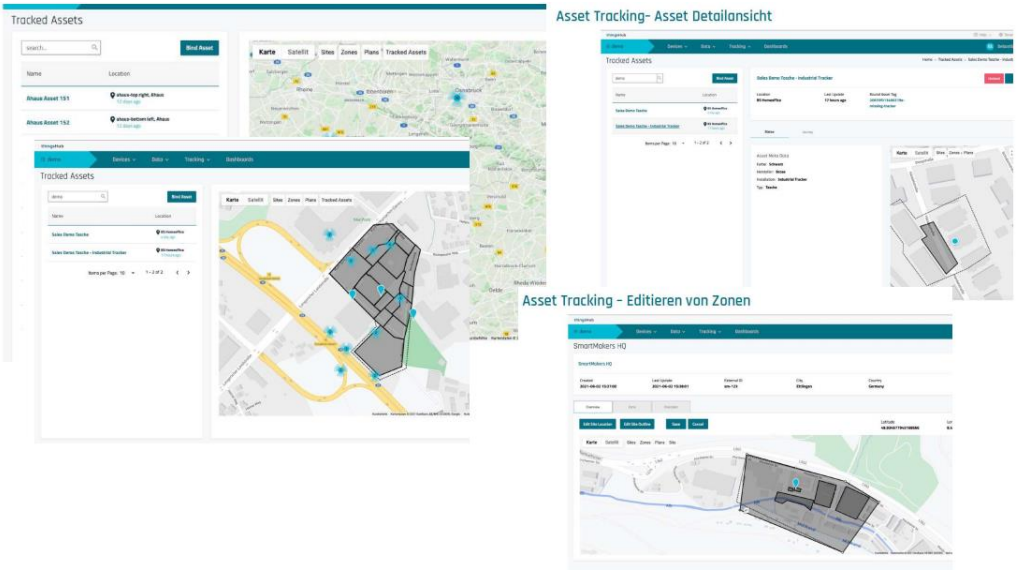
Zusammenfassung
IdentNr. ***
L ***

LNr	GebEl	IdentNr.	Stabart	Bezeichnung	Anz	B [cm]	H [cm]	L [m]
114	EG W 4	GL28c 6/10.4 - 40	611	PGI	1	6,0	10,0	2,225
95	EG W 1	GL28c 6/16	611	PGI	2	6,0	16,0	0,066
113	EG W 4	GL28c 6/16	611	PGI	1	6,0	16,0	0,356
130	EG W 7	GL28c 16/26 - 40	613	PTI	1	13,0	22,0	1,110
132	EG W 7	GL28c 16/26 - 40	613	PTI	1	13,0	22,0	1,110
129	EG W 7	GL28c 16/26 - 40	613	PTI	1	13,0	22,0	2,365
131	EG W 7	GL28c 16/26 - 40	613	PTI	1	13,0	22,0	2,365
118	EG W 5	GL28c 12/16 - 33	613	PTI	1	16,0	12,0	2,945
141	EG W 9	GL28c 12/16 - 33	613	PTI	1	16,0	12,0	2,945
109	EG W 4	GL28c 16/16	611	PGI	1	16,0	16,0	0,720

IdentNr.	Anz [Stck]	Laufm [m]	Volum [m³]
GL28c 16/16 - 40	5	16,255	0,415
GL28c 16/18 - 33	2	7,688	0,221
GL28c 16/26 - 40	4	6,950	0,200
GL28c 16/28.5 - 40	1	2,945	0,132
GL28c 16/36 - 33	1	4,476	0,243
GL28c 6/10.4 - 40	1	2,225	0,013
GL28c 6/16	3	0,488	0,004
Gesamt	**22**	**53,527**	**1,510**

Beispiel für die Bauteilgruppe Pfosten EG außen tragend mit 22 einzelnen Bauteilen, die zu dieser Gruppe zusammengefasst sind. Die Gruppen je BV sind eindeutig vergeben, das gilt auch für die LNr der Bauteile je BV.

Die Benutzeroberfläche



Ausbaubarkeit:

Ein weiterer Ausbau der Funktionsalität und des Umfanges der Nutzung ist für die folgenden Bereiche angedacht:
- Beladungskontrolle aller Baugruppen auf die Pritschen/LKW
- Kontrolle wo sich die Baugruppen während der Lieferung mit dem LKW befinden
- Echtzeit-Anzeige, wann die Baugruppen auf der Baustelle vom LKW abgeladen werden

Überschlägige Kosten/Nutzen Rechnung

Kosten:
12.000 EUR Grundkosten für Zimmerhalle und Anlieferungen in Montagehalle
12.000 EUR Folgekosten pro Jahr (SaaS Vertrag)
Gesamtkosten für 5 Jahre – **72.000 EUR**

Einsparungen:
Stapler:
5% von 3.800 Std. im Jahr = 190 h x 5 Jahre = 950 h
Produktionsleiter:
50 h/Jahr = 250 h
Arbeitsplätze Montagehalle
100 h/Jahr = 500 h
Summe Einsparungen
1.700 h x 45 EUR = **76.500 EUR** in 5 Jahren

Somit ist das System nach 5 Jahren bezahlt und es werden weitere nicht finanziell angesetzte Vorteile erreicht (Transparenz in der Produktion, Übersicht für alle Abteilungen, Möglichkeit die Daten zu analysieren und damit Optimierungen durchzuführen, Dokumentation des Produktionsablaufes usw.)

2.2. Einsatz von 3D Druck in Verbindung mit dem Holzbau

Ein Projekt von Solle-Consulting und Natura Eco

In Zusammenarbeit mit NaturaEco werden zurzeit Ansätze und Konzepte für die Nutzung von 3D Druck im Holzbau als Hybride Lösungen erarbeitet sowie Demos und Muster gedruckt.

Neue Ansätze im HybridBau mit 3D Druck:

Neben dem Druck von Wandteilen, werden auch die folgenden Ansätze untersucht und getestet (Runde «Ecken» von Wänden).
Holz-Beton-Verbunddecken, ohne den Beton einschalen zu müssen.
Wandelemente speziell im Badbereich wasserfest herzustellen.
Elemente die Bodenkontakt haben als 3D Druck herstellen.

DLL1.0

Our team of engineers developed, manufactured and assembled our first 3D construction printer DLL1.0.

With a printing area of 2 x 1.8 x 1.6m it was designed and built for our R&D department.

With DLL1.0 we developed our proprietary low-cement-based mixture, NEcocrete, and also printer our first project in CEE - ProtoDom, a 24 sqm house.

The DLL1.0 system uses a continuous flow system and the mechanical construction is built using aluminum profiles, powered by step-motors.

Der Weg in diese neuen Technologien wird schon kurzfristig mehr als notwendig sein.

Digitaler Prozess von der Planung bis zur Baustelle mit modernen Verbindungsmitteln

Henning Artmann
Hilti Deutschland AG
Kaufering, Deutschland

Digitaler Prozess von der Planung bis zur Baustelle mit modernen Verbindungsmitteln

1. Einleitung

Die zunehmende Popularität des Holzbaus stellt Zimmereibetriebe vor eine wachsende Herausforderung. Wie können bei stagnierender Mitarbeiteranzahl mehr Projekte, Projekte in höherer Qualität bzw. höherer Komplexität oder auch beides gleichzeitig erzielt werden? Die Digitalisierung von Arbeitsprozessen bis auf die Ebene des Verbindungsmittels kann hierauf eine Antwort liefern.

2. Marktumfeld Holzbau und Produktivität

Der Koalitionsvertrag der deutschen Bundesregierung aus 2021 will «die Grundlagen schaffen, den Einsatz grauer Energie sowie die Lebenszykluskosten [im Gebäudebereich] verstärkt betrachten zu können», dem Ziel einer Kreislaufwirtschaft näher zu kommen als auch eine «nationale Holzbau-, Leichtbau- und Rohstoffsicherungsstrategie» aufzulegen [1]. Der politische Wille für mehr Holzbau trifft damit auf ein Marktumfeld, in dem gemäß dem Bundesbauministerium weiterhin jährlich 400,000 Wohnungen, davon 100,000 Sozialwohnungen, benötigt werden. Diese sollen «gutes, bezahlbares und klimagerechtes Wohnen» laut Bundesbauministerin Klara Geywitz ermöglichen [2].
Damit ist zur stetig wachsenden Holzbauquote eine weitere Beschleunigung zu erwarten. Den Lageberichten des Bundes Deutscher Zimmermeister Holzbau Deutschland hat sich die Holzbauquote im Wohnbau als auch im Nichtwohnbau auf zuletzt gut ein Fünftel der Bauvolumina eingependelt, siehe auch Abbildung 1 [3]. Dies entspricht 31,061 Bauvorhaben in Holzbauweise in 2020.

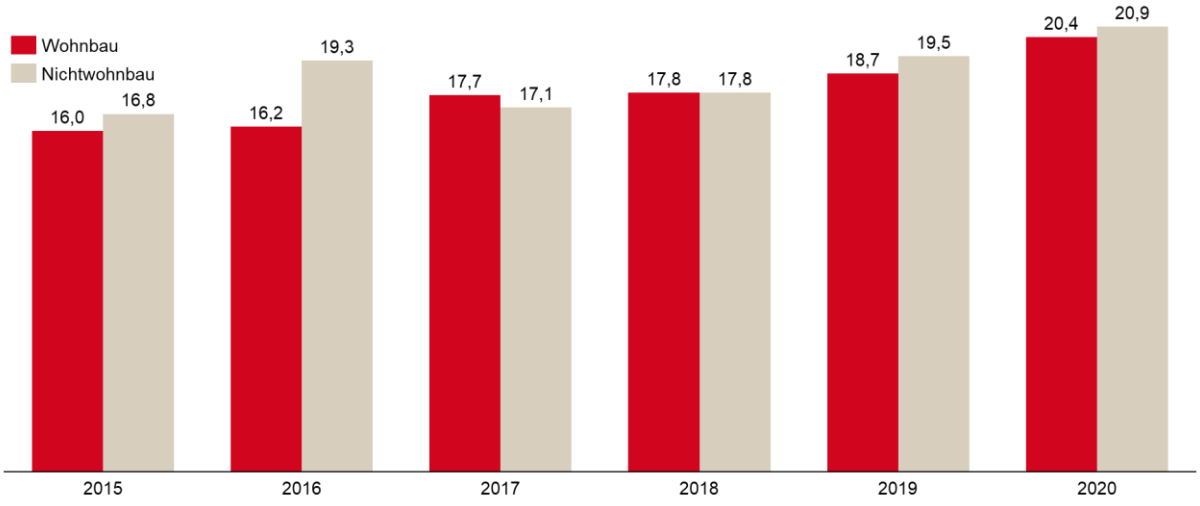


Abbildung 1: Holzbauquote in % in Deutschland für den Wohn- und Nichtwohnbau

Speziell im Ein- und Zweifamilienhausbau ist die Holzbauquote mit 23,1% in 2021 auf ein absolutes Rekordhoch gestiegen [4].
Die positive Entwicklung des Marktumfeldes von 5,5% jährliche Wachstumsrate trifft auf einen deutlich schwächeren Zuwachs von 2,0% in den Beschäftigungszahlen, siehe auch Abbildung 2 [3].

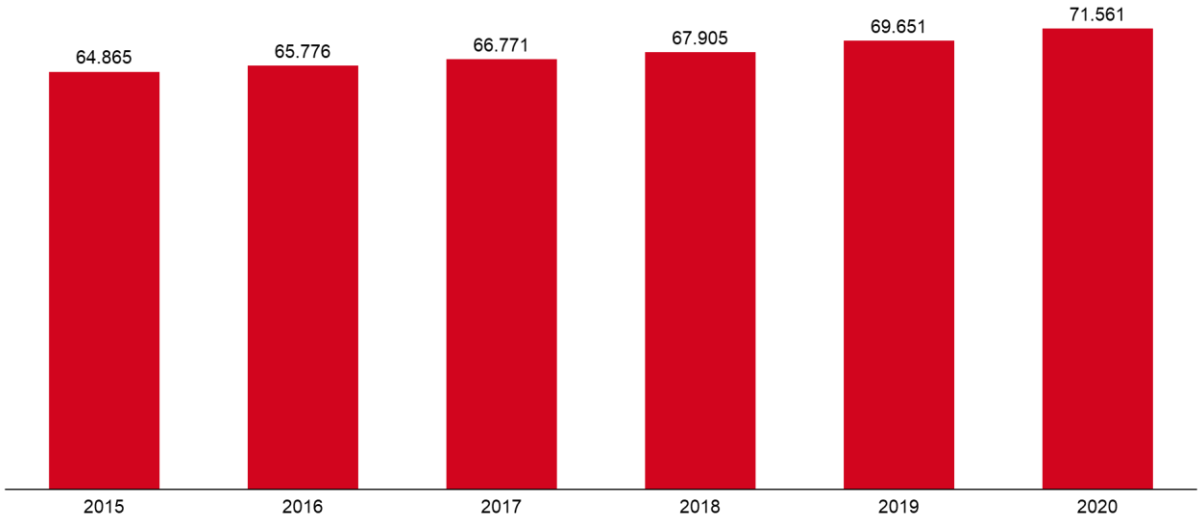


Abbildung 2: Tätige Personen im Zimmerer- und Holzbaugewerbe

Werden die Anzahl an Bauvorhaben den Beschäftigungszahlen gegenübergestellt ergibt sich ein Kennwert für den erforderlichen Produktivitätsanstieg. Normiert auf 2015 zeigt sich, dass in den letzten 5 Jahren ein Anstieg der Projekte je beschäftigter Person im Zimmerer- und Holzbaugewerbe von 18,6% stattgefunden hat, siehe Abbildung 3.

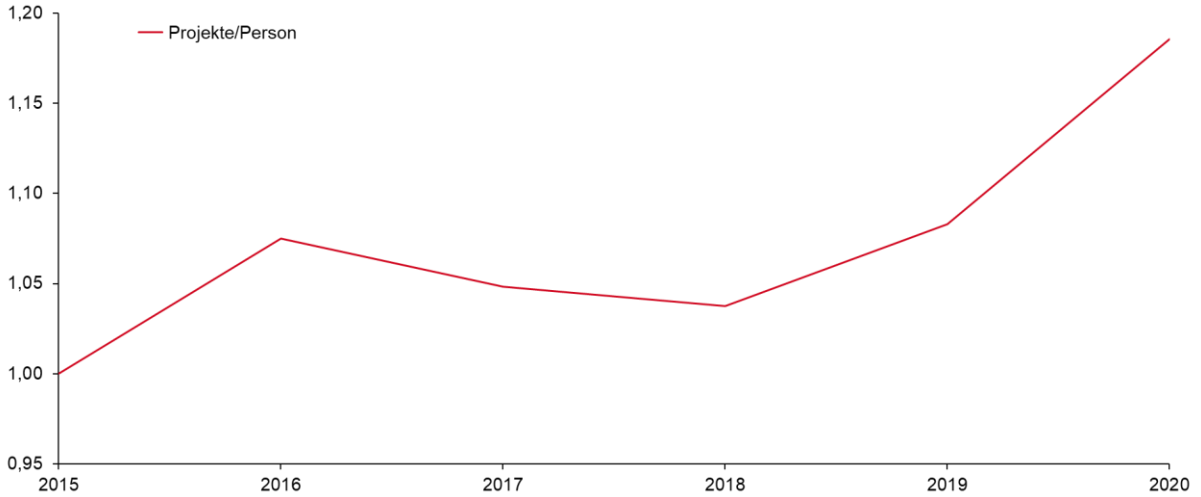


Abbildung 3: Entwicklung der Holzbau Projekte je beschäftigter Person im Zimmerer- und Holzbaugewerbe

Neben Nachwuchsgewinnung und Halten von Fachkräften, müssen die Zimmereibetriebe in ihren betrieblichen Abläufen mögliche Produktivitätssteigerungen identifizieren und umsetzen.

3. Der digitale Bruch

Das Baugewerbe bildet weiterhin das Schlusslicht im Digitalisierungsvergleich. In 2020/2021 lagen alle anderen Branchen bei einem höheren Digitalisierungsindex, Vorreiter hierbei die Banken- und Versicherungsbranche [5].

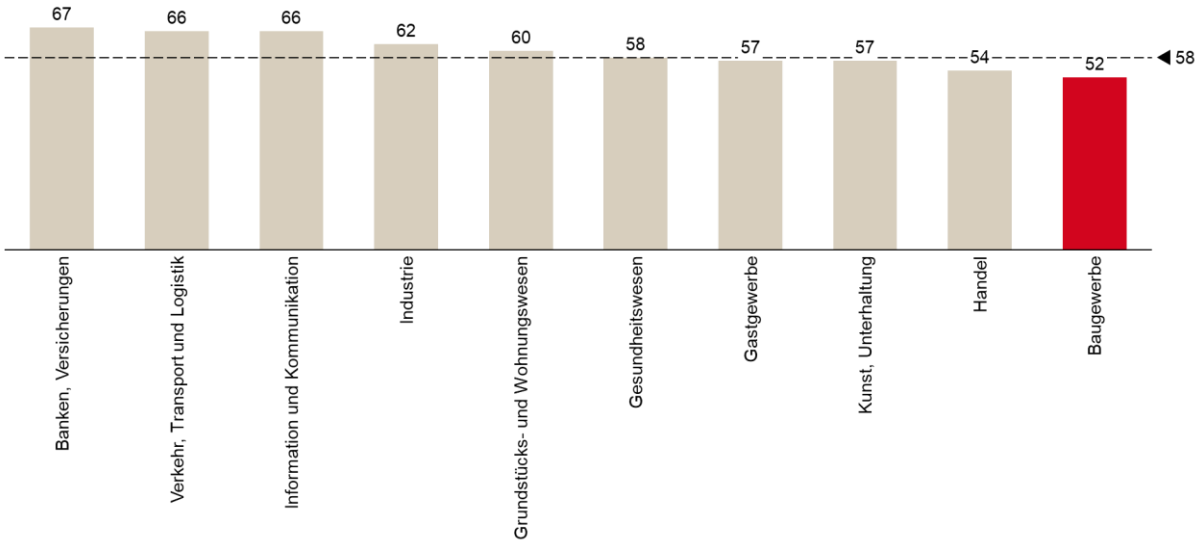


Abbildung 4: Digitalisierungsindex 2020/2021 Branchenvergleich [5]

In der Zimmerei- und Holzbaugewerbe ist der Digitalisierungsgrad sicherlich deutlich höher als in anderen Baugewerben. Die meisten Zimmerei- und Holzbaubetriebe arbeiten mit vielfältigen, digitalen Prozessen. Diese digitalen Prozesse, wie Konstruieren, Visualisieren im CAD, Planerstellung von Konstruktions- oder Einreichplänen, Verladeplanung, sind jedoch Größtenteils in der Planung und Arbeitsvorbereitung anzutreffen. Nur wenige Prozesse binden das Baustellengeschehen in digitale Prozesse mit ein. Beispiele wären Field to BIM Prozesse wie Scanner Aufmaß nehmen.

Es kommt daher im Regelfall zum «digitalen Bruch» auf der Baustelle. Ab der Baustelle dominieren manuelle Prozesse. Daten und Wissen aus dem digitalen Gebäudemodell werden kaum wertbringend auf die Baustelle übertragen. Das Beispiel des ausgedruckten Bauplanes zum Ablesen und Kontrollieren von Baumaßen ist sicherlich das geläufigste Beispiel, siehe Abbildung 5.

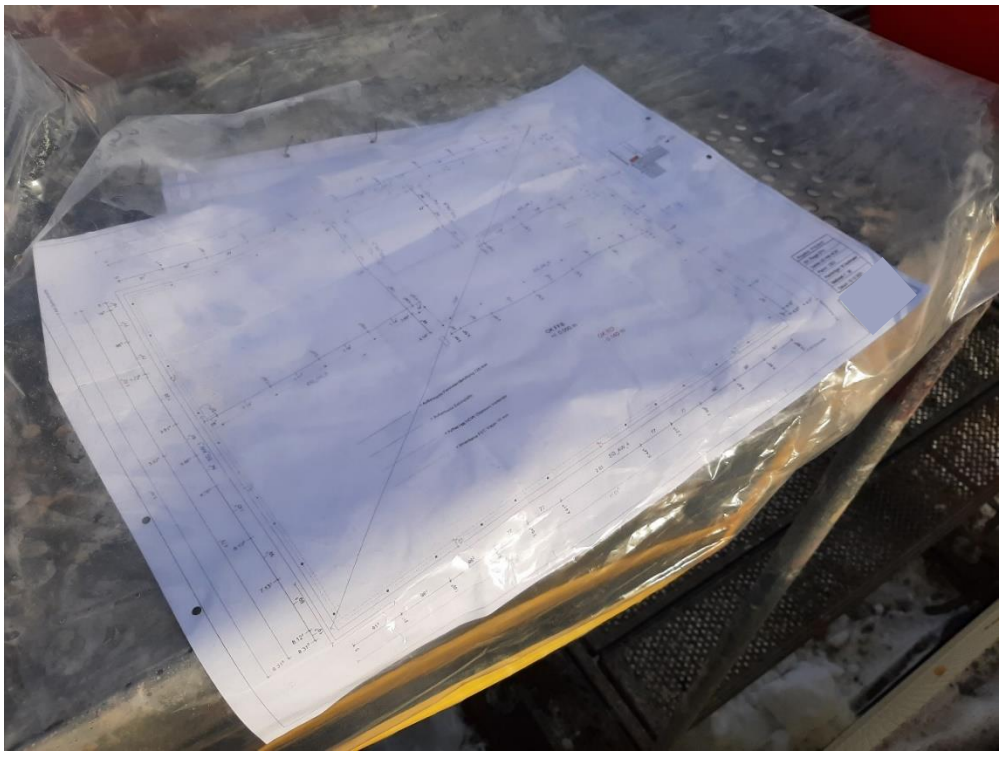


Abbildung 5: Der digitale Bruch auf der Baustelle am Beispiel des ausgedruckten Bauplanes

4. Verbindungsmittel als digitales Bindeglied zwischen Planung und Baustelle

Im Holzbau finden eine Vielzahl an Verbindungsmitteln Verwendung. Sobald die Verbindungsmittel eine Holzbearbeitung im Abbund erforderlich machen, werden diese im digitalen Planungsprozess integriert. Verdeckte Schwalbenschwanzverbinder, verdeckte Balkenträger oder Haupt-/Nebenträger sind typische Verbindungsmittel, die eine weiterführende Bearbeitung erforderlich machen. Neben einem Informationsfluss an den Abbund (Computer aided manufacturing, CAM), können Informationen zum Verbindungsmittel in Stücklisten zusammengefasst werden und damit zum Beispiel digitale Angebots- und Bestellprozesse bedienen. Eine Informationsweitergabe an die Baustelle erfolgt üblicherweise nicht.

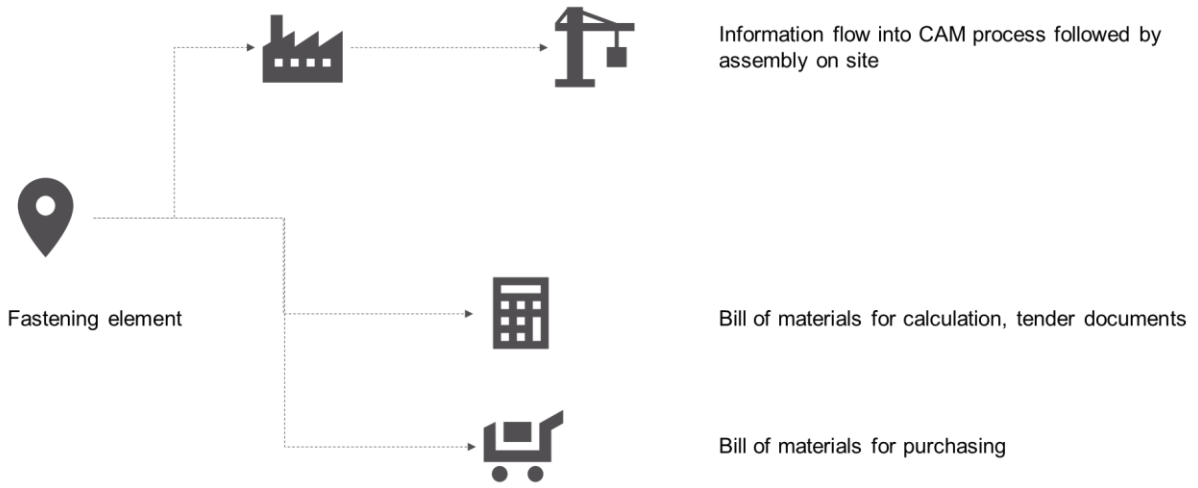


Abbildung 6: Informationsfluss bei traditionellen Verbindungsmitteln

Bei modernen Verbindungsmitteln wie dem Hilti Holzverbinder HCW erfolgt eine zusätzliche Informationsweitergabe der Verbindungsmittelposition auch an digitale Messgeräte, die diese Informationen dann auf die Baustelle übertragen können.

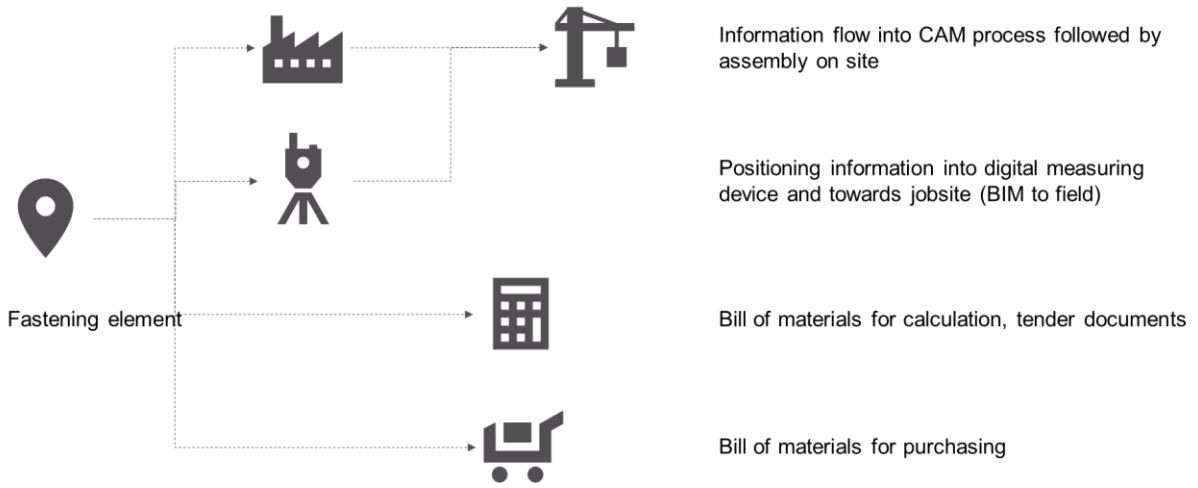


Abbildung 7: Informationsfluss bei modernen Verbindungsmitteln

Durch die Digitalisierung der Verbindungsmittelinformationen kann die Produktivität als auch die Qualität auf der Baustelle deutlich gesteigert werden. Dank digitaler Messtechnik reduzieren sich Fehlerquellen wie Übertragungsfehler aus einem analogen Bauplan oder Messfehler durch manuelles Einmessen.

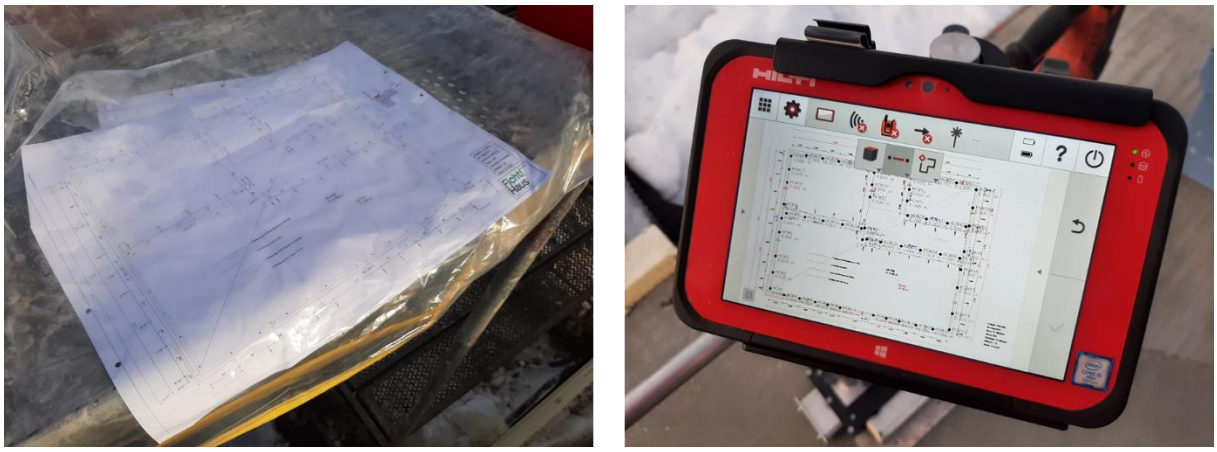


Abbildung 8: Gegenüberstellung klassischer und digitaler Datengrundlage für das Einmessen

5. Prozesskette Hilti Holzverbinder HCW

Am Beispiel des Hilti Holzverbinder HCW soll der gesamte Ausführungsprozess beleuchtet werden und Gemeinsamkeiten als auch Veränderungen gegenüber klassischen Verbindungsmitteln aufgezeigt werden.

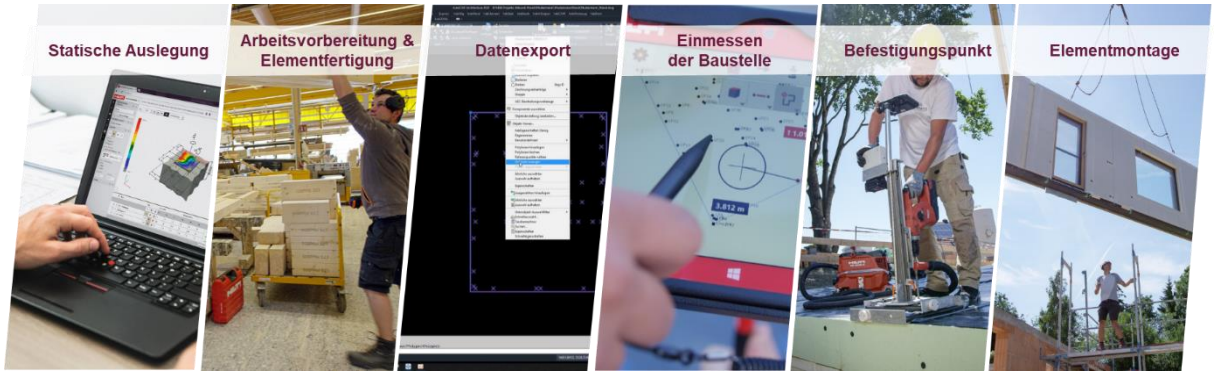


Abbildung 9: Die Hilti Holzverbinder HCW Anwendungskette

5.1. Statische Auslegung

Die statische Auslegung erfolgt analog zum bisherigen Vorgehen. Basierend auf den Gebäudelasten werden die Anzahl und Verteilung der Verbindungsmittel definiert. Die statische Auslegung kann durch digitale Berechnungsprogramme wie Hilti Profis Engineering oder Ing-Tools unterstützt werden.

5.2. Arbeitsvorbereitung & Elementfertigung

In der Arbeitsvorbereitung werden die Ergebnisse der statischen Auslegung in das Gebäudemodell überführt. Die korrekte Anzahl an Verbindern wird in den üblichen CAD Programmen wie SEMA, HSBCAD, Dietrich's oder CADwork aus den Stammdaten in die jeweiligen Holzelemente integriert. Durch Routinen werden die erforderlichen Informationen wie Bohrlochgröße oder -positionierung erstellt. Die einzelnen Verbindungsmittel bzw. -punkte können für eine bessere Nachverfolgbarkeit gekennzeichnet und durchnummeriert werden.
In der Elementfertigung kann nun an der Abbund Station der HCW Verbinder in die Schwelle eingedreht werden. Der Zuganker HCW L wird zusätzlich am Stiel vernagelt. Während Verbindungsmittel wie Balkenschuhe nicht in der Elementfertigung integriert werden, ist zum Beispiel die Montage von versteckten Verbindern auch heute schon Alltag in der Elementfertigung. Eine Änderung des Materialflusses ist aufgrund des HCWs nicht erforderlich.
Die Arbeitsvorbereitung als auch die Elementfertigung laufen somit fast analog zum Arbeiten mit klassischen Verbindungsmitteln.

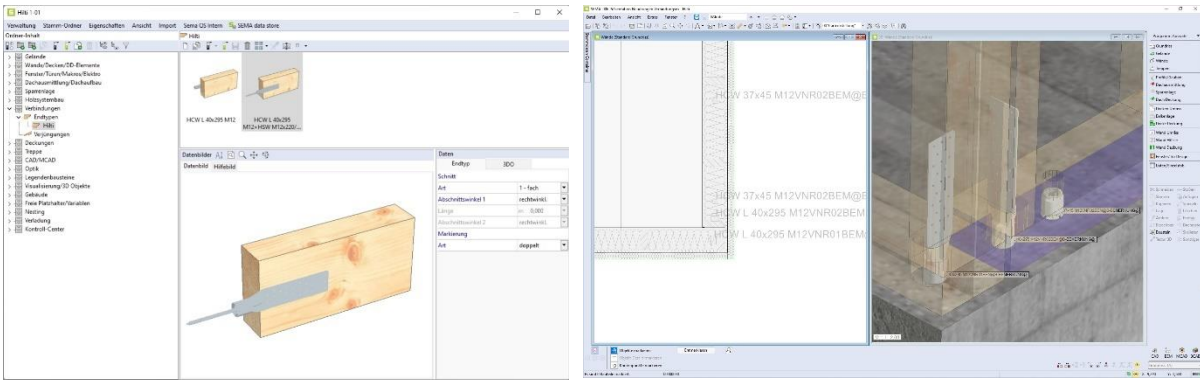


Abbildung 10: Stammdaten und Einbindung des Verbindungsmittel in der Arbeitsvorbereitung in SEMA

5.3. Datenexport

Neben den Informationen an den Abbund fließen noch die Positionsinformationen der Verbindungsmittel in die digitale Messtechnik. Über die CAD Programme wird ein digitaler Verankerungs- oder Richtschwellenplan generiert, der im .dxf oder .dwg Format eingelesen wird.

5.4. Einmessen der Baustelle

Beim Einmessen der Baustelle erfolgen mehrere Arbeiten. Durch das Einmessen wird die Qualität der Betonarbeiten in Bezug auf Lage- als auch Höhentoleranzen aufgenommen. Das Einmessen bringt dann die digitale Planung in Einklang mit der Bausituation vor Ort, in dem die Messpunkte auf die Bodenplatte übertragen werden. Kritische Details wie Kellerloch werden hierbei fehlerfrei berücksichtigt.
Für das Einmessen wird der Tachimeter neben der Bodenplatte positioniert und entlang der Betonplattenkanten ausgerichtet. Die Verbindungspunkte werden via Tablet ausgewählt und angefahren. Die Bohrungspunkte können nun gekennzeichnet oder unmittelbar gebohrt werden.
Das Einmessen ist auch üblicher Bestandteil eines jeden Holzbauprojektes. Durch die Digitalisierung kann jedoch der Arbeitsaufwand deutlich reduziert und direkt mit der Vorbereitung der Bodenplatte kombiniert werden.

Abbildung 11: Verbindungspunkte auf dem Tablet und Anfahren der Bohrungspunkte

5.5. Befestigungspunkt

Die Bohrungen für die chemischen oder mechanischen Anker, z.B. Hilti HST3 müssen gerade in der Bodenplatte ausgeführt werden. Der Befestigungspunkt ist somit Grundlage für eine korrekte Positionierung als auch Nivellierung der Holzelemente.

Abbildung 12: Anfahren und Bohren des Befestigungspunktes sowie Einstecken des mechanischen Dübels

Die Nivellierung erfordert eine Ausrichtung einer zweiten Mutter in Abhängigkeit vom höchsten Punkt auf der Bodenplatte. Jeder Befestigungspunkt wird angefahren und eingestellt, siehe Abbildung 13. Die Mutter wird mit Schraubensicherung arretiert.

Abbildung 13: Nivellierung der Befestigungspunkte über zweite Mutter und Referenzpunkt

Beide Arbeitsschritte erfolgen im Einmannbetrieb zeitlich getrennt von der Elementmontage und ersetzen übliche Arbeitsweisen mit Richtschwellen oder Winkelmontage. Eingeübtes Personal kann ein Einfamilienhaus innerhalb eines halben Tages einmessen und einrichten (Aufwand: 0,5 Manntage). Vergleichbare Arbeit mit Richtschwellen erfordert laut Kundenrückmeldungen 4 Manntage.

5.6. Elementmontage

Die Elementmontage kann zeitlich versetzt erfolgen. Die Arbeiten können unmittelbar mit dem ersten Kranhub beginnen. Da die Elemente nur noch einrasten, entfallen parallele Befestigungsarbeiten wie sie zum Beispiel bei der Winkelbefestigung erforderlich sind. Mit dem Hilti Holzverbinder HCW sind Taktzeiten von 8 Minuten je Element durch Kunden bestätigt.

Abbildung 14: Absetzen eines Wandelementes auf die vorbereitete Bodenplatte

6. Vergleich der Abläufe

Die Planungs- und Fertigungsabläufe sind identisch zu klassischen Verbindungsmitteln und stellen daher keine große Anforderung an Änderungen der betrieblichen Abläufe. Das Entkoppeln der Baustelleneinmessung und -vorbereitung ist eine deutliche Veränderung zum bisherigen Vorgehen. Die Montageabläufe ändern sich so weit, dass vorherige Arbeitsschritte wie Winkelbefestigung oder Abkleben von Winkeln komplett entfallen können. Eine genauere Kranführung und Kontrolle des Herablassens ist beim Hilti Holzverbinder HCW empfehlenswert.
Je nach Betriebsgröße und der vorherigen Bauprozesse sind unterschiedliche Einsparungspotentiale durch eine Digitalisierung des Befestigungsmittel möglich. Eingeübte Kunden haben 30% Produktivitätsgewinn erarbeiten können.

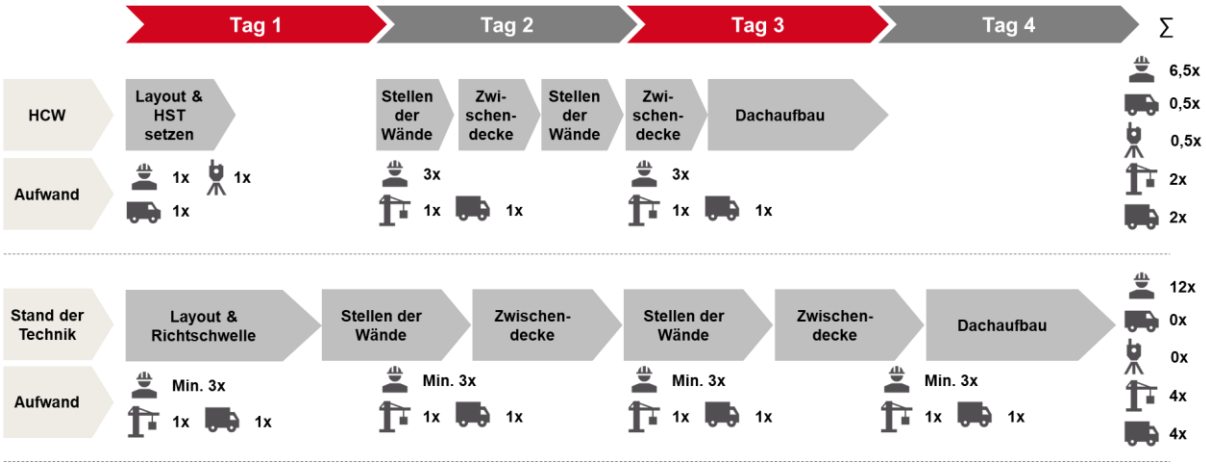


Abbildung 15: Beispielhafte Gegenüberstellung zwischen klassischen und modernen Verbindungsmitteln

7. Zusammenfassung

Moderne Verbindungsmittel wie der Hilti Holzverbinder HCW können als Bindeglied zwischen der digitalen Planung und der digitalen Baustelle dienen. Während sich die meisten grundlegenden Arbeitsschritte kaum verändern, wird das digitale Einmessen der Baustelle zeitlich von der Elementmontage getrennt und erfährt einen deutlichen Produktivitäts- und Qualitätsgewinn. Der HCW kann in der Elementmontage Aufwandseinsparungen von bis zu 30% realisieren.

8. Literatur

[1] «Mehr Fortschritt wagen, Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit», Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP)

[2] https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/buerokratieabbau/wohnungsbau-bundesregierung-2006224, Stand 28.04.2022

[3] «Lagebericht 2021» Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Stand Mai 2021

[4] «Die Deutschen bauen mehr Fertighäuser – vor allem in der Südhälfte und in Berlin», Pressemitteilung des Bundesverband Deutscher Fertigbau, 18.04.2022

[5] «Digitalisierungsindex Mittelstand 2020/2021 Der digitale Status quo des deutschen Mittelstands», Deutsche Telekom, Dezember 2020

Kooperationen bei Großprojekten – Zusammenarbeit, die Chance für KMU

Gerd Prause
Prause Holzbauplanung
Lindlar, Deutschland

Kooperationen bei Großprojekten – Zusammenarbeit, die Chance für KMU

1. Einleitung

Bauen und Wohnen verursachen 40 Prozent des CO_2-Ausstoßes in Deutschland. Vor diesem Hintergrund rücken von der Politik vorgegebene Klimaschutzziele, aber auch der in der Bevölkerung wachsende Nachhaltigkeitsgedanke klimaverträglichere Lösungen für Wohn- und Gewerbebauten immer stärker in den Fokus.

Nicht nur Regierungen und einzelne Behörden, auch Investoren und Projektentwickler, Baugenossenschaften und private Bauherren, Universitäten und Forschungsinstitute und nicht zuletzt Architekten und Ingenieure setzen sich bewusst mit ökologischeren Wegen der Gebäudeerstellung und des Gebäudebetriebs auseinander.

Dies hat dazu geführt, dass das Interesse für Holz als Baumaterial in den letzten Jahren sehr stark gestiegen ist. Zudem sind viele der aktuell in Planung befindlichen Gebäude um ein Vielfaches größer, als es in den letzten Jahren im Holzbau üblich war.

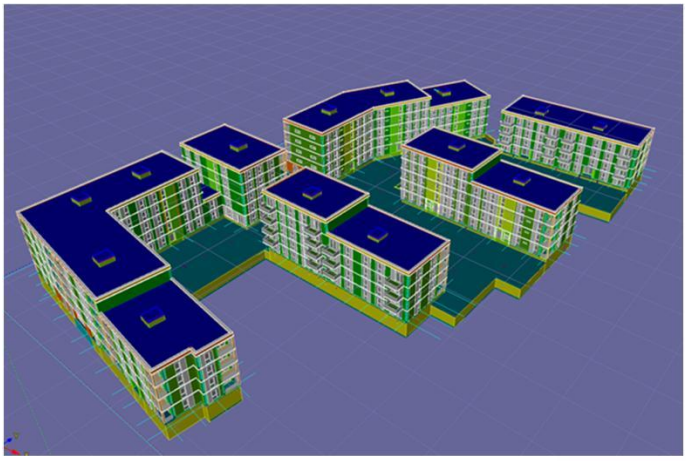
Die Anzahl und auch die Größe der Holzbaubetriebe ist hingegen nicht in selbem Maße gewachsen. Um die großen Projekte umsetzen zu können, bedarf es daher in vielen Fällen einer verstärkten Zusammenarbeit von Holzbaubetrieben, Planern und Zulieferern.

2. Was sind Großprojekte im Holzbau?

Eine eindeutige, für alle Beteiligten gültige Definition für Großprojekte, ist nicht möglich. Es gibt viele Faktoren, die in die Betrachtung einfließen.

2.1. Die Definition ist:

- abhängig von der Größe des Bauvorhabens. (Kosten in Millionen).
- abhängig vom Leistungsumfang des Holzbauunternehmens für das Gebäude. Eine Umfrage beim Deutschen Holzfertigbau-Verband ergab, dass für Betriebe bis 200 Mitarbeiter oder Kooperationen in dieser Größe Gebäude bis etwa 10 Millionen Euro Auftragssumme als Generalunternehmer interessant sind. Ab einer Auftragssumme über mehr als 10 Millionen Euro sollte die Vergabe in drei Gewerke aufgeteilt werden: Tiefbau und Betonbau, die geschlossene Hülle (Holzbau, Fenster und Türen, Dachabdichtung) sowie die Ausbaugewerke.
- abhängig von der Größe der Holzbaubetriebe (10/30/50/100/> 200 Mitarbeiter).
- abhängig von der Komplexität des jeweiligen Projekts (Turnhalle bis Krankenhaus) und damit abhängig von der Anzahl der Fachplaner.
- abhängig vom Aufwand der Arbeitsvorbereitung und der Fertigungskomplexität.
- abhängig von der Möglichkeit, Halbfertigteile von der Industrie zuzukaufen und diese lediglich zu montieren und nicht zu fertigen.
- abhängig vom Bauzeitenplan. Bei mehreren, über mehrere Jahre verteilte Losen können auch kleinere Betriebe große Projekte umsetzen.
- abhängig von der Liquidität der Unternehmen, da bei Großprojekten in der Regel viel vorfinanziert werden muss.



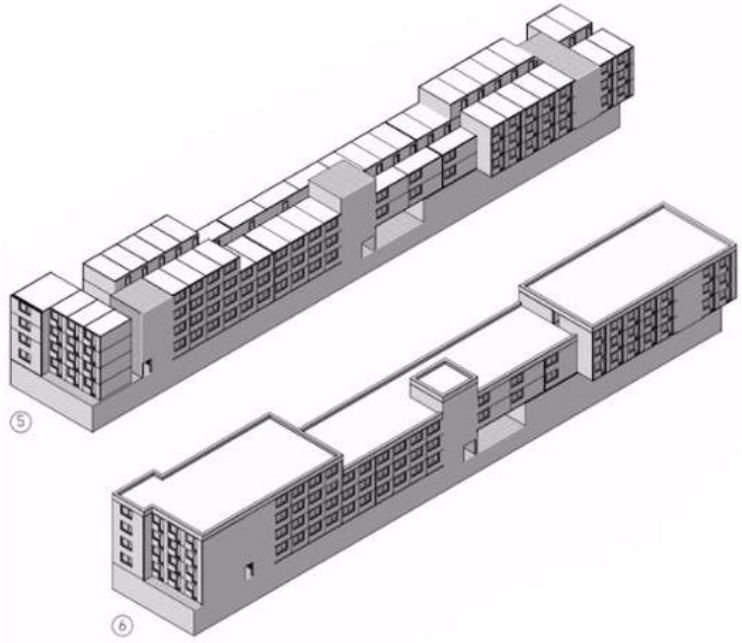


Abbildung 1: Beispiele für Großprojekte, Quelle: Astoc Architekten Köln + Weiss Architekten, Eichstätt

3. Was ist Kooperation?

«Kooperation ist das zweckgerichtete Zusammenwirken zweier oder mehrerer Lebewesen, Personen oder Systeme mit gemeinschaftlichen Zielen.» Quelle: Wikipedia

«Unter einer Kooperation versteht man die überbetriebliche Zusammenarbeit auf klar definierten Kooperationsfeldern zwischen gleichberechtigten Partnern zu deren gemeinsamen wirtschaftlichen Nutzen.» Quelle: handwerk-info.de

Die zweite Definition ist durch das «gleichberechtigt» zu eng gefasst: Wenn Bauherr*innen das Bauvorhaben an einen Holzbaubetrieb vergeben, kann dieser mit anderen Holzbaubetrieben und auch Planern und Herstellern kooperieren. So wird er als Generalauftragnehmer Auftraggeber für seine Nachunternehmer. Dies kann und sollte auf Augenhöhe geschehen.

Abbildung 2: Die beteiligten Arbeitsschritte und mögliche Beteiligte eines Gebäudes in Holzbauweise, Quelle: Prause Holzbauplanung

Der Grad einer Kooperation kann von der lockeren Absprache bis zur strengen, vertraglich fixierten Regelung reichen. Hier sind sämtliche Abstufungen möglich und je nach Auftrag auch machbar.

Kooperationen können sich sowohl über einen kurzen bzw. längeren Zeitraum (projekt-bezogen) erstrecken oder auf unbestimmte Zeit erfolgen. Sie können sich auf einzelne Unternehmensbereiche auswirken, aber auch so gestaltet sein, dass sie alle Mitarbeiter eines Unternehmens und alle Unternehmensbereiche betreffen.

4. Warum Kooperation?

Nicht wenige Holzbauprojekte haben inzwischen so große Dimensionen angenommen, dass es selbst für die meisten großen Holzbaubetriebe unmöglich geworden ist, diese allein abzuwickeln!

Eine Studie von S&B Strategy besagt, dass sich der Anteil der Bauvorhaben mit bis 10 Millionen Euro Kosten in etwa zehn Jahren verdoppeln wird, während und der Anteil der Einfamilienhäuser stark rückläufig sein wird. Die Nachfrage verändert sich!

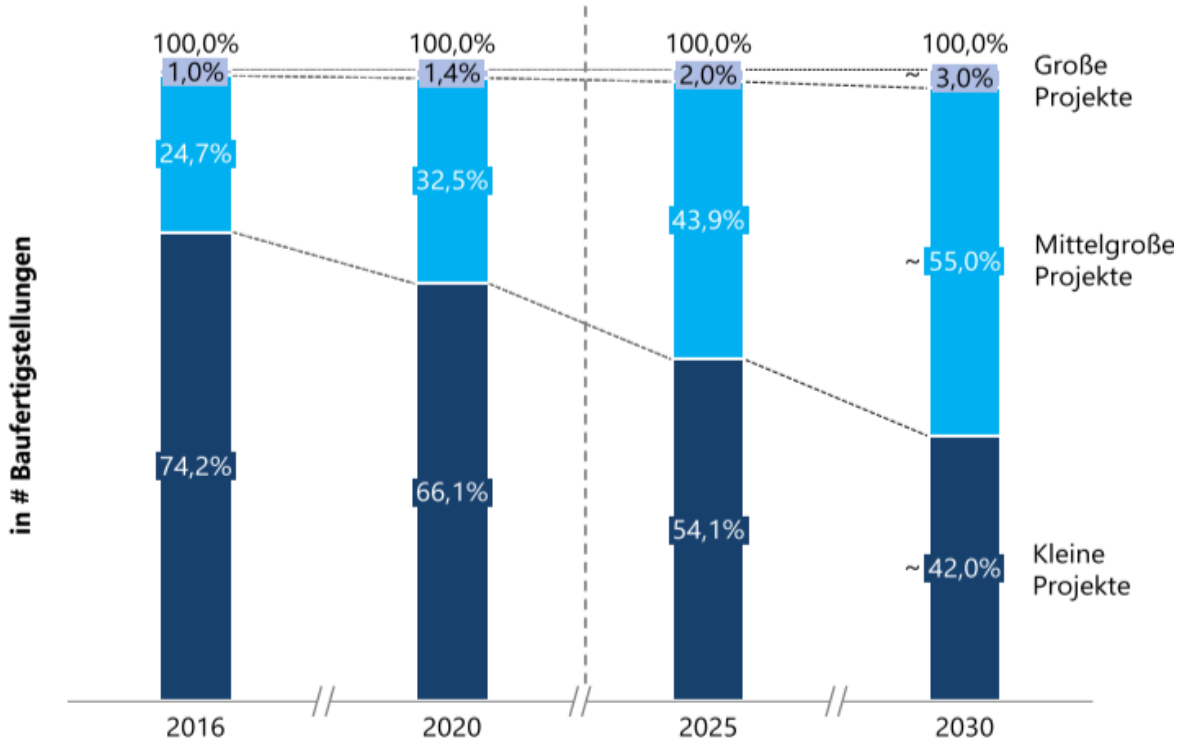


Abbildung 3: Transformation oder Abstellgleis – wie wird 2030 gebaut? Quelle: S&B Strategy

4.1. Kooperation ist notwendig

- wegen der Größe der Aufgabe.
- wegen des Bündelns von unterschiedlichem Wissen, das für die optimale Ausführung eines Bauvorhabens notwendig ist.
- um die zunehmende Komplexität zu bewältigen.
- wegen des Fachkräftemangels.
- um die Einkaufsmacht jedes einzelnen Betriebs zu erhöhen, indem mehrere Betriebe ihre Aufträge bündeln
- wegen des Wiederholungseffekts der seriellen Bauweise.

4.2. Chancen für Kooperationen

Die Umsetzung im Holzbau besteht aus mehreren Schritten. Diese Schritte lassen sich gut aufteilen:

- Aufmaß
- Arbeitsvorbereitung (aus einer Hand!)
- Zuschnitt
- Fertigung
- Montage

4.3. Voraussetzungen für Kooperationen

Damit eine Kooperation das jeweilige Projekt erfolgreich abwickeln kann, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein:

- Vertrauen
- Ehrlichkeit
- Freiwilligkeit
- Gerechtigkeit: zum Vorteil für alle

4.4. Bei Kooperationen zu beachten

Bei Kooperationen gibt es eine Reihe von verschiedenen Gesichtspunkten und Anforderungen zu beachten. Dazu gehören:

- die Wahl der Vertragsform (Nachunternehmer, ARGE, GmbH…)
- die Haftungsfrage
- Wirtschaftlichkeit und Sicherheiten
- Bei jeder Kooperation muss es einen Ansprechpartner geben, der die Kooperation stellvertretend für alle daran beteiligte Unternehmen gegenüber den Bauherr*innen vertritt
- Jeder Partner der Kooperation muss einen verlässlichen Ansprechpartner benennen, der ihn innerhalb der Kooperation vertritt
- In einer Kooperation müssen Regeln und Schnittstellen definiert sein, die für alle gültig sind!

	Aufgabe	Auftrag-geber	AV (Externer)	Auftrag-nehmer (Fertigung)	Auftrag-nehmer (Aufstellen)
Phase 2 Grundlagen	Erstellung des Leistungsverzeichnisse • Mit umfassender Ortsbeschreibung für die Anlieferung • Leistungsumfang festlegen • Materialcheckliste (Element-Datenblatt) • Bemusterung , Ausstattung • Checklisten vertraglich vereinbaren • Zahlungsplan innerhalb der Kooperationspartner	Verantwortung			
	Auftragsvergabe	V.	Z.	Z.	Z.
	Bauablaufplan / Terminplanung mit Bauherrn schriftl. fixieren • Ablaufplan (Absprache mit den Beteiligten) • Terminierung Phasen 2 + 3 + 4 • Abhängigkeiten (Listen, Freigaben, Lieferung, etc.) • Liefertermin Elemente • Richttermin • Zahlungsplan / Finanzierung gesichert mit Bauherrn • Fertigstellungsdatum	Verantwortung	Zustimmung	Zustimmung	Zustimmung
	Grundlagenpläne (Architekten Pläne) - Checkliste • Baugenehmigung (1:100) • Grundrisse (1:50) • Ansichten (1:50) • Schnitte (1:50) • Ausführungsplanung (HOAI - LPH 5) Details (1:5/10/20/25) – wenn vom Planer vorgegeben	Verantwortung	Abstimmung	Abstimmung	Information

Abbildung 4: Schnittstellen und Aufgaben bei Kooperationen zwischen 81fünf Partnern, Quelle: 81 fünf AG

5. Kooperationsbeispiele

5.1. Einige Beispiele aus dem Netzwerk der 81fünf AG

- Zwei Holzbaubetriebe gründen eine neue GmbH, um gemeinsam 27 Reihenhäuser zu erstellen. Sie selbst fungieren als Bauträger und vergeben Nachunternehmeraufträge an Architekten und Tragwerksplaner aus dem Netzwerk.
- Ein Holzbaubetrieb hat den Auftrag zur Erstellung eines schlüsselfertigen mehrgruppigen Kindergartens übernommen. Er kooperiert mit einem Büro, das die Arbeitsvorbereitung übernimmt, und einem Holzbaubetrieb, der die Montage übernimmt. Die Fertigung erfolgt im ersten Betrieb.
- Ein Holzbaubetrieb hat den Auftrag für zehn Flüchtlingsheime übernommen. Zwei andere Holzbaubetriebe fertigen die Wand- und Dachelemente dafür.
- Ein Holzbaubetrieb und ein Planungsbüro erwerben und nutzen gemeinsam Tachymeter und Laserscanner für digitale Aufmaße.
- Vier Architekturbüros entwickeln gemeinsam die Holzbau-Vorlagedateien für ihr Architekturprogramm.

Weitere Kooperationen als gemeinsame GmbH oder ARGE stellen folgende Beispiele dar:

Abbildung 5: Beispiele für Kooperationen, Quelle: Arge BBS, IETC, HOLZUNION

Kooperationen zwischen Architekten, Tragwerks-, TGA- und Holzbauplanern gibt es auch im Holzbau.

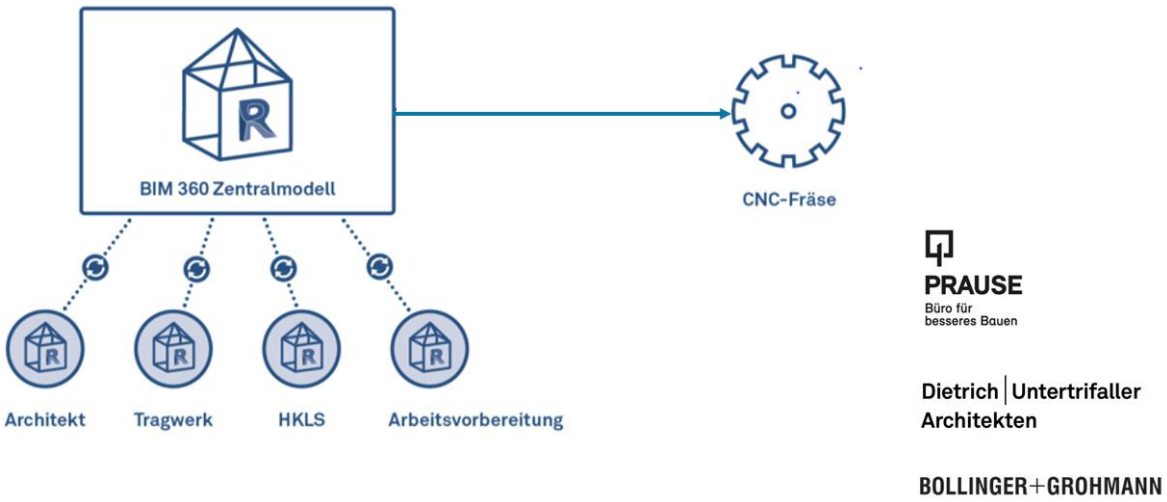


Abbildung 6: Gemeinsames Auftreten als Generalplaner im Holzbau – Quelle: Dietrich l Untertrifaller

6. Fazit

Kooperationen machen, unter der Beachtung einiger Regeln, grundsätzlich Sinn. Im Holzbau sind sie wegen des immensen Wachstums des Marktes und der Größe der Bauvorhaben notwendig. Wegen des Rückgangs des Einfamilienhausbedarfs sind Kooperationen auch eine große Chance für kleine und mittlere Holzbaubetriebe. Ihnen eröffnen sie Möglichkeiten, neue Marktanteile zu gewinnen und neue Aufgaben zu erhalten.

Block B3

Schraub- und Klebetechnik im modernen Holz(haus)bau

Verklebung als Verbund für Holz-Beton-Deckensysteme

Volker Schmid
Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland

Melf Sutter
Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland

Verklebung als Verbund für Holz-Beton-Deckensysteme

1. Holz Beton-Verbund im Geschossbau

Der Holzbau findet immer mehr Einzug in den urbanen, verdichteten Raum. Durch das Stapeln bzw. das dichte Zusammenführen unterschiedlicher Nutzungseinheiten wachsen auch die Anforderungen an Geschossdecken, insbesondere hinsichtlich des Schall- und Brandschutzes. Die Holz-Beton-Verbund-Decke bietet darauf mit seiner verhältnismäßig schweren mineralischen Deckschicht eine einfache Antwort. Durch den klugen Einsatz der beiden Verbundpartner sind Spannweiten möglich, die in reiner Holzbauweise nur mit einer großen Bauteilhöhe möglich sind und meist aus Gründen der geringen Wirtschaftlichkeit ausgeschlossen werden. Mit Spannweiten von 8,10 Metern und mehr werden Nutzungsarten über das Wohnen hinaus erschlossen und übliche Raster der Bildungs- und Bürobauten bedient. Die Stahlbetonplattendicken in HBV-Decken von meist 10-12 cm ergeben Deckenmassen und -steifigkeiten, mit denen die bemessungsrelevanten Verformungs-, Schwingungs- und Schallschutznachweise gut einzuhalten sind. Die Holz-Beton-Verbundbauweise ist mittlerweile Stand der Technik.

Derzeit kommen eine Vielzahl unterschiedlicher Verbindungssysteme und Herstellungsmethoden zum Einsatz. Während zum Beispiel komplett vorgefertigte HBV-Elemente aufgrund ihres Gewichts einen hohen Transportaufwand bedeuten, sind dabei Montagezeiten deutlich reduziert. Lösungen mit bauseitiger Ortbetonergänzung nutzen regionale Rohstoffvorkommen, haben aber die üblichen Beton Aushärtezeiten im Bauprozess zur Folge. Zudem ist in allen Fällen der Witterungsschutz der empfindlichen Holzbauteile zu lösen.

Es gibt Optimierungspotential u.a. in der Herstellung, der Technologie und den Kosten, mit dem sich Holzbauer und Forscher oft gemeinsam auseinandersetzen. Die Weiterentwicklung der Klebetechnik ist nach Ansicht der Verfasser besonders interessant, da sie eine quasi starre und damit hocheffiziente Verbindung ergibt, die vergleichsweise schnell und preiswert herstellbar ist. Die folgenden Ausführungen geben daher zunächst einen Überblick der Entwicklungen geklebter Holz-Beton-Verbund-Lösungen und stellen dann erste Forschungsergebnisse eines neuartigen Verbundes vor, der an der TU Berlin zusammen mit der Firma Lignotrend entwickelt wurde. Die sogenannte Granulatsplittverklebung konnte bereits erfolgreich in einem ersten Pilotprojekt in der Schweiz auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden, welches ebenfalls Gegenstand dieses Beitrags ist.

2. Forschungstätigkeiten zur Verklebung im HBV

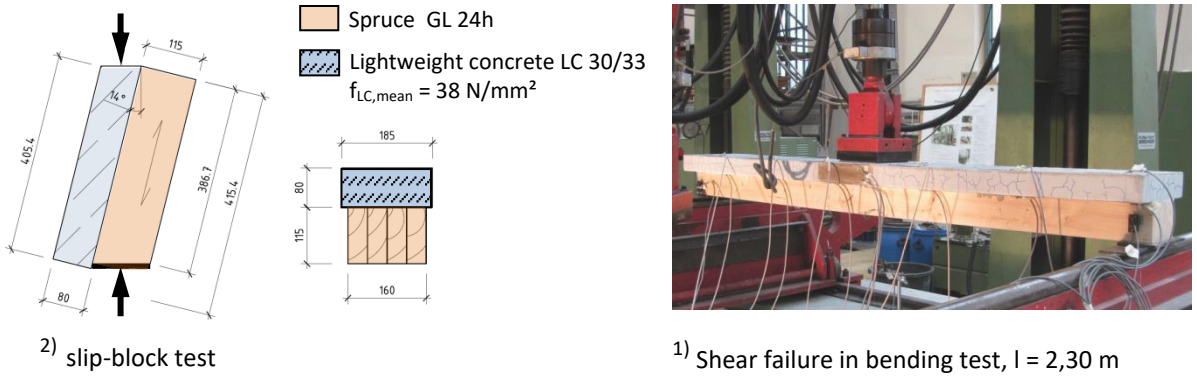
2.1. Klebetechnologie «nass-in-nass»

In dem von Rhomberg Bau initiierten, multidisziplinären Forschungsprojekt LifeCycle Tower wurde schon 2009 von Hermann Kaufmann Architekten und Arup Berlin das HBV-Fertigteil-Deckensystem entwickelt, das 2011 im LCT1 in Dornbirn umgesetzt und heute von CREE weiterbetrieben wird. In diesem Zusammenhang entstand an der TU-Berlin die Idee, das Transportgewicht der ca. 8m spannenden und ca. 2,1 m breiten HBV-Fertigteile durch den Einsatz von Leichtbeton zu reduzieren, um so anstatt zwei nun drei FT-Elemente pro LKW transportieren zu können. Schnell stellte sich heraus, dass für die Verbindung der Leichtbetonplatte mit den Holzträgern die üblichen Schrauben oder Kerven wenig effizient sind. Insbesondere Schrauben werden frühzeitig aus dem Leichtbeton herausgezogen, da die porösen Leichtbetonzuschläge unter der Beanspruchung unterhalb der Schraubenköpfe zerbröseln. Die Schubkraftübertragung zwischen Holz und Beton muss deshalb für Leichtbeton möglichst gleichmäßig und ohne Beanspruchungsspitzen erfolgen.

In dieser Zeit erhielt die TU-Berlin von einem Forschungspartner, der ABP Polymertechnologie, den Hinweis, dass ihr 2K-Epoxidharz-Klebstoff u.a. eingesetzt wird um Industrieestriche kraftschlüssig mit der darunterliegenden Ortbetonplatte zu verkleben. Dazu wird das 2K-Epoxidharz auf die Betonrohdecke aufgebracht und noch während das Harz nass ist, wird der Estrichbeton direkt darauf gegossen.

Das LCT-Projekt wurde zwar weiterhin erfolgreich mit Normalbetonen vorangetrieben, doch an der TU-Berlin starteten diese Überlegungen ein Forschungsprojekt zur nass-in-nass Verklebung von Holz-Leichtbeton Verbundträgern (HLBV). Ein geeigneter Leichtbeton LC 30/33 mit der Wichte γ = 18 kN/m³ wurde entwickelt. Entscheidend war dabei, dass die Betonmischung eine möglichst hohe Zugfestigkeit erreicht, da die Schubtragfähigkeit von unbewehrtem Beton direkt von seiner Zugfestigkeit abhängt und nur indirekt von seiner Druckfestigkeit. Zusätzliche Längs- und/oder Querdruckbeanspruchungen erhöhen die Schubtragfähigkeit des Betons schnell auf das Doppelte oder Dreifache, während sie durch Längs- oder Querzug deutlich reduziert wird.

Die Tragfähigkeiten des nass-in-nass verklebten HLBV wurden zunächst im kleinen Maßstab mit Slip-Block Tests und anschließend mit 2,3 m kurzen Biegebalken untersucht, um ein Schubversagen in der Verbundfuge zu provozieren. Anschließend wurden große HBV-Träger mit praxisgerechten Dimensionen getestet. Wie erwartet versagten diese 5,7 m langen Träger ausschließlich auf Biegezug im Holz, lange bevor die Schubtragfähigkeit in der Fuge erreicht wurde. Im Kleinversuch trat der Bruch fugennah im Beton auf. Die erreichte Schubtragfähigkeit der 2K-Epoxidharz-Verklebung überstieg deutlich die Werte üblicher Verbindungsmittel (Abbildung 1). Sie ist in Abbildung 1 genähert als über die Schubfläche verschmierte, äquivalente mittlere Schubspannung τ_{mean} in N/mm² berechnet.



2) slip-block test

1) Shear failure in bending test, l = 2,30 m

Bonded Connection	**Notches**	**Screws**
2 mm Epoxi **leight-weight concrete LC 30/33**	normal-weight concrete	4 pairs of screws normal-weight concrete
τ_{mean} = 2,6 [1] - 5,4 [2] $\frac{N}{mm^2}$	τ_{mean} = 1,3 – 1,9 $\frac{N}{mm^2}$	τ_{mean} = 0,7 – 1,5 $\frac{N}{mm^2}$

Abbildung 1: Schubtragfähigkeiten aus Versuchen an nass-in-nass verklebtem Holz-Leichtbeton Verbund im Vergleich mit Ergebnissen für Holz-Normalbeton Versuche mit Kerven und Schrauben. Tragfähigkeiten ausgedrückt als äquivalente Schubspannungen [N/mm²] im Fugenbereich

Zu beachten ist, dass die im Holzbau üblichen Schub- oder Scherversuche je nach Versuchsaufbau prinzipiell unterschiedlich hohe Schubtragfähigkeiten liefern, mit den höchsten Werten für kleinformatige Scherversuche an kleinen Würfeln. Die hier durchgeführten

Schubversuche ergaben für die Slip-Block-Tests höhere Schubtragfähigkeiten als für die kurzen Balkenversuche, da in der Fuge der Slip-Block-Tests zusätzlich zur Schubbeanspruchung beachtliche Querdruck- und Längsdruckspannungen auftreten. Außerdem war am kurzen Biegebalken nicht auszumachen, ob noch vor dem Schubbruch ein Biegezugversagen an der Balkenunterkante auftrat und damit die Schubtragfähigkeit tatsächlich etwas höher liegen würde.

Gleich zu Beginn unserer Beschäftigung mit geklebten HBV-Decken wurde klar, dass zu diesem Thema zwar nicht viel, aber schon seit langem erfolgreich geforscht wird. Im Prinzip sind dabei zwei Klebeverfahren zu unterscheiden.

Erstens die hier beschriebene nass-in-nass Klebetechnologie, die nach Wissen des Verfassers bisher nur zusammen mit zweikomponentigen Epoxid-Klebern eingesetzt wurde. Übliche 1K oder 2K-PU-Kleber würden infolge der unvermeidbar hohen Betonfeuchte unkontrolliert aufschäumen. Veröffentlicht wurde dazu schon in den 70er Jahren von Pincus in den USA [1], Negrao in Portugal 2004 [2] und vor allem von Brunner in der Schweiz bis 2007 [3] und ab 2014 aus Berlin von Zauft und Schmid [4][5].

2.2. Nachträgliche Verklebung von Fertigteilen

Eine weitere Möglichkeit des Klebverbundes besteht in der nachträglichen Verklebung von Betonfertigteilen mit Holzträgern. Dazu sind prinzipiell verschiedene Klebstoffe vorstellbar. Üblich sind Epoxidharz- oder PU-basierte Klebstoffe, mit einem Vorteil für die 2K-Klebstoffe, da diese in der Regel höhere Festigkeiten erreichen. Diesbezüglich sind die Forschungen von Seim in Kassel mit aufgeklebten Fertigteilplatten aus ultrahochfestem Beton zu erwähnen [6][7]. Hackspiel von der Holzforschung Austria berichtet in [8] von HBV-Decken, die zusätzlich mit einer elastischen Zwischenschicht verklebt werden. Die Zwischenschicht soll die im Hochbau entwurfsrelevanten Schallschutzeigenschaften der Decken verbessern.

Ein Nachteil der bisherigen geklebten HBV-Bauweise sind die hohen Anforderungen an die Umgebungsbedingungen während des Verklebens, wie z.B. Einhaltung des erlaubten Temperaturbereichs, die Schmutzfreiheit und die vergleichsweise kurze Aushärtezeit der Klebstoffe. Bei Versuchen an großformatigen HBV-Platten wurde hier am Fachgebiet die Erfahrung gemacht, dass zur Herstellung einer vollflächigen Verklebung hohe Ansprüche an den Verklebevorgang bestehen. In der Praxis kann deshalb ohne großen Mehraufwand nur im Werk verklebt werden. Andererseits sind das Verkleben und das Bauen mit großen, vorgefertigten Bauteilen im Holzbau üblich und daher qualitätssicher zu bewerkstelligen.

2.3. Neuartige Granulatsplittverklebung

Auf Basis der vielversprechenden Ergebnisse mit verklebten Holz-Leichtbeton Verbundträgern werden an der TU-Berlin aktuell weitere Forschungsprojekte durchgeführt. Dabei werden verschiedene Klebevarianten in Kombination mit Normalbeton untersucht. Normalbeton der Güte C20/25 bis C50/60 erscheint den Verfassern für die Verklebung von Brettschichtholzbalken oder Brettsperrholzplatten für die Praxis am sinnvollsten. Diese Betone sind überall erhältlich und preiswert. Zusätzliche Anforderungen an Decken bezüglich Brandschutz, Schallschutz und die Schwingungsbegrenzung erfordern eher dickere Plattenstärken von ca. 10-12 cm und eine große Masse, die solche Normalbetonplatten umsonst liefern.

Eine neue Variante des geklebten Holz-Beton Verbunds wurde von der TU-Berlin zusammen mit der Firma Lignotrend entwickelt und in einem von der AiF geförderten ZIM-Forschungsprojekt untersucht. Bei dieser sogenannten Granulatsplittverklebung wird zunächst grober Splitt auf die Lignotrend-Deckenfertigteile geklebt und bis zur vollständigen Aushärtung gewartet. Auf die so vorbereiteten Holzelemente wird in einem zweiten Schritt der Frischbeton aufgebracht. Der Frischbeton verzahnt sich dabei mit dem aus der Klebeschicht herausstehenden Splitt und garantiert einen schubstarren, sehr tragfähigen Verbund. Der prinzipielle Aufbau der Verbundfuge ist in Abbildung 2 dargestellt.

a) HBV-Träger

b) Detail Fuge

c) Explosionszeichnung der Verklebung

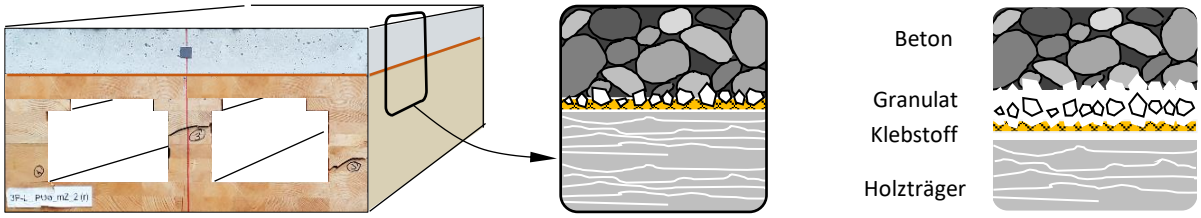


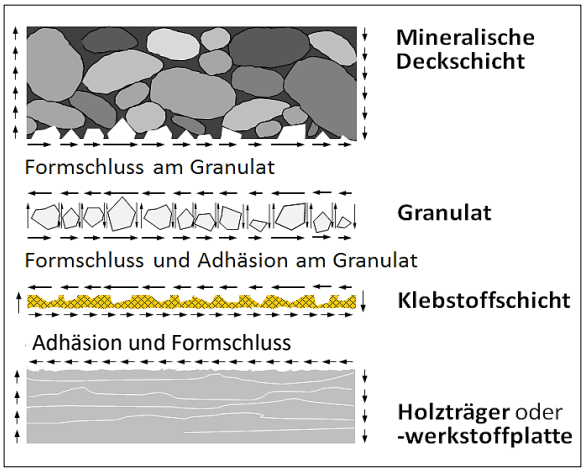
Abbildung 2: Prinzipskizze der Granulatsplittverklebung

Das Tragverhalten im Fugenbereich zeigt Abbildung 3a. Die Kraftübertragung zwischen Beton und Granulatsplitt erfolgt durch Formschluss, zwischen Granulatsplitt und Klebstoff durch Formschluss in Kombination mit Adhäsion (Kraftschluss) und zwischen Klebstoff und Holz durch Adhäsion und Formschluss.

Wird ein Klebstoff mit hoher Tragfähigkeit und ein geeigneter Splitt gewählt, tritt das Versagen oberhalb der Klebefuge im Beton ein, sofern ein niederfester Beton verwendet wird. Bei höherer Betonfestigkeit ab ca. C40/50 kann das Schubversagen im Holz erwartet werden. Ob ein Versagen der Klebefuge auftritt und wenn ja, bei welcher Schubspannung, hängt vor allem von der Tragfähigkeit des verwendeten Klebstoffs ab. Abhängig von der Ausführung der Verklebung und der Beton- und Holzqualität ist auch ein kombiniertes Versagen im Holz, Beton und der Fuge zu beobachten.

a) Prinzip der Kraftübertrag zwischen den unterschiedlichen Schichten im Fugenbereich

b) Versuchsergebnisse für unterschiedliche Klebstoffdicken und Granulatgrößen



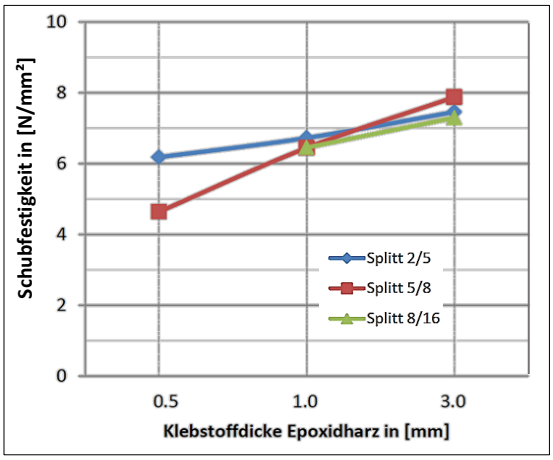


Abbildung 3: a) Tragprinzip Granulatsplittverklebung

b) mittlere Schubtragfähigkeiten im Slip-Block Versuch mit Epoxidharz

Der besondere Vorteil der Granulatsplittverklebung besteht für den Holzbauer darin, dass er die Verklebung des Splitts witterungsgeschützt und unter sauberen Bedingungen im eigenen Betrieb durchführen kann. Dann hat er die Wahl, ebenfalls im Werk die Betonplatte aufzugießen und damit ein vorkonfektioniertes HBV-Fertigteil auf die Baustelle zu liefern, das dort schnell und vergleichsweise witterungsunabhängig eingebaut werden kann. Andererseits hat er die Möglichkeit, nur das leichte, besplittete Holzelement preiswert auf die Baustelle zu liefern und dann vor Ort zu betonieren. Das besplittete Decken-Halbfertigteil ist im Gegensatz zu üblichen Holzträgern oder Brettsperrholzplatten durch die dichte Kleberschicht vor Wasser geschützt und damit sehr robust.

3. Erste Forschungsergebnisse zur Granulatsplittverklebung

Aus den vier am Verbundsystem beteiligten Werkstoffen Beton, Granulat, Klebstoff und Holz – und damit das Tragverhalten bestimmenden Parametern – ergibt sich eine hohe Anzahl an möglichen Kombinationen. Aus diesem Grund wurden zunächst zahlreiche Vorversuche an kleinformatigen Probekörpern durchgeführt um eine zuverlässige Verbundtechnologie zu entwickeln.

Als Klebstoff kamen ein 2K-Epoxidharz, ein 2K-Polyurethan (PU) und mehreren 1K-PU-Klebesysteme zur Anwendung. Dabei wurde im Wesentlichen die Klebstoffmenge variiert aber auch Parameter wie Umgebungs- und Auftragsfeuchte oder unterschiedliche Auftragsdesigns. Beim Granulat lag der Fokus auf den Sieblinien 2/5 und 5/8 mm, während erste Versuche mit Korngrößen bis 16mm nicht weiterverfolgt wurden. Dabei wurden gebrochener Granitsplitt, Flusskies und der Edelsplitt «Alpine Moräne» getestet. Während die Holzqualität, mit Fichte in C24 oder GL24, nicht variiert wurde, wurde das bauprakti-sche Spektrum des Normalbetons in unterschiedlichen Varianten getestet.

Die mit 2K-Epoxidharz verbundenen Probekörper versagten durchweg spröde außerhalb der Fuge im Beton oder im Holzquerschnitt. Im Bereich der Lastein- oder ausleitung kam es lokal zu Ablösungen zwischen Harz und Granulat. Es wurden über die Verbundfläche gemittelte Bruchschubspannungen von maximal τ_{mean} = 7,9 N/mm² erreicht (Mittelwert einer Serie mit 5 Proben, vgl. Abbildung 3b). Erst ab Bruchspannungen von ca. 6 N/mm² bis 7 N/mm² trat fast ausschließlich Schubversagen im Holz auf. Alle Serien wiesen nur geringe Streuungen von i.d.R. unter 10% auf. Die höchsten Festigkeiten lieferten Klebstoffdicken von 3 mm, mit nur geringfügig kleineren Werten für 1 mm. Die Splitt-Sieblinien 2/5 und 5/8 erreichten nahezu identische Tragfähigkeiten. Wegen der guten Verfügbarkeit am Werk sowie der besseren Baustellentauglichkeit wurden die weiteren Untersuchungen mit einem gebrochenen Edelsplitt der Sieblinie 2-5 mm durchgeführt.

Abbildung 4 zeigt am Beispiel der Versuchsserie mit unterschiedlichen Betongüten und einer Verklebung mit 2K-Epoxidharz, dass nicht die Klebefuge selbst, sondern die Verbundpartner Holz und Beton die Schubtragfähigkeit limitieren. Bis zu einer Festigkeit von C35/45 kam es ausschließlich zum Versagen im Beton. Bei den darüber liegenden Betonfestigkeiten dominierte das Schubversagen im Holz.

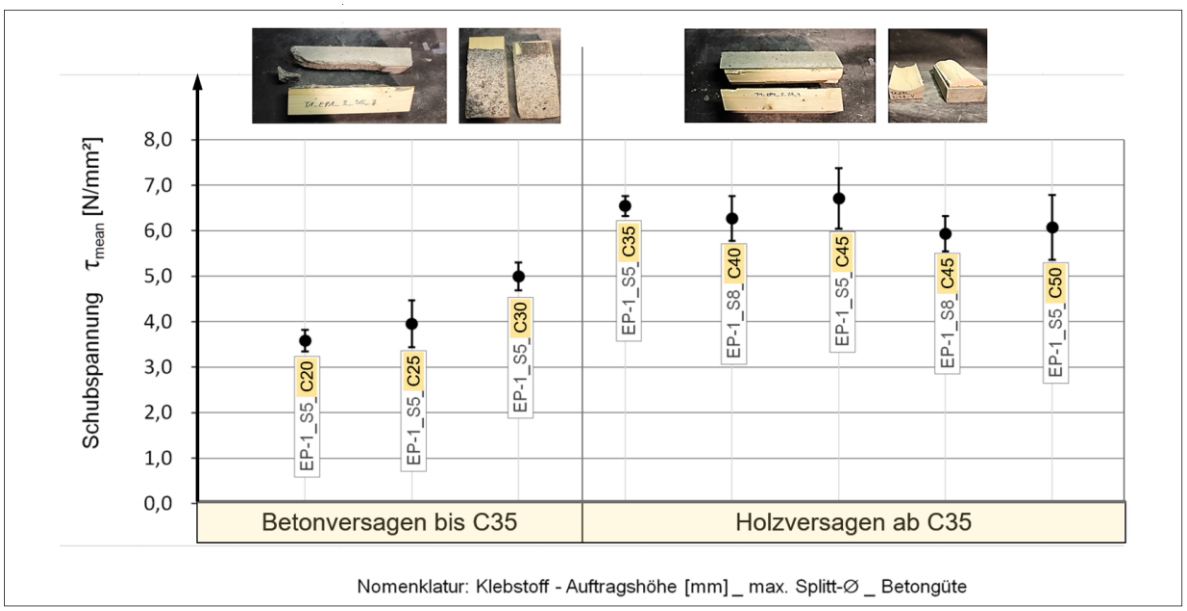


Abbildung 4: Beispiel Schubfestigkeit bei Slip-Block-Versuchen: 1 mm Epoxidharz, maximaler Granulatdurchmesser 5 und 8 mm, Betongüten zwischen C20/25 und C50/60

Die mit 1K-Polyurethan erstellten Probekörper versagten i.d.R. innerhalb der Klebstoffschicht und verhielten sich dabei duktil. Je nach Klebstofftyp und -auftragsmenge wurden Bruchspannungen τ_{mean} zwischen 0,8 und 5,6 N/mm² ermittelt.

Um den positiven Einfluss des Querdrucks auf die Holz- und Betonfestigkeit und damit die Fugentragfähigkeit auszuschließen, wurden Versuche an kurzen Balken durchgeführt, analog zu den Untersuchungen beim Leichtbeton. Die 1,9 m langen Balken wurden mittig durch eine Einzellast beansprucht, so dass sich rechnerisch ein konstanter Schubkraftverlauf über die Trägerlänge ergibt. Mit realitätsnahen Querschnittsabmessungen für Holz und Beton wurde die Verbundfuge bewusst mit geringerer Breite ausgeführt um ein Fugenversagen zu provozieren (s. Abbildung 5). Es wurden Varianten mit 2K-Epoxidharz und 1K-Polyurethan bei einer Splittgröße von 2–5 mm untersucht.

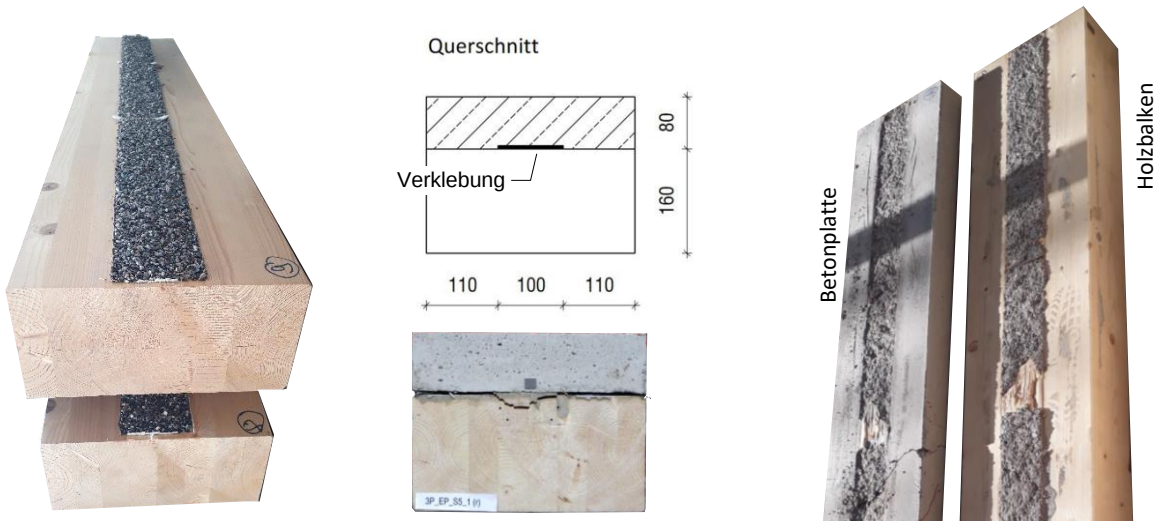


Abbildung 5: Kurze Biegeträger mit schmaler Fuge: Links: Vor dem Betonieren.
Rechts: Nach den Versuchen mit Beton- und Holzversagen. Das Bild zeigt vorwiegend Betonversagen

Alle Serien erreichten Schubfestigkeiten in der Fuge von ca. 5,3 N/mm². Damit liegen diese ca. 20% unter den Ergebnissen der Slip-Block-Versuche mit Epoxidharz, was sich durch den nicht vorhandenen Querdruck erklären lässt. Während bei den Epoxidharz Systemen der Bruch außerhalb der Fuge im Beton oder Holz stattfand, versagten die PU Balken - wie im Slip-Block-Test – vor allem in der Klebefuge und erreichten die gleiche Schubtragfähigkeit wie im Slip-Block-Test. Die Kohäsionsfestigkeit innerhalb des PU-Klebstoffs scheint hier offensichtlich weitestgehend unabhängig vom Querdruck zu sein.

Zur Untersuchung der Schubfestigkeit der neuen Granulatsplittverklebung in Verbindung mit den vorfabrizierten Hohlkastelementen der Fa. Lignotrend wurden zusätzlich Dreipunkt-Biegeversuche an kurzen Balken mit den Abmessungen L x B x H = 190 x 62,5 x 31,3 cm mit einer Betonplattendicke von 8 cm durchgeführt (Abbildung 6.)

Abbildung 6: Kurze, gedrungene Lignotrend-HBV-Träger nach den Drei-Punkt Biegeversuchen zum Test der Schubtragfähigkeit: Immer Schubversagen im Holz der Stege

Die Balken versagten alle ausschließlich auf Schub im Bereich der schmalen Holzstege bei rechnerischen Schubspannungen um 3,2 N/mm². Die sehr viel breitere Verbundfuge blieb bei allen Versuchen unversehrt. Offensichtlich ist in dem vorliegenden HBV-System die Verbundfuge selbst nicht bemessungsrelevant.

4. Umsetzung eines ersten Pilotprojektes

4.1. Planung des Pilotprojekts

In der Schweizer Gemeinde Sissach, im Umland von Basel gelegen, wurde ein zweistöckige Neubau eines kommunalen Doppelkindergartens in Holzbauwese geplant und realisiert (s. Abbildung 8). Verantwortlicher Totalunternehmer war die Beer Holzhaus AG im Team mit Kast Kaeppeli Architekten und dem Ingenieurbüro Pirmin Jung. Der Holzbau wurde von der Beer Holzbau AG aus Ostermundigen umgesetzt.

Die ursprüngliche Planung sah eine HBV-Decke mit einer maximalen Spannweite von 7,30 m vor, mit einem Querschnitt aus 14 cm Beton auf 16 cm Massivholz (exkl. der zusätzlichen 5,5 cm Akustikbekleidung) und eine Kervenverbindung. Als Alternative wurde zunächst ein Lignotrend Element von 24,9 cm Höhe (inkl. Akustikpanel 3,2 cm), ebenfalls 14 cm Aufbeton und eine Verbindung durch Verschraubung geplant. Das neue Verbundsystem mittels Granulatsplittverklebung konnte als Sondervorschlag des Ausführenden eingebracht werden. Damit ergab sich ein Querschnitt aus 10 cm Aufbeton und einem 28,9 cm (inkl. Akustikpanel 3,2cm) hohen Lignotrend Hohlkastenelement.

Für diese erstmalige praktische Anwendung des neuartigen Klebeverbundsystems wurde der folgende, sehr konservative Bemessungsansatz gewählt: Das Lignotrend Hohlkastenelement wurde so dimensioniert, dass es allein alle Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt. Damit wird die Standsicherheit auch ohne den Klebeverbund gewährleistet und der Beton in dieser Betrachtung lediglich als Last aufgefasst.

Für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit, also die Anfangs- und Endverformungen sowie das Schwingungsverhalten, wurde die 10 cm starke Betonschicht als starr mit dem Holz verbunden in Ansatz gebracht und die Nachweise mit dem gesamten Verbundquerschnitt gerechnet. Das Holzelement allein hätte dazu nicht ausgereicht. So ergaben sich mit dem etwas überdimensionierten Querschnitt rechnerisch Durchbiegungen von l/1000 im Anfangszustand und l/550 unter Berücksichtigung des Kriechens. Der Schwingungsnachweis wurde mit einer rechnerischen Eigenfrequenz von 7,2 Hz in Zusammenhang mit der Erfüllung des Steifigkeits- und Beschleunigungskriteriums nachgewiesen. Nachträgliche Messungen am Bauwerk bestätigten die rechnerischen Verformungen. Die vor Ort gemessene Eigenfrequenz lieferte hingegen mit 10,9 Hz deutliche bessere Werte, obwohl dem, in der Berechnung nicht berücksichtigten, Akustikpanel i.d.R. nur 1-2 Hz Verbesserung zuzuschreiben sind. Somit wäre sogar das strenge 8 Hz Kriterium erfüllt.

Abbildung 7: Fertigung: Lignotrend-Element vor und nach dem Auftrag der Splittverklebung © Lignotrend

Die volle Leistungsfähigkeit des Systems kann ausgeschöpft werden, wenn auch die Standsicherheit mit dem gesamten Verbundquerschnitt berechnet wird. Eine Vergleichsrechnung ergab, dass in diesem Fall eine Gesamthöhe von 32,2 cm (inkl. Akustikpanel) bei einer Betonschichtstärke von 8 cm ausreichen würde. Dieser Querschnitt wurde anschließend im Versuchsstand der TU Berlin untersucht und es konnten die rechnerisch ermittelten Steifigkeiten unter Annahme eines starren Verbundes bestätigt werden. Die zum Bruch führende Biegebeanspruchung entspricht einer äquivalenten Flächenlast von 42,6 kN/m². Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verringerung der Bauteilhöhe von mind. 6 cm möglich ist.

4.2. Ausführung

Alle Hohlkastenelemente wurden inkl. einer vollflächigen Splittbestreuung werkseitig vorgefertigt und zur Baustelle geliefert. Die Bewehrung sowie die Betonschicht aus Transportbeton wurden bauseits nach der Holzmontage hergestellt. Zur Produktionskontrolle und Qualitätssicherung wurden kurze Biegebalken erstellt, die den gleichen Fertigungsweg, inkl. der Betonage auf der Baustelle, durchliefen und später hinsichtlich der Fugenfestigkeit werksintern geprüft wurden.

Für die Montage konnten die ursprünglichen Vorgaben der Tragwerksplaner von Pirmin Jung zur Zwischenstützung, der Überhöhung und zur Bewehrung der Betonplatte ohne Änderungen übernommen werden. An dem in der Betonschicht geplanten Leitungsverzug der Haustechnik konnte ebenfalls ohne Änderung festgehalten werden.

Bei der Montage der Deckenelemente wurde eine temporäre Zwischenstützung an den Drittelspunkten eingerichtet. Diese diente der Herstellung einer Überhöhung von 10 mm zur Vorwegnahme der Verformung durch Eigengewicht und nahm die Lasten aus dem Frischbeton bis zum Aushärten des Betons auf.

Nach dem Verlegen der Holzelemente wurden die Stöße mit Koppelbrettern verbunden und die werkseitig vorbereiteten Folien wasserdicht verklebt. Die Deckenfläche war damit

Abbildung 8: oben: Doppelkindergarten Sissach, l.: Ansicht r.: Holzlage der HBV-Decke © Beer Holzbau AG
unten: Bewehrte Granulatsplitt-Rohdecke vor und während der Betonage © Lignotrend

kurz nach dem Verlegen ohne weitere Maßnahmen vor der Witterung geschützt. Der Betonbauer fand somit nach dem «besenreinen» Säubern mit einem üblichen Baustellensauger eine ebene, feste, besplittete Fläche vor, die den sonstigen mineralischen Umgebungen im Betonbau ähnelte. Beim Verlegen des Stahls und dem Betonieren konnten die üblichen Routinen aus dem Betonbau ohne Einschränkung genutzt werden. Insbesondere war keine besondere Rücksichtnahme auf Verschraubungen oder Kerven notwendig, die sonst beim Betonieren Einschränkungen der Laufwege bedeuten, bzw. Gefahr laufen, beschädigt oder krummgetreten zu werden.

Nach Fertigstellung war der Ausführende vom schnellen und problemlosen Bauablauf des Pilotprojekts so überzeugt, dass er das System gleich für weitere Bauvorhaben anfragte.

5. Zusammenfassung

Der kurze Überblick über die bis heute vorhandenen Forschungsergebnisse zum geklebten Verbund zwischen Beton und Holz bestätigt die Leistungsfähigkeit dieser Verbindungstechnologie in Kurz- und einigen Langzeituntersuchungen. Als neue Verbindungsvariante wird hier die Granulatsplitt-Verklebung vorgestellt, die von der Firma Lignotrend zusammen mit der TU-Berlin entwickelt und erforscht wurde. Sie hat den Vorteil, dass damit der Verbund zwischen Beton und Holz sowohl im Werk als auch auf der Baustelle qualitätssicher ausgeführt werden kann. Der Versagensmechanismus wird vom entwerfenden Ingenieur durch die Wahl der Beton- und Holzgüte, sowie der Klebstoffqualität definiert. Beispielsweise tritt im Schubtest für die 2K-Epoxid-Verklebungen von Holz C24 oder GL24 mit Betonklassen bis C35/45 durchweg Betonversagen auf. Andererseits wird für die praktische Anwendung, mit für HBV-Konstruktionen typischen Spannweite, die Tragfähigkeit immer vom Biegezugbruch im Holz bestimmt werden, lange bevor die Schubtragfähigkeit in der Verbundfuge erreicht ist.

Die Forschungspartner TU-Berlin und Lignotrend danken dem Bundesministerium für Wirtschaft für die Unterstützung der Forschung im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM). Außerdem gilt der Dank dem Totalübernehmer Beer Holzhaus AG, dem Tragwerksplaner Pirmin Jung und dem ausführenden Holzbauunternehmen Beer Holzbau AG für die reibungslose und erfolgreiche Umsetzung des Pilotprojekts in der Schweiz.

6. Literatur

[1] Pincus, G.: Behaviour of Wood-Concrete Composite Beams. Journal of the Structural Division, Proceedings American Society of Civil Engineers, (1970), S. 2009–2019

[2] Negrao, J. H., Oliveira, F. M., Oliveira, C. L.: Investigation on Timber-Concrete Glued Composites. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, (2006)

[3] Brunner, M., Romer, M., Schnüriger, M.: Timber-concrete-composite with an adhesive connector (wet on wet process). Materials and Structures 40 (2007), S. 119–126

[4] Zauft, D.: Untersuchungen an geklebten Verbundkonstruktionen aus Holz und Leichtbeton. Dissertation. Heftreihe des Instituts für Bauingenieurwesen TU-Berlin, Shaker Verlag (2014),

[5] Zauft, D.; Schmid, V.; Polak, M. A.; Bonded Timber-concrete composite floors with lightweight concrete; World Conference on Timber Engineering; TU Wien, (2016)

[6] Schäfers, M.; Seim, W.: Geklebte Verbundbauteile aus Holz und hoch- bzw. ultrahochfesten Betonen. Bautechnik 88 (2011), Heft 3, S. 165–176

[7] Mérono, M; Seim, W. et al.: Innovative Heißklebung von tragenden Holz-Beton-Verbundelementen. Adhäsion Kleben & Dichten (2019), Volume 63, S. 30–34

[8] Hackspiel, C.: Verklebung als Verbund für Holz-Beton-Deckensysteme. 1. Holzbau Kongress Berlin (DHK) 2020, Forum Holzbau (2020), S. 31–39

Geklebte Verbindungen für Knotenpunkte von weitgespannten Hybrid-Fachwerkträgern

Dr. Jan Wenker
Brüninghoff Group
Heiden, Deutschland

Geklebte Verbindungen für Knotenpunkte von weitgespannten Hybrid-Fachwerkträgern

1. Ausgangssituation

Der Bauindustrie stehen als konstruktive Materialien im Wesentlichen die Werkstoffe Beton, Stahlbeton, Stahl und Holz zur Verfügung. Holz als nachwachsender Rohstoff kann sich unter den genannten Baustoffen einer stetig steigenden Beliebtheit erfreuen. Der Bedarf seitens der Kunden nach Bauwerken aus Holz liegt in wachsendem Maße vor. Ingenieure, Architekten und Bauunternehmen sind gefordert, nach schlüssigen und modernen Lösungen in Holzbauweise zu suchen, um den Wünschen der Kunden nach technisch ausgereiften, ästhetisch anspruchsvollen und gleichzeitig kostengünstigen Bauwerken Rechnung zu tragen. Um diese Anforderungen gemeinsam erfüllen zu können, rücken auch Hybridbauweisen bzw. Materialverbünde zunehmend in den Fokus.

Hölzerne Tragstrukturen bestehen derzeit in der Regel entweder aus massiven Bauteilen aus hochkant stehendem Brettschichtholz oder aus aufgelösten bzw. zusammengesetzten Tragstrukturen aus Brettschichtholz, Furnierschichtholz und/oder Konstruktionsvollholz. Massive Träger weisen einen sehr hohen Materialeinsatz auf. Solche Konstruktionen sind in keiner Weise ressourcen- und materialeffizient. Dennoch finden massive Brettschichtholzkonstruktionen im Bereich des Ingenieurholzbaus am häufigsten Anwendung in der Baupraxis. Gründe hierfür liegen in den langjährigen Erfahrungen zu dieser Bauweise, der hohen Standardisierung bei Herstellung und Montage, dem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis und der relativ einfachen statischen Berechnung. Aufgelöste Tragstrukturen reduzieren den Materialeinsatz erheblich und kommen daher insbesondere bei Tragwerken mit großen Spannweiten zum Einsatz. In der Baupraxis etabliert sind Systeme in Form von Fachwerkträgern, die in der Regel auf mechanische Verbindungsmittel im Bereich der Knotenpunkte zurückgreifen. Nachteile dieser Tragsysteme sind vor allem der hohe Aufwand zur Herstellung von Verbindungen und die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel, die zu einer erhöhten Durchbiegung führen kann. Der Vorteil von geklebten Verbindungen besteht darin, dass sie für statische, zyklische und langfristige Belastungen als starr angesehen werden können. Dadurch wird die Gebrauchstauglichkeit im Vergleich zu mechanischen Verbindungselementen verbessert.

Die Brüninghoff Gruppe, das Labor für Holzbau der Hochschule RheinMain und die Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (Otto Graf Institut) haben gemeinsam eine hybride Leichtbaulösung auf Holzbasis für weitgespannte Hallentragwerke entwickelt. Wie erwähnt, werden im Ingenieurholzbau bisher vorwiegend Holzfachwerkträger mit aufwendigen Knotenpunkten oder sehr materialintensive Brettschichtholzträger eingesetzt. Um die bestehenden Nachteile dieser Tragstrukturen zu eliminieren, sollte ein Träger aus laubholzbasierten Ober- und Untergurten sowie auf Abstand liegenden, in die Holzgurte eingeklebten Holzstegen entwickelt werden. Für diese Entwicklung waren umfangreiche Untersuchungen zur Verklebung von Fachwerk-Knotenpunkten aus unterschiedlichen Materialien und Klebstoffen notwendig, über die in diesem Referat berichtet wird. Vor diesem Hintergrund stellte die Verbindung der einzelnen Materialien zu einem hybriden Bauteil mit geeigneten Klebetechniken eine Herausforderung dar.

Der neuartige Träger wurde unter Berücksichtigung der folgenden Fragestellungen entwickelt: Wie kann im Vergleich zu konventionellen Trägern aus Brettschichtholz, die im Bereich des Holzbaus die bevorzugte Bauweise darstellen, mit weniger Material das gleiche oder sogar ein technisch besseres Ergebnis erzielt werden? Wie können gleichzeitig im Vergleich zu den konkurrierenden Tragstrukturen wirtschaftlich attraktive Konzepte aussehen?

2. Trägerdesign

Das Design des Trägers wurde unter Berücksichtigung der folgenden konstruktiven Anforderungen entwickelt:

- Spannweite 20 m bis 35 m (größere Spannweiten sollten konzeptionell möglich sein)
- Trägerhöhe möglichst niedrig, Satteldachträger dabei auf Gesamthöhe optimiert
- Feuerwiderstandsklasse R 30
- Standard-Installationen bis ca. 80 cm Rohrdurchmesser müssen einfach durch das Bauteil geführt werden können
- Option für biegesteife Kopplung von Trägerabschnitten über Baustellenstoß bei großen Spannweiten zur Vermeidung von kostenintensiven Sondertransporten

Dem im Folgenden vorgestellten Trägerdesign ging eine umfangreiche Variantenuntersuchung voraus. Aufgrund des hohen Zeitaufwands zur Einbringung einer Vielzahl von mechanischen Verbindungsmitteln, z. B. Stabdübel bzw. eingeklebte Stahlteile, wurde eine direktverklebte Variante mit zweiteiligen Gurten aus Laubholz favorisiert. Für diese wurden detaillierte Berechnungen erstellt, die als Grundlage für weitere Versuche dienten.

Um die konstruktiven Anforderungen zu erfüllen, wurde das Trägerdesign im Vergleich zu bekannten Fachwerkträgern im Holzbau entsprechend angepasst. So wurden vergleichsweise breite Querschnitte für die Diagonalen gewählt, um möglichst große Klebeflächen zu erhalten. Um die Feuerwiderstandsklasse R 30 erreichen zu können, wurde für alle Querschnitte eine minimale Dicke von 120 mm vorgesehen. Da der Träger für eine industrielle Serienfertigung ausgelegt werden sollte, wurde eine Konstruktion mit parallelen Gurten und einer gleichmäßigen Anordnung der Diagonalen gewählt. Der Winkel zwischen den Diagonalen und den Gurten beträgt 63,5°. Die Öffnungen im Träger lassen Rohrdurchführungen von 80 cm zu. Bei einer Spannweite von 30 m wurde eine Gesamthöhe von 2,14 m festgelegt. Für die zweiteiligen Gurte wurde Furnierschichtholz aus Buche gewählt, für die Diagonalen Brettschichtholz aus Fichte. Um den Transport der Träger zu erleichtern, wurde ein Kopplungsstoß entwickelt (Sieverdingbeck, 2019), der in diesem Referat allerdings nicht näher beschrieben wird. Die Ansicht sowie eine perspektivische Darstellung des entwickelten Trägers zeigen Abbildungen 1 und 2.

Eine besondere Rahmenbedingung im Vergleich zu herkömmlichen Fachwerkträgern ist die Verklebung von einerseits Brettschichtholz aus Fichte und andererseits Buche-Furnierschichtholz unter einem Winkel von 63,5°. Dabei wurde angenommen, dass sich die höhere Rollschubfestigkeit des Buche-FSH positiv auf die Tragfähigkeit der Verklebung auswirkt.

Abbildung 1: Ansicht des geklebten Fachwerkträgers mit 30 m Spannweite (Bildquelle: Brüninghoff)

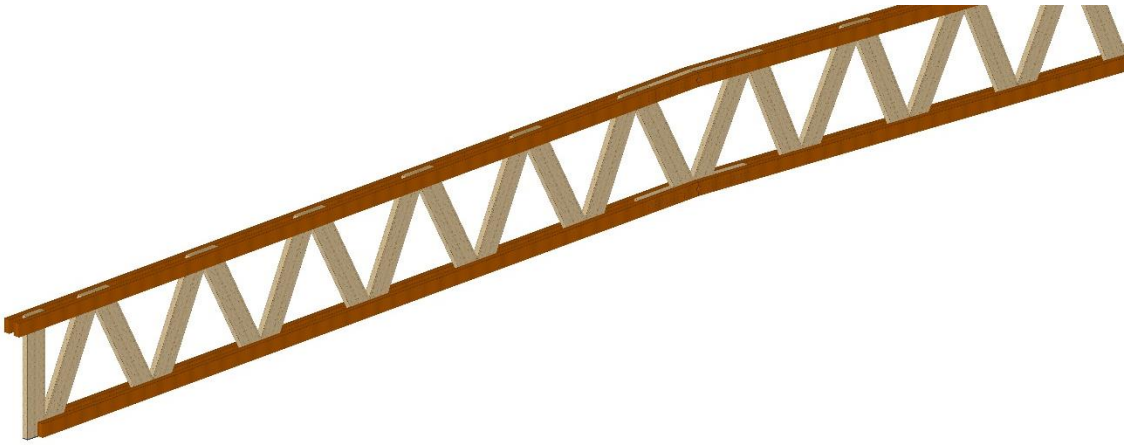


Abbildung 2: Perspektive des geklebten Fachwerkträgers mit 30 m Spannweite (Bildquelle: Brüninghoff)

3. Praktische Verklebungsversuche

Um die Verklebung von Fichte-BSH mit Buche-FSH – auch unter einem Kraft-Faser-Winkel von ca. 63° – praktisch zu untersuchen, wurden Versuche unter der Verwendung des PRF-Klebstoffs Dynea Prefere 4040 durchgeführt.

3.1. Versuche im Labormaßstab

Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Knotenverbindung wurden zunächst Scherversuche im Labormaßstab durchgeführt. Um die mögliche Einwirkung eines Größeneffekts bei Klebeflächen mit verschiedenen Größen abzuschätzen, wurden Druckscherversuche in Anlehnung an DIN EN 14080: 2013 (DIN, 2013) in verschiedenen Maßstäben durchgeführt. Dazu wurden Prüfkörper im Format 50 mm x 50 mm, 45 mm x 45 mm sowie 100 mm x 248 mm aus Trägerabschnitten herausgeschnitten. Es wurde ein entsprechender Versuchsaufbau entwickelt, der es ermöglichte, die Scherfestigkeit möglichst frei von Querzugeffekten zu untersuchen. Dieser Versuchsaufbau orientierte sich an den Scherprüfungen von Brettsperrholz nach DIN EN 16351 (DIN, 2015).

3.2. Versuche im Bauteilmaßstab

Anschließend wurden die Klebefugen im Maßstab 1:1 untersucht. Um den Aufwand, der mit der Prüfung eines 30 m langen, und ca. 2,2 m hohen Trägers verbunden wäre, zu reduzieren, wurde ein Versuchsaufbau in Anlehnung an die Veröffentlichung von Meyer und Blaß (2018) herangezogen.

Nach Meyer und Blaß (2018) weisen Fachwerkknoten aufgrund der kombinierten Einleitung von Zug- und Druckkräften ein komplexes Tragverhalten auf, welches durch Versuche an vollständigen Fachwerkträgern verifiziert werden kann. Jedoch ist der material- und versuchstechnische Aufwand hierbei sehr hoch. Mit der vorgestellten Prüfmethode ist es möglich, das Trag- und Verformungsverhalten von Fachwerkträgern praxisnah zu ermitteln, ohne einen kompletten Fachwerkträger prüfen zu müssen. Der Material- und Prüfaufwand reduziert sich dadurch signifikant. Den Versuchsaufbau in Anlehnung an Meyer und Blaß (2018) zeigt Abbildung 3.

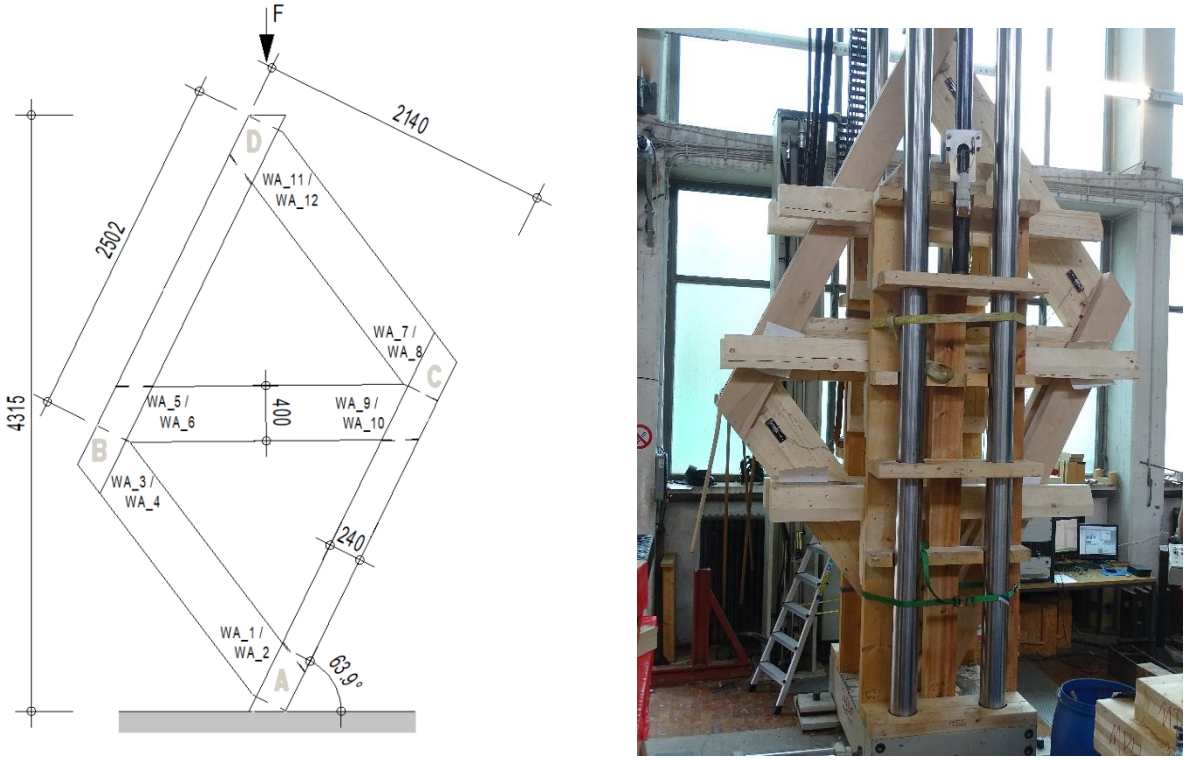


Abbildung 3: Prüfaufbau in Anlehnung an Meyer und Blaß (2018) (Bildquelle: MPA Stuttgart)

4. Ergebnisse

Nachfolgend finden sich die Ergebnisse der verschiedenen Versuchsreihen, einerseits im Labormaßstab und andererseits im Bauteilmaßstab.

4.1. Ergebnisse der Versuche im Labormaßstab

In einer ersten Versuchsreihe wurden Prüfkörper mit quadratischer Scherfläche hergestellt. An diesen Prüfkörpern mit Scherflächen von etwa 50 mm x 50 mm wurden Druckscherversuche in Anlehnung an DIN EN 14080 (DIN, 2013) durchgeführt. In dieser Versuchsreihe lag eine parallele Anordnung der Furnierlagen des Buche-FSH zur Klebefuge, eine Klebefugendicke von unter 0,3 mm und ein Kraft-Faser-Winkel von 90° vor. Der Mittelwert der Scherfestigkeit betrug 4,96 N/mm². Die ermittelte charakteristische Scherfestigkeit aus den 27 geprüften Proben lag bei 3,39 N/mm².

In der zweiten Versuchsreihe wurden 40 weitere Druckscherversuche in Anlehnung an DIN EN 14080 (DIN, 2013) mit Scherflächen von etwa 45 mm x 45 mm durchgeführt. Das Fichte-BSH wurde in diesen Versuchen längs zur Faser belastet, also im Kraft-Faser-Winkel von 0°, um Eindrückungen zu vermeiden. Im Buche-FSH lag ein Kraft-Faserwinkel von etwa 63,5° vor. Der Mittelwert der Scherfestigkeit und der 5 %-Quantilwert lagen mit 6,21 N/mm² bzw. 4,77 N/mm² etwas höher als beim Kraft-Faser-Winkel von 90°.

Bei den größeren Proben mit einer Scherfläche von 100 mm x 248 mm und einem Kraft-Faser-Winkel von 90° entsprachen sowohl die mittlere Scherfestigkeit von 4,80 N/mm² als auch die charakteristische Scherfestigkeit von 3,18 N/mm² ungefähr den Werten, die an den kleinen Proben mit Scherflächen von 50 mm x 50 mm und einem Kraft-Faser-Winkel von 90° ermittelt wurden.

4.2. Ergebnisse der Versuche im Bauteilmaßstab

Die Druckprüfungen wurden in Wegsteuerung mit einer Prüfgeschwindigkeit von 1.5 mm/min durchgeführt. Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurde, neben der Last und der vertikalen Lastpunkt-/ Kolbenverschiebung an jedem Knoten die Relativverschiebung der Klebeverbindung mit zwei ohmschen Wegaufnehmern (einer je Klebefuge) gemessen. Die Anordnung der Wegaufnehmer ist beispielhaft in Abbildung 3 gezeigt.

Das globale Last-Verschiebungsverhalten in vertikaler Richtung war bis zum Bruch nahezu linear. Die Bruchlasten der vier Prüfkörper lagen minimal bei 311 kN und maximal bei 381 kN. Der Mittelwert (± Standardabweichung) betrug 350 ± 29 kN, und der Variationskoeffizient V = 8.3 %. Das Versagen trat bei allen Prüfkörpern in einem der beiden mittleren Knoten (Knoten B und C), vorrangig in einer Klebefläche der mittleren, horizontal angeordneten Diagonale auf. Bei einigen Prüfkörpern versagte zusätzlich eine mit der äußeren Diagonale verbundenen Klebefuge.

5. Diskussion & Fazit

Die aus den Versuchen im Labormaßstab gewonnenen positiven Erkenntnisse konnten durch die Versuche im Bauteilmaßstab nur teilweise bestätigt werden. Aufgrund von in den Klebefugen der Fachwerkknoten auftretenden lokalen Spannungsspitzen ist für Prüfkörper im Bauteilmaßstab und zu einem späteren Zeitpunkt für den gesamten Träger eine Angabe der mittleren Scherfestigkeit bezogen auf die Klebefläche nicht sinnvoll. Daher können die Ergebnisse aus den Bauteilversuchen in Anlehnung an die Methode von Meyer und Blaß (2018) nicht mit den ermittelten Scherfestigkeiten der Versuche im Labormaßstab verglichen werden. Hinzu kommt ein wirkendes Moment im Bauteil, das durch das nicht ideale Fachwerk erzeugt wird – die Schwerelinien der Diagonalen schneiden sich nicht im Kreuzungspunkt des Fachwerkknotens. Aus diesen Gründen kann von der Scherfestigkeit der Prüfkörper im Labormaßstab nicht unmittelbar auf die Tragfähigkeit des neu entwickelten geklebten Fachwerkknotens geschlossen werden.

Mit dem entwickelten Träger wurde im Rahmen eines Verbund-Forschungsvorhabens (Diehl et al., 2021) ein material- und ressourceneffizienterer Ansatz für den Bau von weitgespannten Hallentragwerken untersucht. Im Vergleich zu herkömmlichen Fachwerkträgern wurden breitere Querschnitte für die Diagonalen gewählt, welche mit Gurten aus Buche-FSH tragend verklebt wurden.

Die Klebeverbindungen zwischen den Gurten aus Buche-FSH und den Diagonalen aus Fichte-BSH hielten in Versuchen hohen Belastungen stand. Dennoch konnten die durch umfangreiche Berechnungen ermittelten statischen Anforderungen für den Einsatz des Trägers in Bauwerken nicht vollständig erfüllt werden. Ursächlich für das Versagen der Klebeverbindungen sind Spannungsspitzen in den verklebten Bereichen.

Obwohl der entwickelte Träger die Anforderungen eines Einsatzes in Bauwerken aufgrund der Überschreitungen der rechnerisch ermittelten Bemessung noch nicht umfassend erfüllt, können Teilergebnisse des gemeinsamen Forschungsvorhabens in Kombination mit weiterer Optimierung weiterverwendet werden. Die entwickelte Geometrie, die in Abbildung 4 zu sehen ist, soll nun durch weitere Optimierung zum technischen Erfolg geführt werden.

Als Abschluss des gemeinsamen Forschungsprojektes wurde ein 16 m langer Demonstrator mit zwei Trägerhälften zu je 8 m hergestellt. Dieser dient als proof-of-concept der praktischen Herstellung des entwickelten Trägers und des zugehörigen Kopplungsstoßes sowie für Bewitterungstests, um eine mehrwöchige Bauphase zu simulieren (Abbildung 4).

Abbildung 4: Demonstrator des entwickelten Trägers mit 16 m Länge (Bildquelle: Brüninghoff)

6. Danksagung

Die hier vorgestellten Forschungsarbeiten wurden aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Das Förderkennzeichen ist 22007818.

Die Arbeiten wurden zusammen mit der Hochschule RheinMain, Labor für Holzbau, durchgeführt, Förderkennzeichen 22023017. Ausgewählte Großversuche wurden an der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (Otto Graf Institut), Abteilung Holzkonstruktionen, durchgeführt.

7. Über Brüninghoff

Die Brüninghoff Group gehört seit über 45 Jahren zu den führenden Projektbau-Spezialisten in Deutschland. Der Hauptsitz des Unternehmens ist im münsterländischen Heiden. Weitere Niederlassungen sind an den Standorten Hamburg, Niemberg, Villingen-Schwenningen und Münster beheimatet. Über 600 Mitarbeiter realisieren europaweit bis zu 160 Bauprojekte im Jahr. Das Kerngeschäft des Familienunternehmens ist die Produktion von vorgefertigten Bauelementen aus Beton, Stahl, Holz, Aluminium sowie die ganzheitliche Konzeption, Planung und schlüsselfertige Ausführung von Bauprojekten.

8. Weiterführende Literatur

[1] Diehl, F., Wenker, J. L., Bletz-Mühldorfer, O., Bathon, L., Schuff, M., Sieverdingbeck, K., Schneermann, J.: «Hybrid-Leichtbauträger für weitgespannte Hallentragwerke». Schlussbericht, FNR Verbundforschungsvorhaben Förderkennzeichen 22023017/22007818, 2021

[2] DIN EN 14080:2013-09: «Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz –Anforderungen», Deutsches Institut für Normung, September 2013

[3] DIN EN 16351:2015-12: «Holzbauwerke – Brettsperrholz – Anforderungen», Deutsches Institut für Normung, Dezember 2015

[4] Meyer, N.; Blaß, H. J.: Eine neue Prüfmethode für Fachwerkknoten aus Holz. Bautechnik, 95: 793-800, 2018, https://doi.org/10.1002/bate.201800061

[5] Sieverdingbeck, K.: «Kopplungsstöße von aufgelösten Trägern», Bachelorthesis, Fachhochschule Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, 2019

[6] Stimpfle, L.; Tapia, C.; Wenker, J.L.; Aicher, S.: «Experimental and numerical investigations on glued joints for wide-span timber trusses», Otto-Graf-Journal Vol. 20, 2021

Deconstructable screw-connections for timber concrete composites

Gerhard Fink
Aalto University
Espoo, Finland

Mohammad Derikvand
Aalto University
Espoo, Finland

Deconstructable screw-connections for timber concrete composites

1. Introduction

During the past few decades, timber-concrete composite (TCC) solutions have become popular as they have been recognized to be an effective alternative to traditional concrete floors [1, 2]. TCC floors, are composed out of a, typically relatively thin, concrete slab above a timber component (e.g., glued laminated timber beams, laminated veneer lumber or cross laminated timber plates) that are connected together using shear connectors. Beside beneficial mechanical performance [2, 3, 4], TCC is also characterized by a lower self-weight and a better environmental performance compared to conventional concrete floors [5].

The more common approach to fabricate TCC is the wet-dry system where the wet concrete is poured on the timber component. Alternatively, also a prefabricated concrete slab can be connected to the timber component (i.e., the dry-dry system). For the wet-dry system usually permanent shear connections are used. Examples are adhesive connections [6], connections with metallic fasteners [e.g. 7, 8], and connections with non-metallic connectors [e.g. 9]. Permanent shear connectors are typically characterized by sufficient shear resistance, however, TCC slabs cannot be disassembled, which results in challenges at the end of service life related to recycling/reusing. This has been addressed by several researchers, and accordingly, several deconstructable TCC connectors have been developed [e.g. 10-15], mainly for the application in the dry-dry system. Recently at Aalto University, we developed a more versatile deconstructable connector concept that can be applied in both wet-dry and dry-dry construction systems [16-18]. In the following sections of this document, a short summary of the deconstructable connector is presented, including its application and disassembly processes as well as its mechanical properties both at the connection level and at the slab level.

2. Deconstructable shear connector

The deconstructable connector consists of a structural self-tapping screw which is covered at the upper section using a ~ 0.5-mm-thick protective layer made of heat-shrink tubing (HST) and a reusable lid that could be made of Styrofoam or silicon rubber (Figure 1). The HST layer prevents the screw from direct contact with the fresh concrete, enables mechanical interlocking between the concrete and the threads of the screw, and creates a plug for the lid. The lid is removeable and makes the screw head accessible for disassembly.

The connector can be used for both wet-dry and dry-dry construction systems. In the wet-dry system, the connector is simply inserted into the timber part and the concrete is then cast on top (Figure 2). One advantage is that no additional steel/plastic tubes are needed inside the formwork before concrete casting. In addition, the connector can be inserted at any desired insertion angle.

Figure 1: Deconstructable connector using self-tapping screws: individual components, production process, and final configurations [17].

In the dry-dry system, a formwork is initially prepared to prefabricate the concrete slab. The connector is inserted into the base of the formwork and then the concrete is cast. After the concrete has dried, the screw is removed from the concrete slab. The concrete slab is then placed on the timber part and the screw is inserted through the connector hole.

The composite system made with this connector can be easily disassembled by removing the screw from the connector hole (Figure 2). Afterwards, the timber part and the concrete slab can be taken apart.

3. Push-out shear tests

An experimental study was carried out to investigate the shear properties of the deconstructable connector [17]. The experiments were performed on glulam-concrete composite specimens. Identical specimens were also fabricated using regular self-tapping screws and tested to create a basis for comparison. The shear tests were conducted using the push-out test set-up shown in Figure 3. Several variables were investigated including the insertion angle of the connector, screw diameter, fabrication method, and connector arrangement.

Based on the results, the shear strength and shear stiffness of the deconstructable connector were similar to those of the regular self-tapping screws. It was also proved that, with a certain insertion angle, the connector can be disassembled even if up to 15 mm slip is reached under loading. Satisfactory mechanical interlocking was formed between the concrete and the threads of the screw that were covered by the HST layer. As a result, the failure modes of the two connector types were also similar (Figure 3). This makes it easier to adapt the existing analytical models to estimate the load-slip curves.

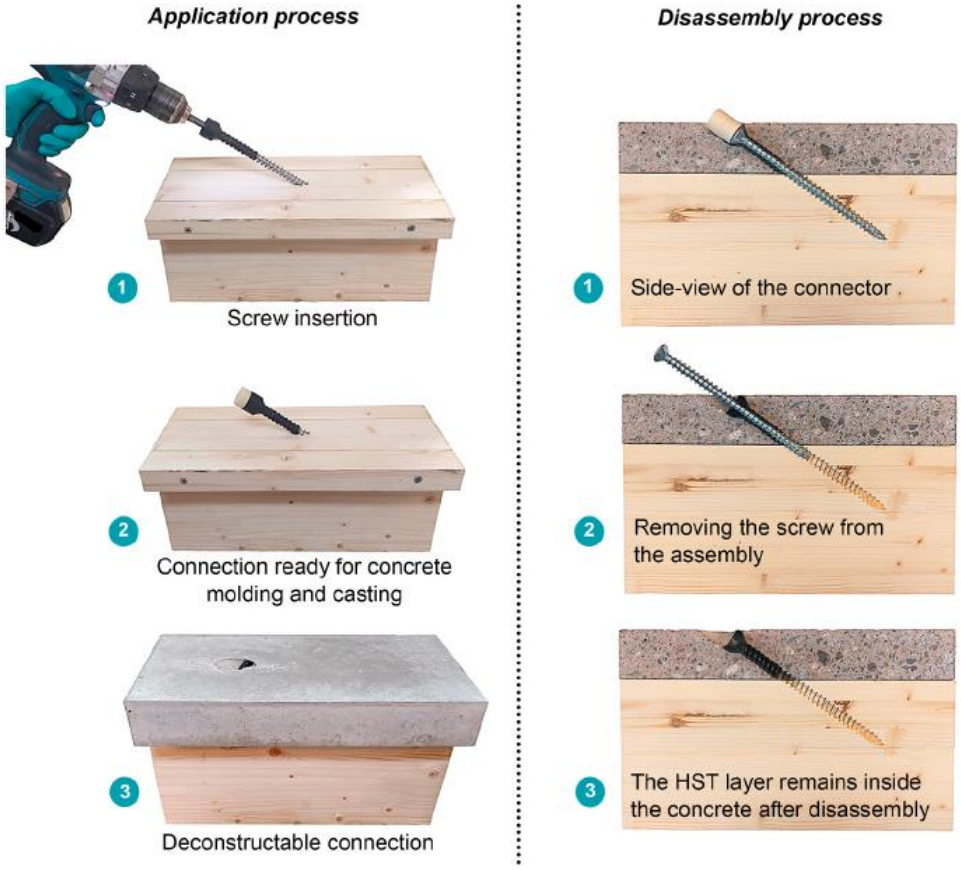


Figure 2: Application steps and disassembly of the deconstructable connector in the wet-dry system [17].

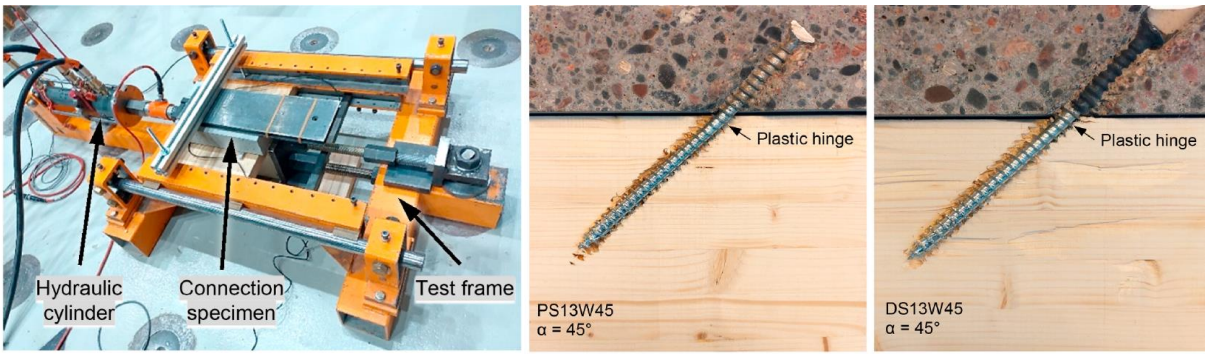


Figure 3: (left) The push-out load set-up: test frame, (middle) example failure mode of a regular screw connector (right) example failure mode of a deconstructable connection [17].

4. Vibration and bending tests

In a subsequent study, the effectiveness of the deconstructable connector in fabricating deconstructable CLT-concrete composite floors was investigated [18]. For this purpose, several CLT-concrete composite elements with the span of 4 m were fabricated using the deconstructable connector. For comparison also elements using regular self-tapping screws with similar geometrical characteristics were fabricated. The experiments were conducted on a simply supported, four-point bending test set-up shown in Figure 4. The first eigen-frequency, damping ratio, bending properties, and failure modes of the composite elements were experimentally investigated.

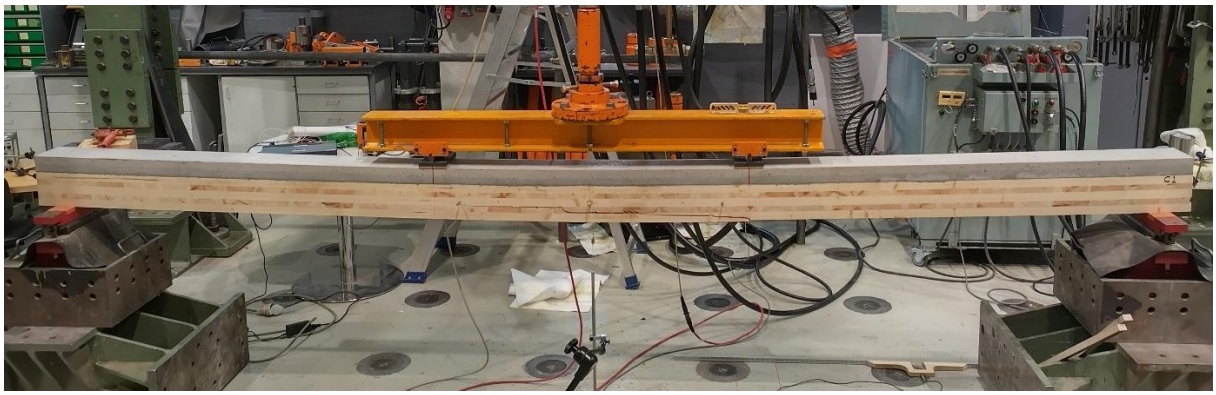


Figure 4: Four-point bending test of a deconstructable CLT-concrete composite element.

It was demonstrated that the deconstructable CLT-concrete composite elements can provide similar vibration performance and bending properties compared to the identical composite elements made with the regular self-tapping screws. No important difference was observed in the failure modes of the two types of composite elements. Furthermore, after the destructive bending tests, the deconstructable composite elements were easily disassembled using a cordless screwdriver, even though they had been exposed to large deformation during the bending test.

5. Summary

The deconstructable TCC connector developed and investigated within this project can facilitate recycling or reusing of timber elements, concrete slabs, and the fasteners at the end of service life. It is easy to use for both prefabrication and cast-in-situ approaches; it can provide sufficient shear properties compared to a regular self-tapping screw; and it can be easily disassembled.

Development of such competitive deconstructable solutions will encourage the sustainable and responsible use of natural resources in the built environment. This will also indirectly contribute to improving the health and wellbeing of people by reducing the environmental impacts of building construction which is currently one of the main sectors that significantly contributes to the CO_2 emission globally.

6. References

[1] A.M. Dias, J. Skinner, K. Crews, T. Tannert, Timber-concrete-composites increasing the use of timber in construction, Eur. J.Wood Wood Prod. 74 (3) (2016) 443–451.

[2] D. Yeoh, M. Fragiacomo, M. De Franceschi, K. Heng Boon, State of the art on timber-concrete composite structures: literature review, J. Struct. Eng. 137 (10) (2011) 1085–1095.

[3] M. Fragiacomo, E. Lukaszewska, Time-dependent behaviour of timber–concrete composite floors with prefabricated concrete slabs, Eng. Struct. 52 (2013) 687–696.

[4] A. Frangi, M. Knobloch, M. Fontana, Fire design of timber-concrete composite slabs with screwed connections, J. Struct. Eng. 136 (2) (2010) 219–228.

[5] D. Otero-Chans, J. Estévez-Cimadevila, F. Suárez-Riestra, E. Martín-Gutiérrez, Experimental analysis of glued-in steel plates used as shear connectors in Timber-Concrete-Composites, Eng. Struct. 170 (2018), 1-0.

[6] T. Tannert, A. Gerber, T. Vallee, Hybrid adhesively bonded timber-concrete composite floors, Int. J. Adhesion Adhes. 97 (2020) 102490.

[7] A.M. Dias, U. Kuhlmann, K. Kudla, S. Mönch, A.M. Dias, Performance of dowel type fasteners and notches for hybrid timber structures, Eng. Struct. 171 (2018) 40–46.

[8] A.M. Dias, S.M. Lopes, J.G. Van de Kuilen, H.M. Cruz, Load-carrying capacity of timber–concrete joints with dowel-type fasteners, J. Struct. Eng. 133 (5) (2007) 720–727.

[9] J. Daňková, P. Mec, J. Šafrata, Experimental investigation and performance of timber-concrete composite floor structure with non-metallic connection system, Eng. Struct. 193 (2019) 207–218.

[10] N. Khorsandnia, H. Valipour, M. Bradford, Deconstructable timber-concrete composite beams with panelised slabs: finite element analysis, Construct. Build. Mater. 163 (2018) 798–811.

[11] N. Khorsandnia, H. Valipour, J. Schänzlin, K. Crews, Experimental investigations of deconstructable timber–concrete composite beams, J. Struct. Eng. 142 (12) (2016), 04016130.

[12] E. Lukaszewska, H. Johnsson, M. Fragiacomo, Performance of connections for prefabricated timber–concrete composite floors, Mater. Struct. 41 (9) (2008) 1533–1550.

[13] M. Fragiacomo, E. Lukaszewska, Influence of the construction method on the longterm behavior of timber-concrete composite beams, J. Struct. Eng. 141 (10) (2015), 04015013.

[14] R. Crocetti, T. Sartori, R. Tomasi, Innovative timber-concrete composite structures with prefabricated FRC slabs, J. Struct. Eng. 141 (9) (2015), 04014224.

[15] Y. Zhang, G.M. Raftery, P. Quenneville, Experimental and analytical investigations of a timber–concrete composite beam using a hardwood interface layer, J. Struct. Eng. 145 (7) (2019), 04019052.

[16] M. Derikvand, G. Fink, Deconstructable timber-concrete composite connectors, in: Proceedings of the 63rd Society of Wood Science and Technology International Convention, July 2020, pp. 98–105.

[17] M. Derikvand, G. Fink, Deconstructable connector for TCC floors using self-tapping screws, Journal of Building Engineering, 42, 2021.

[18] M. Derikvand, G. Fink G, Bending properties of deconstructable CLT-concrete composite floor elements, Accepted for oral presentation at the 11th Forum Wood Building Nordic, 2022, Helsinki, Finland.

Was bewegt den Holz(haus)bau in der Zukunft

Brettsperrholz
Wo geht’s hin in der Fertigungstiefe?

DI Georg Jeitler
Forschung & Entwicklung | Normung & Zertifizierung
HASSLACHER Gruppe

Brettsperrholz
Wo geht's hin in der Fertigungstiefe?

1. Einleitung: Historie & Mengenentwicklung

Der Begriff «Brettsperrholzplatten» wurde erstmals im Jahre 1981 von G. Dröge und K.-H. Stoy im Zusammenhang mit der patentrechtlich geschützten Produktfamilie der «STEG-träger» erwähnt. 1996 wurden im Zuge eines Forschungsprojektes an der Technischen Universität Graz ein Prototyp einer Presse und eines der ersten Brettsperrholz-Elemente hergestellt.

Abbildung 1: Versuchspresse und erster Brettsperrholz-Prototyp aus dem Jahre 1996 [2]
© Institut für Holzbau und Holztechnologie der Technischen Universität Graz

Im Jahre 1998 erhielt die KLH Massivholz GmbH die erste nationale Zulassung ÖTZ (Österreichische Technische Zulassung) und im selben Jahr gelang es der Merk-Holzbau GmbH & Co., eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-354 für das Produkt MERK-Dickholz (MDH) zu erwirken. Zum damaligen Zeitpunkt betrug das produzierte Gesamtvolumen rund 40.000 m³. Damit konnte im Vergleich zu anderen Produkten der Holzbranche von einem Nischenprodukt gesprochen werden. Durch stetige Arbeit im Bereich Forschung & Entwicklung sowie im Marketing und nicht zuletzt durch den Einstieg namhafter Holzindustriebetriebe ab 2006 konnte das Produkt zeitweise jährliche Zuwachsraten von über 20 % erreichen.

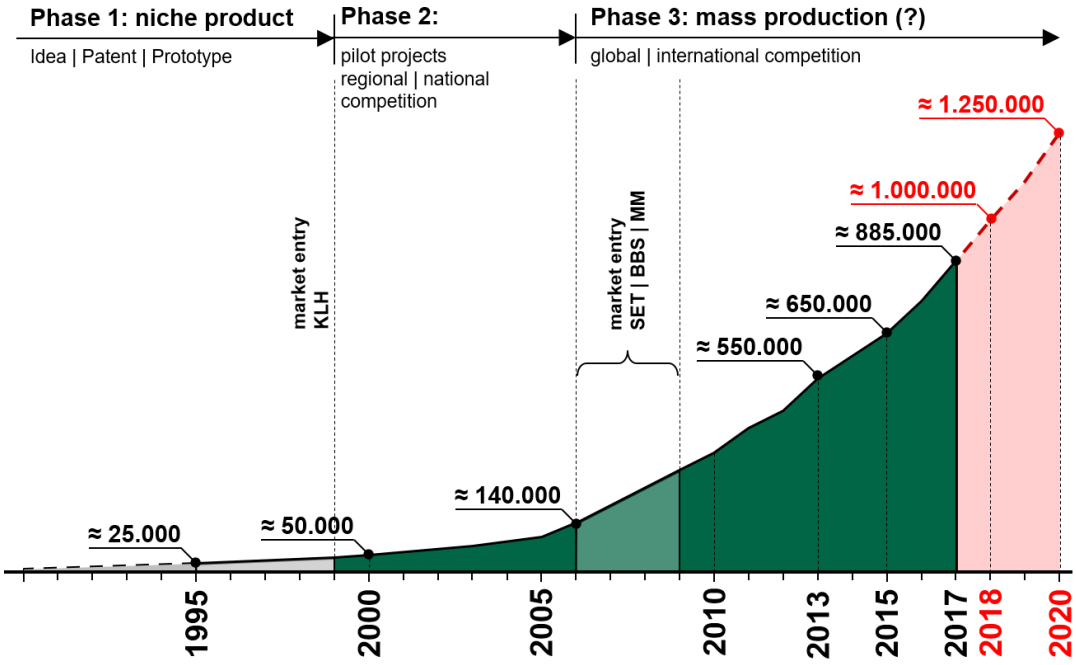


Abbildung 2: Von der Nische zur Masse.
Entwicklung und Abschätzung des Produktionsvolumens nach G. Schickhofer [2]
© Institut für Holzbau und Holztechnologie der Technischen Universität Graz

Für 2023 wird laut Holzkurier die Produktionsmenge unter Hinzunahme bestehender und angekündigter Kapazitäten mit rund 1,6 Mio. m³. Mit den bereits angekündigten Fertigungslinien könnte die Kapazität bereits 2023 bei 2,3 Mio. m³/J liegen.

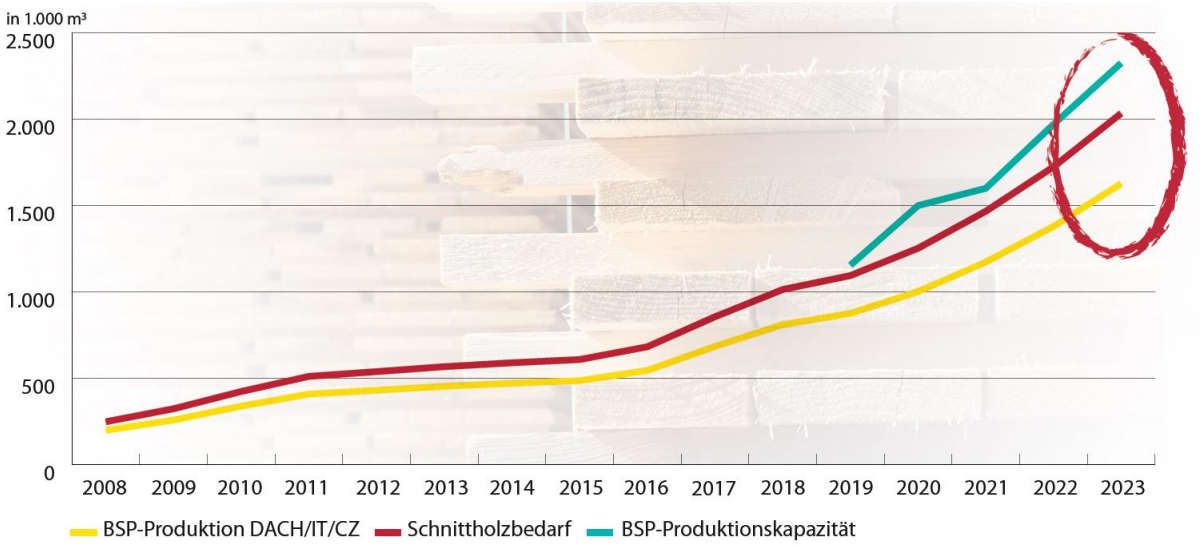


Abbildung 3: Entwicklung Brettsperrholz-Produktion/-Bedarf 2008–2023 [3]
© Holzkurier

Die HASSLACHER Gruppe stieg 2011 mit dem Kauf eines Produktionswerkes in den Brettsperrholz-Markt ein. Im ersten Jahr wurden am Standort in Oberkärnten in Stall im Mölltal rund 11.000 m³ produziert. Eine Anfrage von über 100 m³ galt damals als Großauftrag. Nach zahlreichen Investitionen konnte die Menge und Qualität gesteigert werden. 2020 ging am Standort in Magdeburg eine sogenannte «Combi Press» in Betrieb, auf der sowohl Brettschichtholz als auch 125 cm breite Brettsperrholz-Standardelemente mit einer Länge von bis zu 24 m produziert werden können.

Die getätigten Investitionen wurden jedoch nicht nur in Richtung Mengensteigerung, sondern auch in das Vorantreiben des Vorfertigungsgrades und der Fertigungstiefe getätigt. Zu beobachten war und ist vor allem der Trend zu fertigen Oberflächen, kleinteiligeren und komplexeren Abbundarbeiten und einer kundenseitig gewünschten Oberflächenveredelung sowie zur Ausstattung des Brettsperrholzes mit weiteren Bauelementen und Verbindungsmitteln. Diese Trends sind auf das allgemeine Bestreben zurückzuführen, teure Arbeitszeit und damit Kosten auf der Baustelle zu sparen sowie Abläufe im Zuge der Bauphase effizienter zu gestalten.

2. Fertigungstiefe: Oberfläche

2.1. Exzellentoberfläche

Um den unterschiedlichsten kundenseitigen Ansprüchen gerecht werden zu können, gibt es am Markt neben der sogenannten Industriequalität (welche erst beplankt werden muss) auch noch weitere Qualitäten wie Industrie-Sichtqualität (als Anwendung für den Industriebau optimiert) und Sicht- bzw. Wohnsicht-Qualitäten. Einer der häufigsten Gründe für Reklamationen lässt sich vor allem bei Sichtqualitäten auf eine Fugenbildung zwischen den Brettlamellen zurückführen. Das Aufbringen zusätzlicher Schichten, z. B. mehrschichtige Massivholzplatten, kann diesem Umstand zwar entgegenwirken, ist aber verhältnismäßig kostspielig und mit einem zusätzlichen Arbeitsschritt werkseitig oder auf der Baustelle verbunden. Aus diesen Gründen wurde die sogenannte HASSLACHER Exzellentoberfläche bzw. die dafür verwendete «Exzellentlamelle» entwickelt. Diese Lamelle weist einen 3-schichtigen Aufbau, ähnlich einem kleinen Brettsperrholz, auf und wird im Zuge des Produktionsprozesses wie eine herkömmliche Vollholzlamelle behandelt.

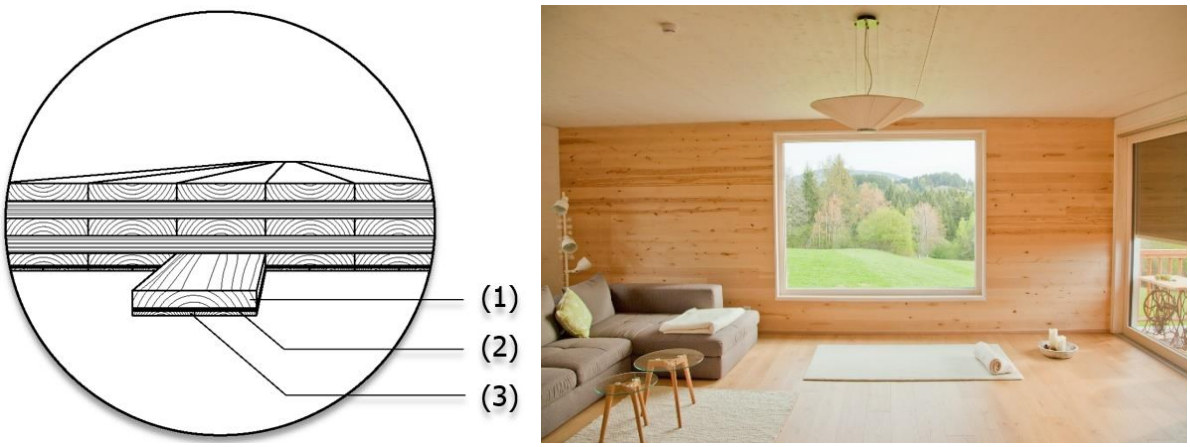


Abbildung 4: a) Skizze und Aufbau der «Exzellentlamelle».
b) Anwendung der HASSLACHER Exzellentoberfläche in Fichte (Decke) und Birke (Wand)
© HASSLACHER Gruppe | D. Sternad

Für die 5 bis 7 mm dünne Deckschicht (3) können Nadel- und Laubhölzer eingesetzt werden. Die darunter (quer-) liegende Sperrschicht (2) aus Nadelholz verhindert ein Schwinden der Deckschichte und damit die Fugen- und Rissbildung in der Sichtoberfläche. Die Füllschicht (1) besteht aus maschinell festigkeitssortierten Lamellen und kompensiert die Sperrschicht, was die mechanischen Eigenschaften betrifft. Damit ist die Exzellentlamelle wie eine Vollholzlamelle der Festigkeitsklasse C24 bzw. T14 zu betrachten und kann in die statische Bemessung miteinbezogen werden. Der Nachweis dieser Festigkeitsklasse wurde über Zugprüfungen nach EN 408 bzw. EN 14080 geführt, damit konnte die Exzellentlamelle in die Europäische Technische Bewertung ETA-12/0281 mitaufgenommen werden. Bei den Nadelhölzern sind Fichte, Tanne, Lärche sowie Zirbe und bei den Laubhölzern Eiche sowie Birke im Programm. Es ist möglich, auf Wunsch auch andere Holzarten über die Exzellentlamelle auf Brettsperrholz-Oberflächen zu applizieren.

2.2. Oberflächenveredelungszentrum

Holzoberflächen werden nicht nur der Optik wegen, sondern auch aus Gründen des Schutzes vor Verschmutzungen, Feuchteeintritt oder Vergilbung immer häufiger mit Anstrichsystemen versehen. Diesen erst auf der Baustelle aufzutragen, gestaltet sich relativ aufwändig, da die Flächen zuerst gereinigt und vorbehandelt oder geschliffen werden müssen. Um gute Oberflächenergebnisse erzielen zu können, ist ein zweimaliger Anstrich mit einem Zwischenschliff erforderlich.
Immer mehr Hersteller installieren nach dem Abbund Oberflächenveredelungsanlagen. Die dafür eingesetzten Systeme fußen zumeist auf Anlagen für den Möbel- oder Fensterbau und werden für lastabtragende, großformatige Bauteile quasi hochskaliert.

Vor dem Prozess der Beschichtung sorgt eine Feinschliffanlage mit mehreren richtungslos rotierenden Aggregaten für einen gleichmäßig feinen Schliff und bereitet das Element so für die nachfolgende Beschichtung vor. Auch gebürstete und strukturierte Oberflächen sind mit einer derartigen Anlage umsetzbar.

Abbildung 5: Die Oberflächenveredelungsanlage beim Einsatz für Brettsperrholzwände (mit vorgefertigten, ins Brettsperrholz eingefrästen Fensterstöcken) für das HoHo Wien
© HASSLACHER Gruppe | TINEFOTO

Ein vollautomatischer Scanner erkennt die Plattengeometrie. Die Veredelung wird ohne Umwege direkt aus dem Kundenauftrag entnommen und digital bereitgestellt. Durch diese Vorgehensweise werden die Bauteile automatisiert wiedererkannt. Zwei CNC-gesteuerte Roboterarme mit jeweils vier Feinzerstäuberdüsen können auf bis zu sieben Farbkreisläufe zugreifen und sorgen für die eigentliche Beschichtung der Oberfläche. Die nachfolgende Trocknung erfolgt warmluftunterstützt mit vorentfeuchteter Luft. Eine Zwischenschliffanlage glättet aufstehende Fasern und bereitet die Oberfläche für den zweiten Schichtaufbau vor.
Verarbeitet werden ausschließlich wasserbasierende Produkte, wie Allzwecklasuren in Standard- oder Sonderfarben, Wohnraumlasuren, farblose Beschichtung zum Schutz vor Bläue, Zwischen- und Schlussbeschichtung für geölte Optik, insbesondere für Holzoberflächen aus Eiche, Birke und Lärche, volltransparenter UV- und Vergilbungsschutz im Speziellen für helle Holzoberflächen wie Fichte, Tanne und Birke, temporärer und transparenter feuchtigkeits- und schmutzabweisender Baustellen- und Montageschutz für die Anwendung in der Fläche sowie Hirnholzschutz zur Verhinderung der Feuchtigkeitsaufnahme während der Montage an den Schmalseitenflächen der Brettsperrholzelemente, insbesondere für Großbaustellen empfohlen.

3. Fertigungstiefe: Verbindungsmittel

Die wichtigsten Verbindungsmittel im Bereich Brettsperrholz sind nach wie vor Stahlwinkel und Holzbauschrauben als Voll- und Teilgewindeschrauben mit den verschiedensten Kopfausbildungen. Einige Hersteller bzw. Lieferanten von Verbindungsmitteln entwickelten in den letzten Jahren auch spezielle Verbindungsmittelsysteme für Brettsperrholz-Decken und -Wände, einerseits basierend auf den bestehenden Verbindungen, wie man sie aus dem Holzleichtbau kennt und für Brettsperrholz adaptiert wurden. Andererseits entwickeln

sich gänzlich neue Systeme, wie beispielsweise das System X-Rad von rothoblass oder CLTconnector der Vinzenz Harrer GmbH. In den Schmalseiten eingelassene Systemverbinder für Brettsperrholzwände sind ebenfalls erhältlich. Die unterschiedlichen Systeme streben folgendes an und sind danach ausgerichtet und optimiert:

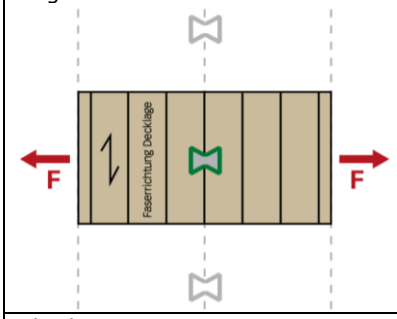
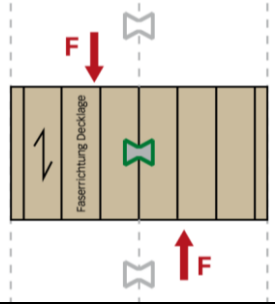
- Vorfertigung im Herstellerwerk im Bereich des Abbundes,
- möglichst flächenbündige Systeme für den Transport sowie
- eine einfache und rasche Montage auf der Baustelle bei
- möglichst geringen Kosten des Verbindungsmittelsystems.

Die Grundidee für einen Verbinder rein aus Holz lieferte der Mölltaler Josef Schilcher: Ein Systemverbinder für Brettsperrholz in doppelschwalbenschwanzförmiger Ausführung. Die geniale Idee liegt dabei in der keilförmigen Teilung, die ein einfaches Einschlagen des Verbinders bei gleichzeitigem Zusammenziehen der zu verbindenden Brettsperrholzelemente ermöglicht. X-fix C wurde für die schub- und zugfeste Verbindung von Brettsperrholz-Decken entwickelt und folgt einem einfachen Montageprinzip: Einlegen des ersten Teiles in die vorgefertigte Fräsung, Einlegen des zweiten Teiles und Fixierung durch Einschlagen mit einem Hammer. Ein geschickter Kranfahrer kann die Platten ausreichend genau ausrichten, sodass kein Balkenzug mehr nötig ist. Zudem ist diese Verbindung durch einen Schnitt wieder lösbar, was im Sinne der Rückbaubarkeit erhebliche Vorteile in sich birgt.

Abbildung 6: Fertigungstiefe in den Verbindungsmitteln: X-fix C verbindet Brettsperrholz-Elemente «auf einen Schlag» form- und kraftschlüssig. Der damit einhergehende hohe Vorfertigungsgrad ab Werk verringert die Montagezeit auf der Baustelle erheblich.
© HASSLACHER Gruppe | Jost & Bayer

Zur Erlangung einer Europäischen Technischen Bewertung dieses Produktes mussten Zug- und Schubprüfungen nach EAD 130336-00-0603 «Point connector – dovetail made of plywood for cross laminated timber» durchgeführt werden. Diese lieferten folgende Ergebnisse:

Tabelle 1: Mechanische Eigenschaften von X-fix C nach ETA-18/0254

Beanspruchung	Tragfähigkeit R_k [kN]	Steifigkeit K_{ser} [kN/mm]
Zug 	X-fix Cm 28,0 X-fix Cs 14,0	20,0
Abscheren 	X-fix Cm 28,0 X-fix Cs 14,0	20,0

Das Großprojekt «Krokodil» – ein mehrgeschoßiger Wohnbau auf einem ehemaligen Industriegelände – wurde in Winterthur in der Schweiz errichtet und «verschlang» rund 4.950 m³ Brettsperrholz, vorwiegend als vorgefertigte Deckenelemente mit rund 22.000 m² HASSLACHER Exzellentoberfläche in Fichte. Um wertvolle Montagezeit zu sparen, wurden die Verbindungen der Elemente untereinander mit rund 10.000 Stück X-fix C Holz-Holz-Verbindern vorgenommen. Zum Einbringen dieser wurde anstelle eines Vorschlaghammers eine Rüttelplatte verwendet. Eine Nachkalkulation zeigte, dass durch den Einsatz des Systemverbinders X-fix Cm die Montagezeit um ca. 30% verringert werden konnte.

Abbildung 7: Vorgefertigtes Deckenelement für das Projekt «Krokodil» in Winterthur in der Schweiz. 10.000 Stück X-fix C verbinden die 22.000 m² umfassenden Flächen.
© Implenia Schweiz AG

Getrieben durch das Bestreben, Bauzeiten stetig zu verkürzen, wird auch die Fertigungstiefe im Bereich der Verbindungsmittel immer weiter voranschreiten. Für die Entwicklung derartiger Innovationen ist in Zukunft eine noch engere Zusammenarbeit zwischen Hersteller, Industrie und Verarbeiter erforderlich.
In diesem Zusammenhang ergeben sich folgende zentrale Fragestellungen, die es bei der Entwicklung von Systemverbindern zu beleuchten gilt:
- Erfüllt das System alle Anforderungen an die Mechanik, an die Bauphysik und an den Brandschutz?
- Ist das Verbindungsmittelsystem für den Verarbeiter letztendlich wirtschaftlich?
- Ist das System mit den derzeit zur Verfügung stehenden Abbundaggregaten wirtschaftlich und ausreichend präzise vorzufertigen?
- Ist das Verbindungsmittel nach der vorgesehenen Nutzungsdauer des Gebäudes auch wieder lösbar, ist die Konstruktion wieder rückbaubar?

4. Fertigungstiefe: Zusätzliche Schichten und Elemente

Im Zuge des Produktionsprozesses von Brettsperrholz können zusätzliche, funktionelle Schichten auf das Brettsperrholz aufgebracht werden. Dabei stehen sowohl die Arbeitszeit als auch die weitere Kostenreduktion auf der Baustelle im Fokus. Eventuell entfällt auch eine zusätzliche Abladestation beim Zimmereibetrieb bzw. beim Verarbeiter oder Monteur.

4.1. Malerfertige Oberfläche

Im Rahmen der Produktion von Brettsperrholz können auch zusätzliche Schichten in Form von Holzfaserplatten aufgebracht werden. Der Vorteil des Aufbringens dieser Holzfaserplatten liegt darin, dass Malerarbeiten, nach vorhergehender Verspachtelung der Fugen und einer Grundierung, unmittelbar mit der gewünschten Raumfarbe durchgeführt werden können. Eine vorangehende Grundierung wäre auch mit dem Oberflächenveredelungszentrum effizient möglich.
Das folgende Beispiel aus der Praxis zeigt den erfolgreichen Einsatz der sogenannten «malerfertigen Oberfläche» der HASSLACHER Gruppe anhand eines Industriebaus. Hier wurden die Oberflächen im Werk bereits komplett fertig hergestellt; Malerarbeiten auf der Baustelle konnten damit komplett entfallen.

Abbildung 8: «Malerfertige Oberfläche» mit Endbeschichtung im Oberflächenveredelungszentrum der HASSLACHER Gruppe am Beispiel einer Industriehalle.
© HASSLACHER Gruppe

Eine werksseitige Vorimprägnierung ist ebenfalls möglich, um die Oberfläche vor Witterungseinflüssen zu schützen und auf einen (End-)Anstrich nach erfolgter Montage des Bauwerkes vorzubereiten.

4.2. Aufbringen von zusätzlichen Bauteil-Schichten und Einbau von Fensterelementen am Beispiel HoHo Wien

Neben der HASSLACHER Exzellentoberfläche und der Oberflächenbehandlung derselben, musste bei den Fassadenelementen für das HoHo Wien zwischen Brettsperrholz und Wärmedämmung noch eine zusätzliche Schicht als temporärer Witterungsschutz und luftdichte Ebene eingebracht werden. Die abgebundenen und mit der HASSLACHER Exzellentoberfläche sowie Beschichtung versehenen Brettsperrholzelemente kamen dabei am Schienensystem hängend aus der Oberflächenveredelungsanlage und konnten ohne weitere Manipulation weiterverarbeitet werden.

Abbildung 9: Aufbringen zusätzlicher Bauteilschichten am Beispiel der Brettsperrholz-Außenwände für das HoHo Wien.
© HASSLACHER Gruppe | TINEFOTO

Im Rahmen dieser Weiterveredelung wurden werksseitig die Fenster in die Elemente eingebracht. Die so teil-vorgefertigten Außenwände wurden in der Werkshalle auf einen sogenannten Innenlader (spezielle Form eines Sattelaufliegers) verladen und direkt auf die Baustelle nach Wien Aspern geliefert, wo sie dann mittels Verschraubung mit den blockverklebten Brettschichtholzstützen «verheiratet» wurden. Fassadenelement und Stützen wurden danach gemeinsam verhoben und montiert.
Selbstklebende Folien in Form von Dampfbremsen können zu diesem Zeitpunkt der Produktion oder auch direkt nach dem Abbund aufgebracht werden. In Zukunft werden kombinierte Systeme für Witterungsschutz und Dampfdiffusion eine immer größere Rolle spielen. Es gibt bereits eine Fülle an Folienanbietern am Markt, die sich mit dieser Thematik bereits umfangreich beschäftigt haben.

Abbildung 10: Werksseitige Fenstermontage am Beispiel der Brettsperrholz-Außenwände für das HoHo Wien
© HASSLACHER Gruppe | TINEFOTO

Es ist in der täglichen Praxis zu beobachten, dass zusätzliche Manipulationen, bedingt durch das Ab- und Aufladen, immer wieder zu unerwünschten Beschädigungen der durchaus sensiblen, fertigen Oberflächen führen. Der Kundennutzen lag beim Projekt HoHo Wien im Wegfall dieser zusätzlichen Manipulation und der damit verbundenen Kosten sowie der Risikominimierung von davon ausgehenden Beschädigungen. Der hohe Zeitaufwand, diese zusätzlichen Schritte im eigenen Werk oder erst auf der Baustelle durchzuführen, war ein weiteres Argument für den hohen Vorfertigungsgrad im Herstellwerk am Beispiel der Außenwandelemente des HoHo Wien.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Frage *«Wo geht's hin in der Fertigungstiefe?»* werden auch in Zukunft der Kunde, der Verarbeiter oder der Monteur beantworten. Wie diesem Beitrag entnommen werden kann, bietet die holzverarbeitende Industrie, neben dem stetigen Aufbau von Produktionskapazitäten und einer damit einhergehenden Reduktion der Lieferzeiten von Brettsperrholzwänden und -decken, auch eine Vielzahl an Möglichkeiten der Weiterverarbeitung und der Veredelung dieses relativ neuen Baustoffes an. Der Kunde wird diese Möglichkeiten annehmen, wenn er in diesen Entwicklungsschritten einen Mehrwert für sich, oder einen Vorteil gegenüber seinem Mitbewerber am Markt eindeutig erkennt und in der Baupraxis bzw. bei seinem Kunden auch umsetzen kann, entweder in geringeren Kosten oder in höherer Qualität.
Deshalb wird es auch in Zukunft wichtig sein, die Bedürfnisse des Kunden zu erkennen und derartige Innovationen im Bereich Produkt und Dienstleistung gemeinsam zu entwickeln und voranzutreiben. Ziel aller Entwicklungen muss es sein, den Holzbau noch wettbewerbsfähiger gegenüber den mitbewerbenden Materialien zu gestalten und die Vorteile des Holzbaues damit noch mehr und eindeutiger herauszustreichen.

Abbildung 11: Werksseitig vorgefertigte Brettsperrholz-Fassadenelemente am Beispiel der Produktionshalle am Standort der HASSLACHER Gruppe in Stall im Mölltal in Kärnten.
© HASSLACHER Gruppe

6. Literaturverzeichnis

[1] Schickhofer G., Bogensperger Th., Moosbrugger Th.: BSPhandbuch Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz. 1. Auflage. Graz, 2009. ISBN 978-3-85125-076-3

[2] Schickhofer G., Ganster K., Sieder R., Zimmer S.: Cross Laminated Timber – Data and Facts about CLT, Institut für Holzbau und Holztechnologie der Technischen Universität Graz, 2019.

[3] Ebner G.: Ungebrochener BSP-Boom, Holzkurier, Wien, 20.01.2022.

[4] Jeitler G., Augustin M.: Ist Birke die bessere Buche? Mechanische Eigenschaften und Pilotprojekte aus BIRKEBSH&BSP, 22. Internationales Holzbau-Forum IHF, Garmisch-Partenkirchen, 2016.

[5] Österreichisches Institut für Bautechnik: Europäische Technische Bewertung ETA-12/0281 für HASSLACHER CROSS LAMINATED TIMBER, Wien, 2018.

[6] Österreichisches Institut für Bautechnik: Europäische Technische Bewertung ETA-18/0254 für X-fix C – Punktförmiges Verbindungsmittel – Schwalbenschwanz aus Sperrholz für Brettsperrholz, Wien, 2018.

Maschinentechnologie als Chance für den Nischenplayer im Holzbau

Thomas Koster
TechnoWood AG
Alt St.Johann, Schweiz

Maschinentechnologie als Chance für den Nischenplayer im Holzbau

1. Digitalisierungstrend im Holzbau. Haben wir den digitalen Überblick?

Oftmals erscheint die Digitalisierung oder der Digitalisierungsdruck, dem «Hölzigen» fast als Bedrohung.

Heute profitieren wir vom Nutzen der eingesetzten digitalen Tools schon weitaus mehr, als dass es uns im täglichen Geschäft bewusst ist.

Abbildung 1: Der Holzbauer verschafft sich die Übersicht, in einer, für ihn fremden Sprache…

Wir stellen uns nun die folgenden Fragen, welche die Holzbauunternehmen in ihrer Geschäftsfeldentwicklung beschäftigt. Dies in einer Zeit mit einer steigenden Nachfrage von Holzbauten und Holzbauvolumen, mit einer rasant steigenden Digitalisierung in sämtlichen Bereichen des Planungs- und Produktionsprozesses. Auch in einer Zeit, geprägt vom aufkommenden Fachkräftemangel und mit weitreichenden Herausforderungen in den Zulieferketten unserer Rohstoffe, Halbfabrikate und Komponenten.

- Wie müssen wir unseren Holzbaubetrieb in Bezug auf die materielle und die digitale Prozesskette aufstellen, damit wir uns in den kommenden Jahren in unserem Nischenmarkt halten können?
- Wie stellen wir uns auf, um unseren weiteren Weg selbst steuern und uns aktiv verändern zu können?
- Mit welcher Maschinentechnik und welchen Softwarelösungen positionieren wir uns in der materiellen Wertschöpfungskette, damit wir künftig nicht komplett den Launen der grossen Industriebetriebe ausgeliefert sind?
- Welche Lösungen lassen sich in unserer Unternehmensstruktur verträglich integrieren, damit wir sie schnellstmöglich wertschöpfend einsetzen können?
- Wie können wir leistungsfähiger werden und dabei trotzdem flexibel bleiben?

2. Erstellung einer Roadmap für die anstehenden Schritte

Wie erkennen wir die anstehenden Schritte, welche wir mit unserem Unternehmen begehen möchten?
Aus der Metaebene (Vogelperspektive) verschaffen wir uns die nötige Übersicht über die Homogenität unseres Unternehmens.
Eine IST Aufnahme und die zu erarbeitende SOLL Definition, zeigen die anstehenden Schritte auf, welche in einem Pflichtenheft beschrieben und danach umgesetzt werden sollen.

2.1. Erstellung eines Kompasses für die Geschäftsfeldentwicklung

Mit dem Schwerpunkt zur Produktionstechnik und deren Steuerung machen wir uns Gedanken über:
- Unsere Dienstleistung und Produkte
- Unseren Markt und Kunde den wir heute beliefern
- Den möglichen Markt der Zukunft, welchen wir bedienen wollen
- Wie wollen wir auf Veränderungen am Markt reagieren
- Wertschöpfung und Wertschöpfungsketten
- Ökologie
- Regionalität
- Ressourcen
- Unser Personal und dessen Bildung
- Unsere Prozesse und Methoden
- Unsere mechanischen und digitalen Werkzeuge und Hilfsmittel
- …

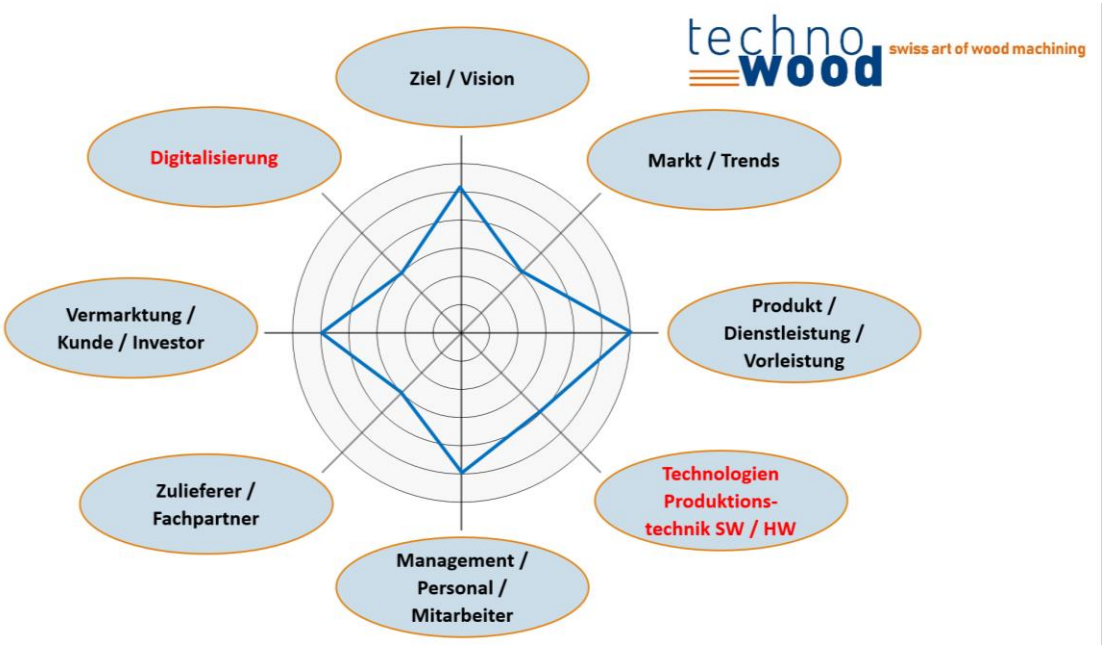


Abbildung 2: Kompass für den Blick des Ganzen

2.2. Definition der Roadmap. Wo sind wir? Wohin wollen wir?

Die grosse Mehrheit der Holzbauunternehmen sind nicht auf dem Reissbrett entstanden. Sie sind an den Anforderungen am Markt gewachsen und haben das Unternehmen und ihre Märkte, mit ihrem permanenten Innovationstrieb, vorangetrieben. Schrittweises Lernen, die modulare Integration von neuen Werkzeugen waren und sind entscheidend.
Wie die Holzbauunternehmungen und deren Markt, sind auch die digitalen und mechanischen Werkzeuge an den permanent sich verändernden Anforderungen gewachsen.
Sämtliche mittelständische Holzbauunternehmen gingen allesamt die Treppe hoch, Schritt für Schritt. Die breite und unverzichtbare Erfahrung dient heute als Fundament. Dieses ermöglicht ein unwahrscheinlicher Flexibilitätsbereich, auf welchen täglich zurückgegriffen werden kann.

Modulare mechanische Komponenten mit offenen Steuerungskonzepten waren und sind auch weiterhin entscheidend für die zukünftigen Schritte einer Unternehmensentwicklung.

Permanent wurden und werden neue Werkzeuge in die Software und Produktionslandschaften integriert. Dabei empfehlen wir: «Konsequent integrieren und damit sofort profitieren».

Die spezifischen Holzbau- CAD-Systeme spielen für die Planung und auch für die Produktion eine ganz entscheidende Rolle. Eine CAD-Software ist schon längst nicht mehr nur ein Zeichnungsprogramm. Es sind mittlerweile mächtige Produktionstools, deren Fähigkeit zur Bereitstellung von Informationen von Bauteilen, deren Bearbeitungsparametern und weiteren benötigten Produktionsdaten, die nachgelagerte Produktion erheblich beeinflussen. Weiter spielen sie im Warenwirtschaftssystem eine wesentliche Rolle.

Die holzbauspezifischen CAD-Systeme gibt es seit ungefähr 30 Jahren. Dazu kamen vor ungefähr 20 Jahren die holzbauspezifischen CAM-Systeme, wie in unserem Fall, das LIGNOCAM. Auch die Produkte von TechnoWood AG, sind in dieser Zeitspanne zusammen mit den CAD- und CAM-Systemen, an den Kunden- und Marktanforderungen, Schritt für Schritt gewachsen.

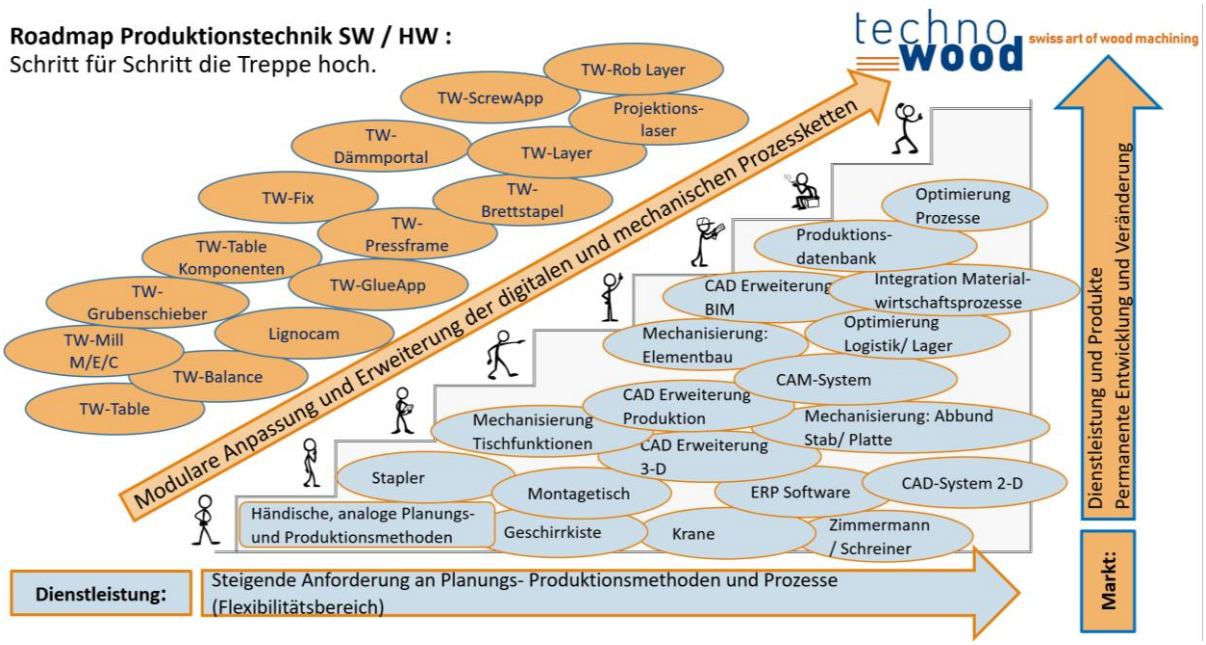


Abbildung 3: Die Treppe hoch «Schritt für Schritt». Sinnbild einer modularen Unternehmensentwicklung

3. Modulare Integration von mechanischen und digitalen Hilfsmitteln

Die Hilfsmittel sollen für die aktuelle Anforderung vom Holzbauunternehmen skaliert werden können. Jeder Betrieb definiert den Grad seiner Automatisierung selbst.

3.1. Beispiel: Unterstützung für den Materialfluss, mittels modularer Mechanisierung

Mechanisch, analoge Produktionsunterstützung mit dem modularen TW-Table

Abbildung 4: TW-Concept Line, die modularen Tische

Mechanisch, digitale Unterstützung. Kollaborativ Mensch – Maschine, Maschine – Maschine, mit dem modularen Portal-Roboter TW-Concept

Abbildung 5: TW-Concept Line, der modulare Portal-Roboter

Ziel:
- Jeder Betrieb bestimmt den Grad der Automatisierung selbst
- Die Treppe hoch, Schritt für Schritt
- Wertschöpfende Produktion ab dem 1. Tag
- Modular integrieren, konsequent umsetzen, sofort von Veränderung profitieren

3.2. Beispiel: Unterstützung für den Datenfluss, mittels modularer Softwarelösung zur Maschinensteuerung

Die Softwareumgebung in einem Produktionsunternehmen besteht nie nur aus einer einzelnen Software, die aufgabenübergreifend alles abdecken kann. Es ist immer ein Verbund aus verschiedenen Softwarelösungen, die sich optimal ergänzen. Im Falle der Produktion ist es entscheidend, eine offene Steuerungs- und Ansteuerungslösung einzusetzen, welche flexibel eingesetzt und für künftigen Anforderungen erweitert werden kann.
Die sich stetig weiterentwickelnden Planungsmethoden, bei welchen immer mehr durch verschiedenen Gewerken an einem einzigen 3-D BIM-Modell geplant wird, verlangen permanente Anpassungen an die eingesetzten Werkzeuge. Folgend auch an die gesamte Produktions- und der Ansteuerungskette, mechanisch wie digital.
Um den künftigen Veränderungen am Holzbaumarkt gerecht zu werden, muss die digitale Kette sauber und jederzeit erweiterbar sein.
Dies erreichen wir durch Ansteuerungssysteme, in unserem Falle dem LIGNOCAM, mit welchem der Nutzer mittels einem Lizenzverfahren permanent von den Möglichkeiten zuvorderst in der digitalen Kette profitiert.

Datenfluss vom digitalen Modell zur Produktion «CNC»

Ziel:
- vollautomatisch
- ohne Verlust von Metadaten
- flexibel
- nutzbar durch jeden «Hölzigen» mit CAD Kenntnis
- modular, erweiterbar und anpassbar
- saubere Basis für die Veränderung und die neuen Anforderungen der Zukunft

Beispiel TWOODS-Line:
Vollautomatische Steuerung von gleichzeitig drei Portal-Robotern ab einem einzigen Wandvolumen, aus beliebigem CAD-System.

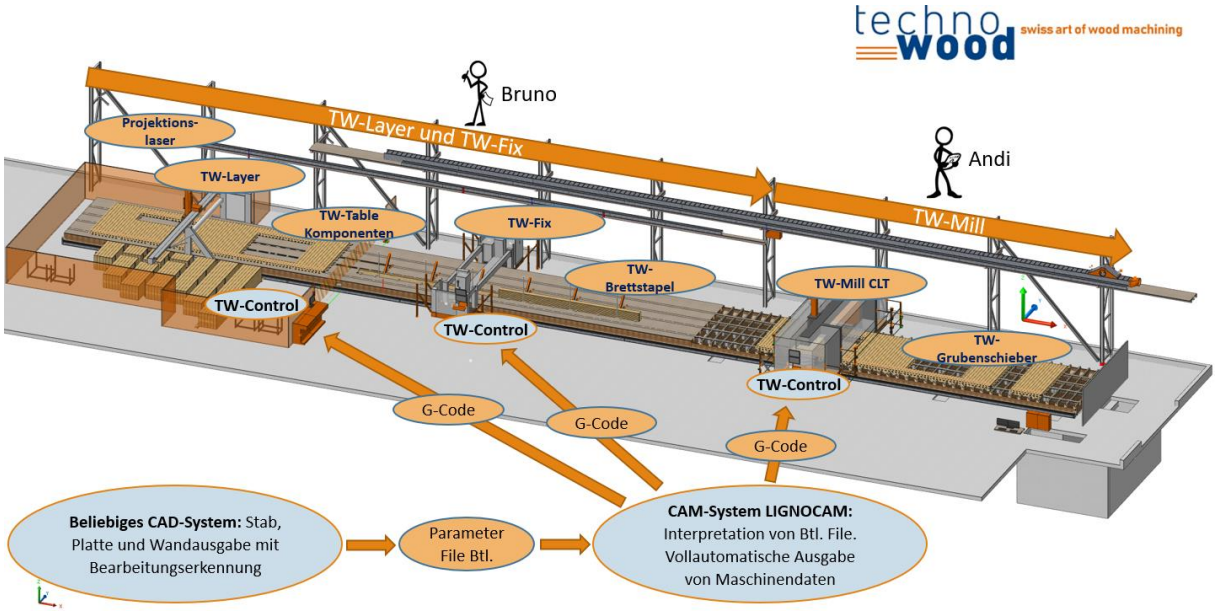


Abbildung 6: Datenfluss über CAD - LIGNOCAM - TW-Control => BTL- File ohne Punkt dafür als Abkürzung gross

4. Steuerung der TW-Lösung, Maschinentyp bezogen

Mit der Software LIGNOCAM haben wir einen Partner mit einer durchgängigen Lösung. Sie steuert die Maschine vollautomatisiert ab dem 3-D Modell von beliebigen CAD-Systemen. Das CAM importiert und interpretiert die Bearbeitungsdaten aus einer BTL- bzw BTLx-Datei. Basierend auf einer Bibliothek von Strategien (Makro) berechnet LIGNOCAM einen ISO-Code, welcher in 3 Dimensionen simuliert werden kann. Dieser wird dann an die digitale Steuerung TW-Control übertragen, welche auf dem PC des jeweiligen Portalroboters installiert ist. Sämtliche TW-Lösungen werden dadurch mit nur ein und demselben Programm gesteuert.

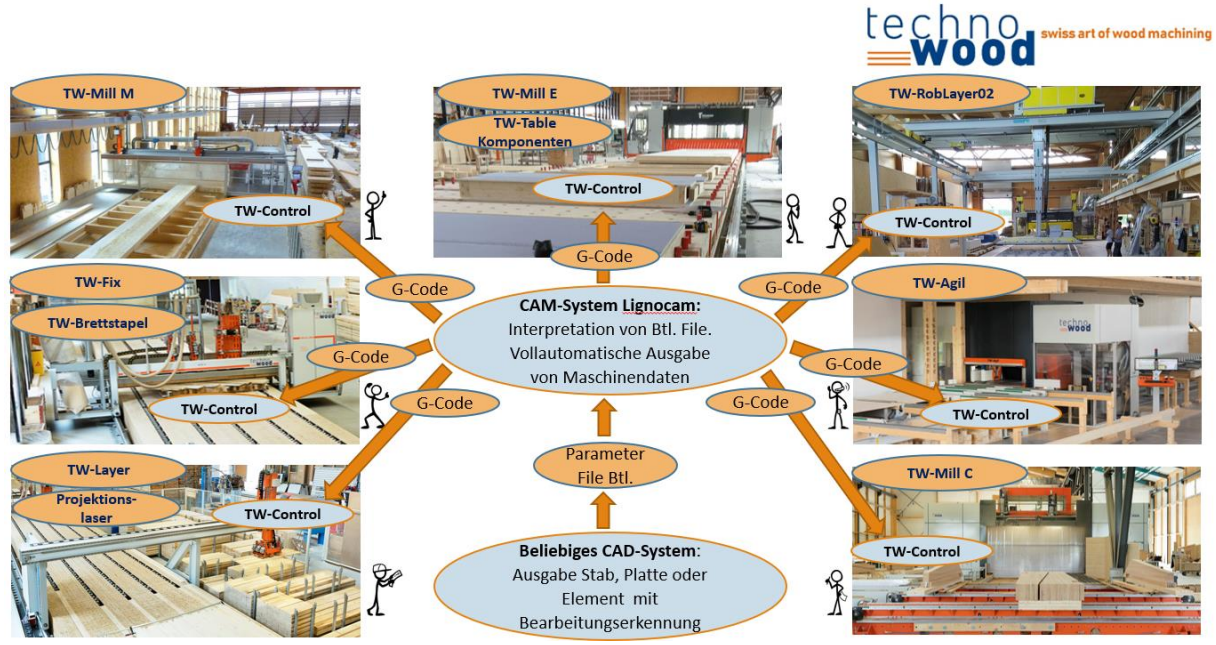


Abbildung 7: Eine einzige digitale Kette zur Steuerung beliebiger TW-Maschine => BTL- File => LIGNOCAM

5. Steuerung der TW-Lösung, Produkte bezogen

Die TW-Lösung bearbeitet einen beliebigen Produktemix ab ein und derselben Ansteuerungslösung.
Einzig die Werkzeuge im Portal-Roboter und die Aufspannung der Bauteile sind produktbezogen anzupassen und zu optimieren.

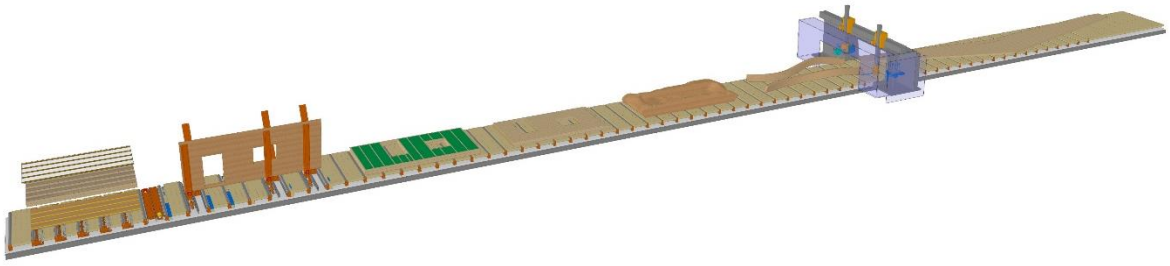


Abbildung 8: Ein einziger CNC TW-Portal-Roboter für sämtliche Produktegruppen

Verschiedene, definierte Steuerungsprofile gemäss den Produktegruppen und Untergruppen werden erstellt. Diese verschiedenen Gruppen werden ab dem beliebigen CAD-System durchgängig eingestellt, damit der Portal-Roboter produkt bezogen und vollautomatisch gesteuert werden kann.

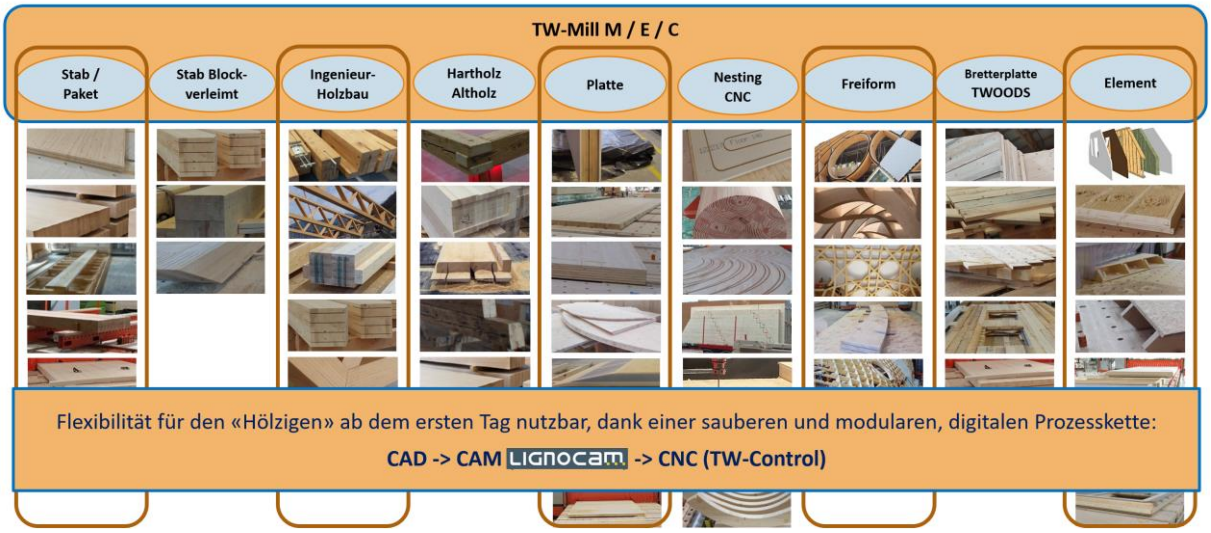


Abbildung 9: Beliebig zu definierende Produktegruppen und Untergruppen auf beliebiger TW-Concept Line

Fazit:
- Der **Zimmermann steuert** die Produktion der Zukunft, direkt ab dem 3-D Modell mit höchster Userfreundlichkeit
- Nur eine CAM-Software, zum vollautomatischen Steuern sämtlicher TW-Concept Lines
- Flexibilität für den «Hölzigen» ab dem ersten Tag nutzbar, dank einer sauberen, modularen, digitalen Prozesskette: CAD – CAM – CNC «TW-Control», ohne Informationsverlust.

6. Schlussfolgerung

Die permanenten Veränderungen, welche die Holzbaubranche heute konfrontieren, stellen die verschiedensten Unternehmen täglich vor grosse Herausvorderungen.
Die flexiblen Werkzeuge, egal ob mechanisch und oder digital, werden schrittweise in die Produktionsumgebung integriert und durch den geübten CAD-Nutzer, ein Zimmermann, gesteuert. Auf diese Weise ist das Holzbauunternehmen bereit, auf die Veränderungen der Zukunft zu reagieren. Der Zimmermann besitzt somit die Werkzeuge, um sein Unternehmen selbst im Nischenmarkt zu halten oder es dorthin zu steuern.

Egal wie gut es läuft, oder wie gross die zu bewältigenden Herausforderungen sind, machen muss es jeder selbst.

Wer zufrieden zurückblicken kann, darf mit Zuversicht nach vorne schauen.

Urban Mining und Holzbau

Andreas Haug
Baubüro in situ ag
Zürich, Schweiz

Urban Mining und Holzbau

1. Unser Netzwerk

Verwaltung

[UNTERDESSEN]
Wir organisieren Zwischennutzungen.

Entwicklung

DENKSTATT sàrl

Planung & Bauen

baubüro in situ ag

Fachplanung & Beratung Wiederverwendung

ZIRKULAR

2. Kopfbau Halle 118

Nutzung:	Gewerbe
Status:	gebaut
Fläche:	1100 m^2
Bauherrschaft:	Stiftung Abendrot
Projekt-Team:	Marc Angst, Pascal Hentschel, Benjamin Poignon, Barbara Buser, Kerstin Müller

Auf dem Winterthurer Sulzerareal erstellte die Stiftung Abendrot einen im wiederverwendeten Profilblechkleid rot schimmernden Leuchtturm für klimagerechtes und nachhaltiges Bauen. Die Aufstockung des Kopfbaus der Halle 118 für 12 Ateliers, Denkstuben und ein Tüftler-Labor im Erdgeschoss erfolgte mehrheitlich aus gebrauchtem Baumaterial.

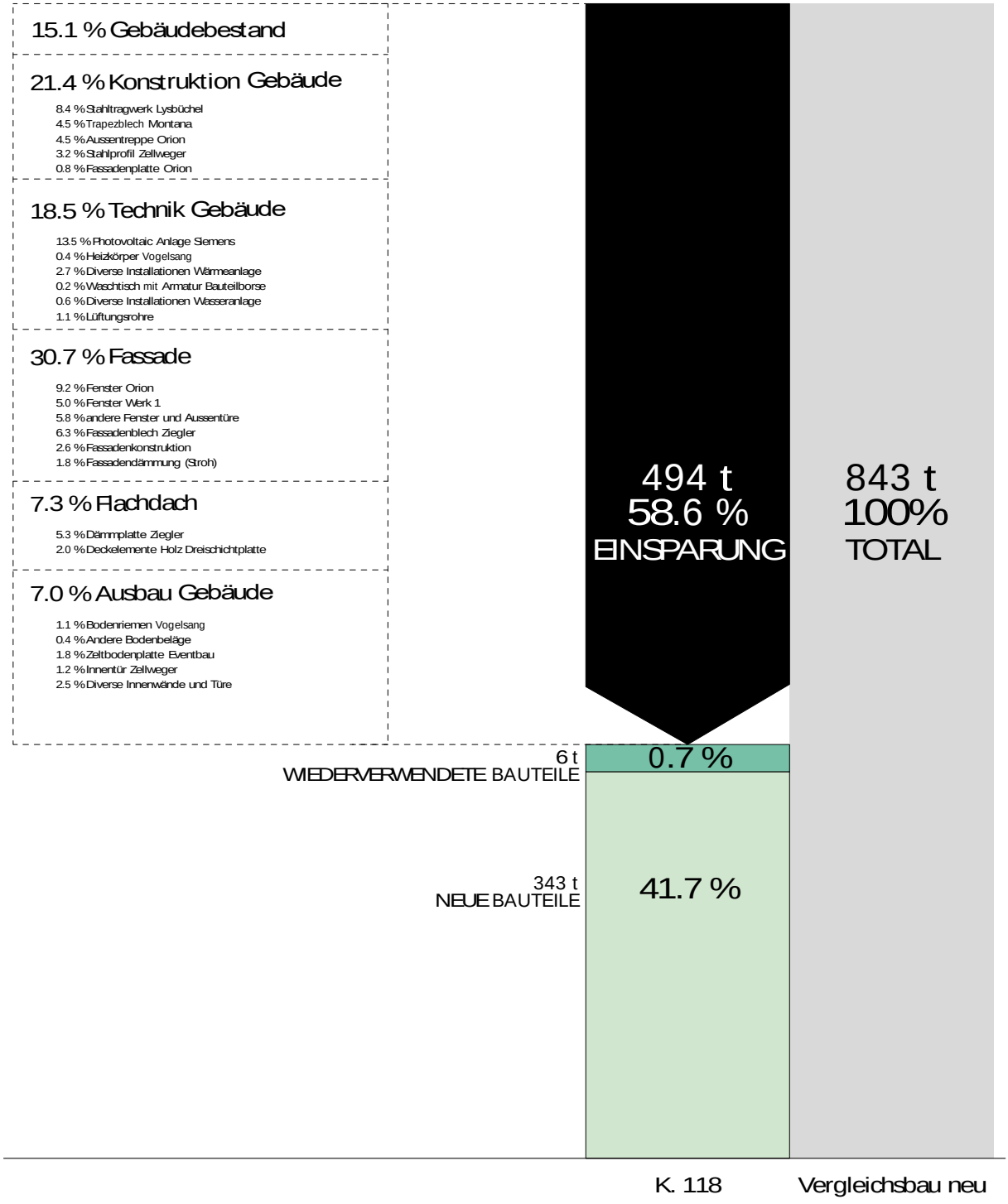
«Alle Dinge die schon da sind plus Holz, Stroh und Lehm»

Radikal formuliert stehen für klimagerechte Bauweisen diese Stoffe zur Verfügung. Wegen grossen Fortschritten im Gebäudebetrieb verantwortet die Erstellung heute drei Viertel der Emissionen im Leben eines Gebäudes. Für den K.118 wurde der Fokus auf die Reduktion dieser grauen Energie gelegt: 60% der Treibhausgas-Emissionen und 500 Tonnen Primärmaterialien konnten im Vergleich zu neuen Bauteilen eingespart werden.
Im Pilotprojekt hat sich schnell gezeigt, dass zirkulär Bauen in Schlaufen zu denken heisst: Ausgehend von verfügbaren Bauteilen dreht sich der Planungsprozess um: Er folgt sich bietenden Gelegenheiten und beginnt mit dem Finden von Material. Auf die Auswahl folgt Katalogisieren: Um Bauteile wiedereinzusetzen, brauchen wir Informationen und eine genaue Vorstellung der Anforderungen und Einbaumöglichkeiten. So entsteht entlang der gewohnten Planungsphasen in einem ständigen Abwägen, Prüfen und Entscheiden der Entwurf: Ein Stahlskelett, das einst eine Verteilzentrale auf dem Lysbüchelareal in Basel stützte, bildet die Tragstruktur. Beton wurde nur so schlank wie nötig und nur dort eingesetzt, wo es statisch oder für Schall- und Brandschutz unvermeidlich ist: Bei Geschossdecken, Kammerbetonstützen und in der Fundation. Erschlossen werden die drei neu auf die Halle aufgesetzten Geschosse durch die Stahlaussentreppe vom abgebrochenen Bürogebäude Orion in Zürich. Die Treppenpodeste geben die Geschosshöhen vor. Vom Gebäude Orion stammen auch die Granitfassaden, welche neu zu Plattenbelägen in Küchen, WC und auf den Balkonlauben umfunktioniert wurden sowie die Mehrzahl der Aluminium-Isolierfenster. Mit dem umgebenden rotem Fassadenblech aus Winterthur schützen sie vor der Witterung und zeichnen das Gesicht des Gebäudes. Fassadenblech und die zu Kastenfenstern aufgedoppelten, geschosshohen Industriefenster aus dem benachbarten Sulzer Werk 1 prägen so weiterhin das Winterthurer Stadtbild.

Da Material und projektierte Elemente in keinem geometrischen Zusammenhang stehen, muss notwendiger Spielraum geschaffen werden: Sind Elemente und Funktionen in Schichten entkoppelt, können sie sich überplappen und ihren eigenen Regeln folgen. Die geschuppte Fassade und die sichtbaren Tragstrukturen im K.118 verdeutlichen das. Wiederverwendete mit anpassbaren Materialien zu umgeben, ist ein anderer Weg: In den vorgefertigten Fassadenelementen aus Holz füllen verschnittfreie Gefachdämmung aus Strohballen und Innenverputz aus örtlichem Aushublehm den Raum um die wiedereingebauten Fenster. Mit minimalem Energieaufwand verarbeitet, bleiben diese natürliche «Materiali poveri» kompostierbar und sorgen für ein angenehmes Raumklima. Innenwände aus Holz nehmen wiederverwendente Türen und gebrauchte Dreischichtplatten aus dem Bühnenbau auf und punkten mit ihrer Anpassungsfähigkeit, genauso wie Massivholz-Fussböden oder die Dachelemente eines Holzbauprovisoriums. Verleimte Holzwerkstoffe und Elemente eignen sich besonders für mehrmaligen Einsatz oder verlangen danach, zeigt sich ihre Klimafreundlichkeit wegen den Klebstoffen weit weniger positiv, als von Holz erwartet wird.Während die CO2 Emissionen im Bau mehr als halbiert werden konnten, blieben die Kosten im Rahmen des KV für einen gleichartigen Neubau. Mit dem Unterschied, dass der überwiegende Teil der Ausgaben direkt in die Wertschöpfung der beteiligten Handwerksunternehmen floss, weil das günstige Reuse Material bis zum Einbau einige Handarbeit und Fachkenntnisse erfordet. Nachhaltigkeit auch für die lokale Wirtschaft.

Der K118 kurz nach der Fertigstellung

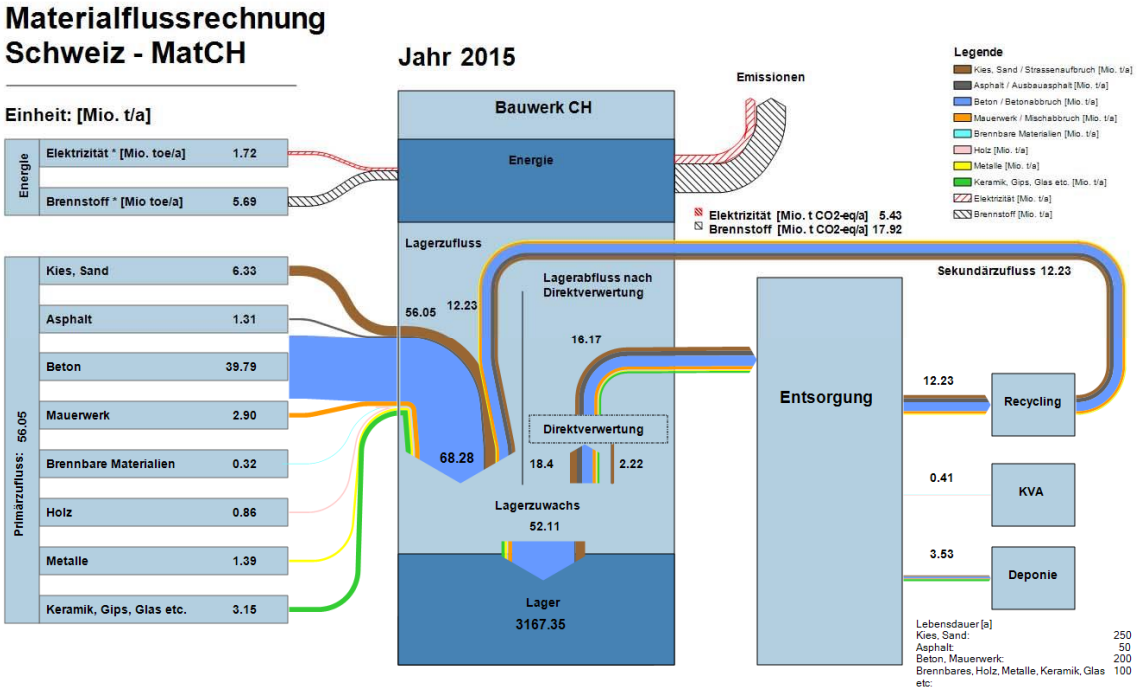
2.1. CO2eq: Gesamtbilanz K118



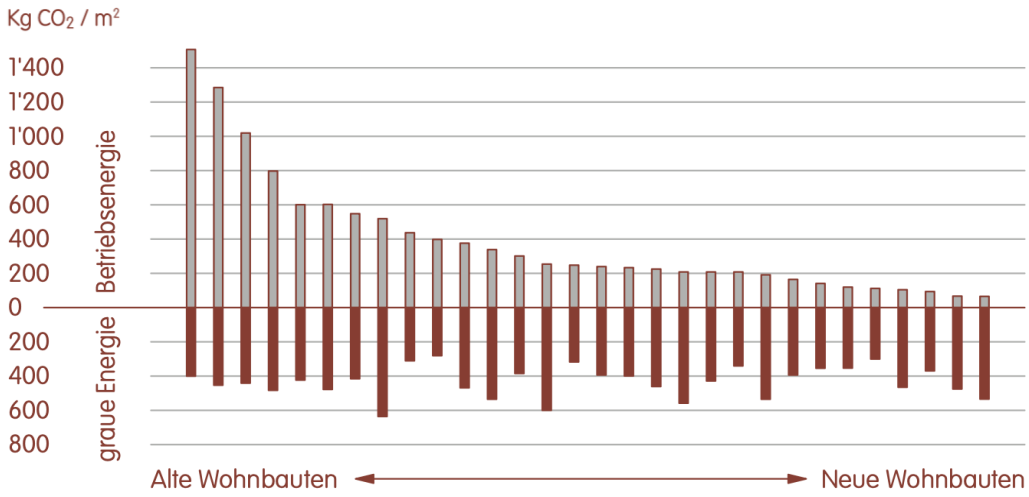
Was geschieht mit Holzwerkstoffen aus Rückbauten?

- Deponie E 0.3%
- Stoffliche Verwertung 36.6%
- Energetische Verwertung und Verbrennung 63.1%

Quelle: BAFU



Übersicht der Material- und Energieflüsse im Bauwerk Schweiz 2015. Energieflüsse werden dargestellt als Tonne Öl-Äquivaltene (toe). * Nur Energiebedarf in der Nutzungsphase. Quelle: EMPA



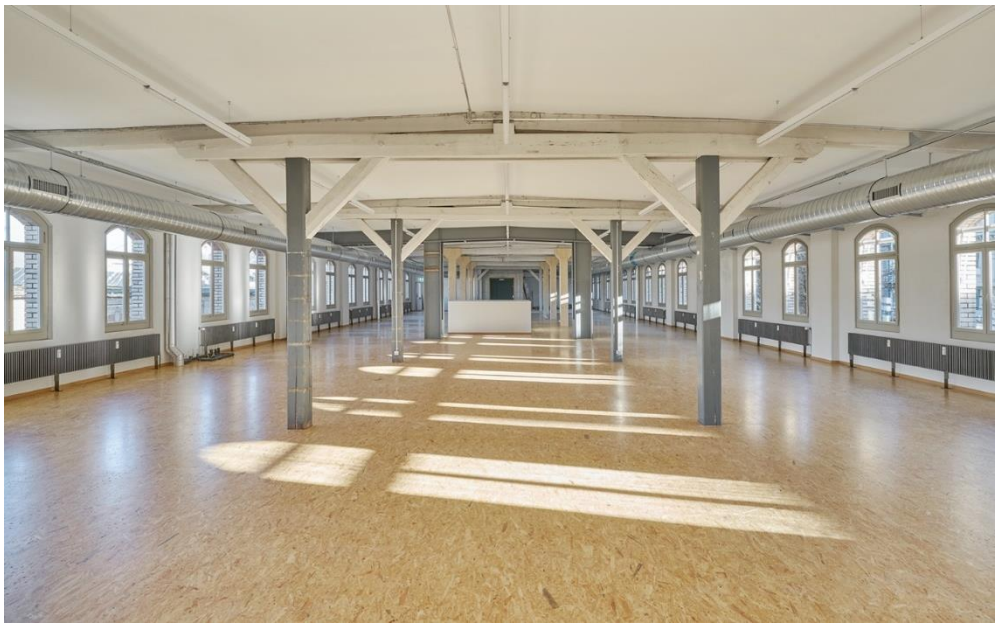
Studie «Influence of construction material uncertainties on residential building LCA reliability»

3. Gebäude A – Werkstadt Areal, Gesamtsanierung

Nutzung:	Gewerbe
Status:	gebaut
Auftragsart:	Umbau
Fläche:	2130 m^2
Bauherrschaft:	SBB Immobilien AG
Projekt-Team:	Andreas Haug, Kevin Demierre, Francesca Garcia, Linus Baumberger, Alissa Luks, Francesco Palopoli, Max Schubert, Christian Seiterle

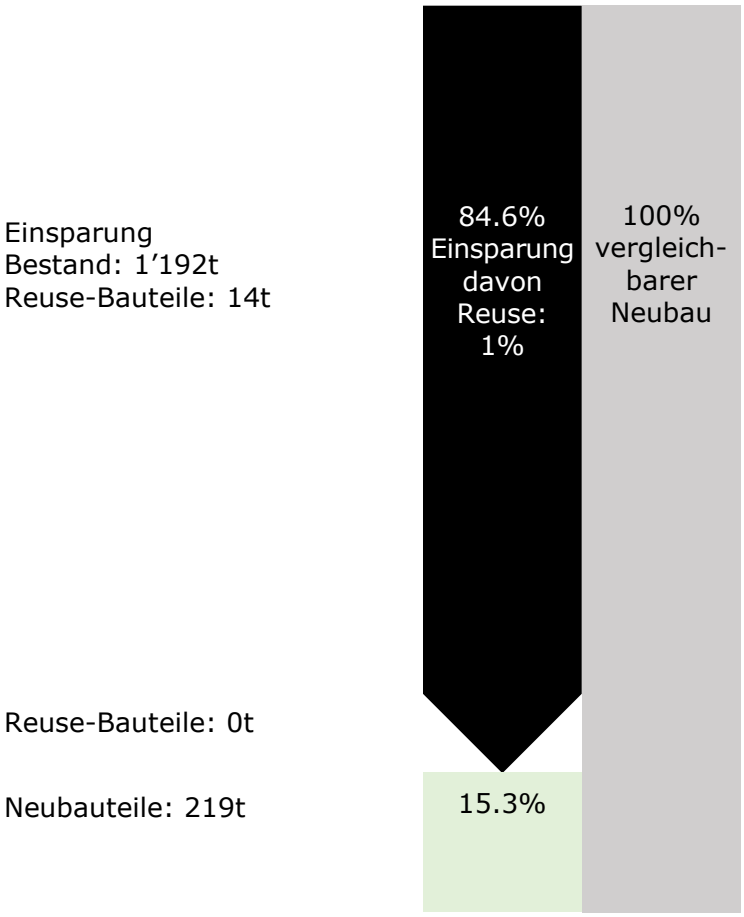
Das denkmalgeschützte Gebäude auf dem SBB-Werkstätten-Areal in Zürich-Altstetten wurde seit seiner Erstellung 1911 laufend den sich ändernden Nutzungsbedürfnissen angepasst. Erhalten blieb dabei nebst der wohlproportionierten Backsteinfassade auch ein wesentlicher Teil der inneren Holztragstruktur. Hingegen wurden zahlreiche Fensteröffnungen zugemauert und damit ein geschlossener Ausdruck zum öffentlichen Strassenraum bewirkt.

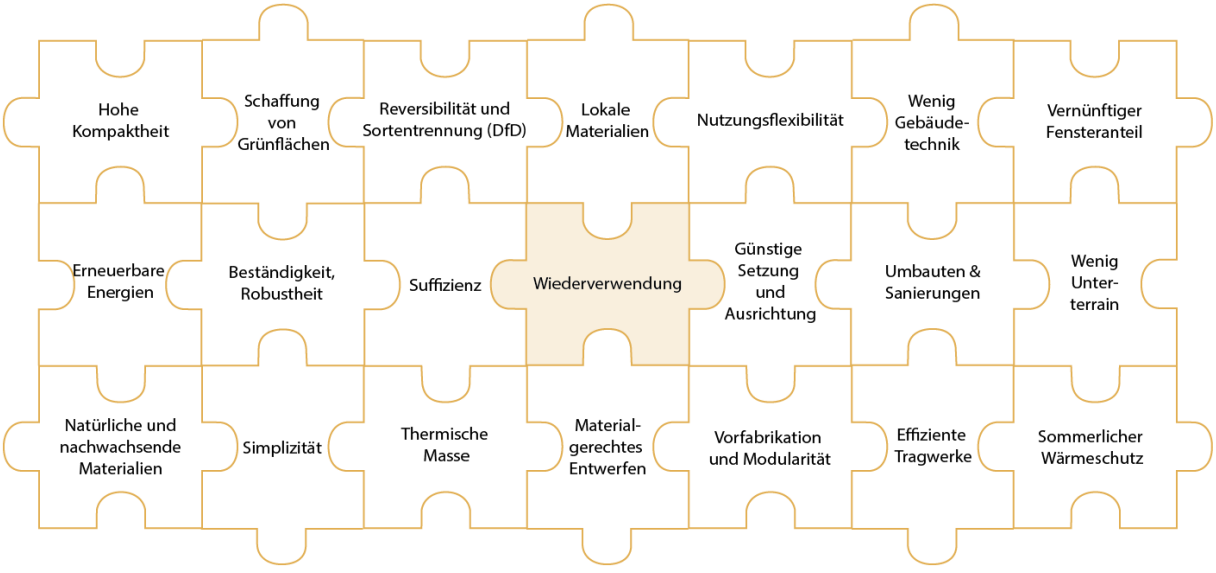
Die Umbau- und Sanierungsarbeiten hatten nebst einer energetischen Ertüchtigung die Erstellung von gut belichteten und erschlossenen Gewerbeflächen, sowie eine bessere Anbindung an den öffentlichen Raum zum Ziel. Ein besonderes Augenmerk galt dabei dem grösstmöglichen Substanzerhalt, sowohl aus denkmalpflegerischen und ökonomischen Überlegungen, als auch zur Erzielung eines möglichsten geringen Aufwandes an Grauer Energie.
Diesem Ziel wurde mit einem statischen System Rechnung getragen, das sich trotz eines zusätzlichen Zwischengeschosses mit hoher Nutzlast eng am Bestand orientiert und dank gut verteiltem Lastabtrag weitgehend ohne neue Fundamente auskommt. Die Ausführung erfolgte in Massivholz, das so dimensioniert wurde, dass keine Brandschutzverkleidungen nötig waren. Auch die bestehenden Stahlbauteile aus den 50er Jahren wurden mit auf Abbrand dimensionierten Holzbauteilen geschützt. Dort wo die Verwendung von Gipsplatten unumgänglich war, wurde wenn möglich auf Verschnittmaterial aus Neubauprojekten zurückgegriffen.
Eine weitere Besonderheit liegt in der Wiederverwendung gebrauchter Bauteile. So konnten massive Holzdeckenelemente, Stützen und Balken wieder eingebaut werden. Zusammen mit diversen weiteren Re-Use-Bauteilen – Türen, Leuchten, Travertinplatten, Sanitär- und Elektroinstallationen, Sockelleisten, Fliessen – entstanden so mit viel Geschichte und Patina aufgeladene neue Räume, die trotz ihrer Einfachheit und Direktheit einen gestalterischen Reichtum entfalten.



Die noch leere Ladenfläche im 1.OG

CO2eq: Gesamtbilanz Magazin Werkstadt





Quelle: Ansätze für eine klimagerechte Architektur, Vanessa Feri (2021)

4. AZB Künstlerateliers

Nutzung:	Gewerbe
Status:	gebaut
Auftragsart:	Direktauftrag
Fläche:	360 m^2
Bauherrschaft:	AZB, Arbeitsgemeinschaft Zürcher Bildhauer
Projekt-Team:	Benjamin Poignon, Roger Küng

Die Grundvoraussetzungen bestimmen die Entwurfsstrategie: Maximale Reversibilität um die denkmalgeschützte Bausubstanz zu schonen, sowie ein behutsamer Umgang mit den eingesetzten Ressourcen, da die Nutzungsdauer nur 10 Jahre beträgt. Das Ergebnis ist ein Projekt, das fast ausschliesslich auf die Wiederverwendung von Bauteilen setzt. Denn an hochwertigen Bauteilen mangelt es den Zürcher Abbruchobjekten nicht.

Eine Kirche für Kühltürme
Was damals im Jahre 1897 als rein funktionaler Industriebau erstellt wurde, fand bereits nach der Stilllegung des Gaswerks Schlieren in den 60er Jahren eine neue Verwendung als Künstleratelier. Der Zürcher Bildhauer Jürg Altherr nutzte die leerstehende Halle als geräumiges Atelier für die Arbeit an seinen Skulpturen. Betritt man den Raum versteht man sofort weshalb: der lichtdurchflutete, mehr als 10 Meter hohe Raum mit seinen hohen, schmalen Bogenfenstern auf drei Seiten ist trotz seiner Rohheit mehr sakraler Raum als Fabrikgebäude. Das Gebäude ist denn auch denkmalpflegerisch von überkommunaler Bedeutung. Nach dem Tod Altherrs vor drei Jahren, entschied sich die Arbeitsgemeinschaft Zürcher Bildhauer (AZB), welcher verschiedene Räumlichkeiten auf dem Gaswerkareal in Schlieren verwaltet und an Bildhauerinnen vermietet, die Halle künftig nicht länger einem einzelnen, sondern vier verschiedenen Kunstschaffenden zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich soll der Ganzjahresbetrieb möglich sein. Dies jedoch mit begrenztem zeitlichem Horizont, denn das Nutzungsrecht gilt lediglich für die kommenden zehn Jahre.

Wiederverwendung als Entwurfsstrategie
Diese beiden Grundvoraussetzungen aus baulich wertvoller Substanz und beschränkter Nutzungsdauer liegen der gewählten Entwurfsstrategie zugrunde: maximale Reversibilität und schonender Umgang mit den eingesetzten Ressourcen. Das Ergebnis ist ein Projekt, das fast ausschliesslich auf die Wiederverwendung von Bauteilen setzt. Die innen angeschlagenen Holzfenster stammen aus einer Blockrandsiedlung aus Zürich, die Wand- und Deckenkonstruktion aus Holzplatten dienten ursprünglich einem provisorischen Bahnübergang in Winterthur und die Holzlatten waren vor wenigen Monaten noch das Geländer einer Strassenüberführung. An hochwertigen Bauteilen mangelt es den Zürcher Abbruchobjekten nicht.

Geschichten erzählen
Die Strategie des Wiederverwendens prägt auch den Ausdruck im fertig gebauten Zustand, denn die vorherige Verwendung bleibt ansatzweise ablesbar. Die weissen Streifen des Blindenleitsystems aus der Zeit des Bahnübergangs zeichnen ein eigenwilliges Muster auf die Wände der Ateliers. Auf diese Weise wurde dem historischen Gebäude mit dem Einbau der Künstlerateliers nicht nur eine neue, sondern gleiche mehrere zeitliche Ebenen hinzugefügt.

Das ehemalige Gaswerk in Schlieren

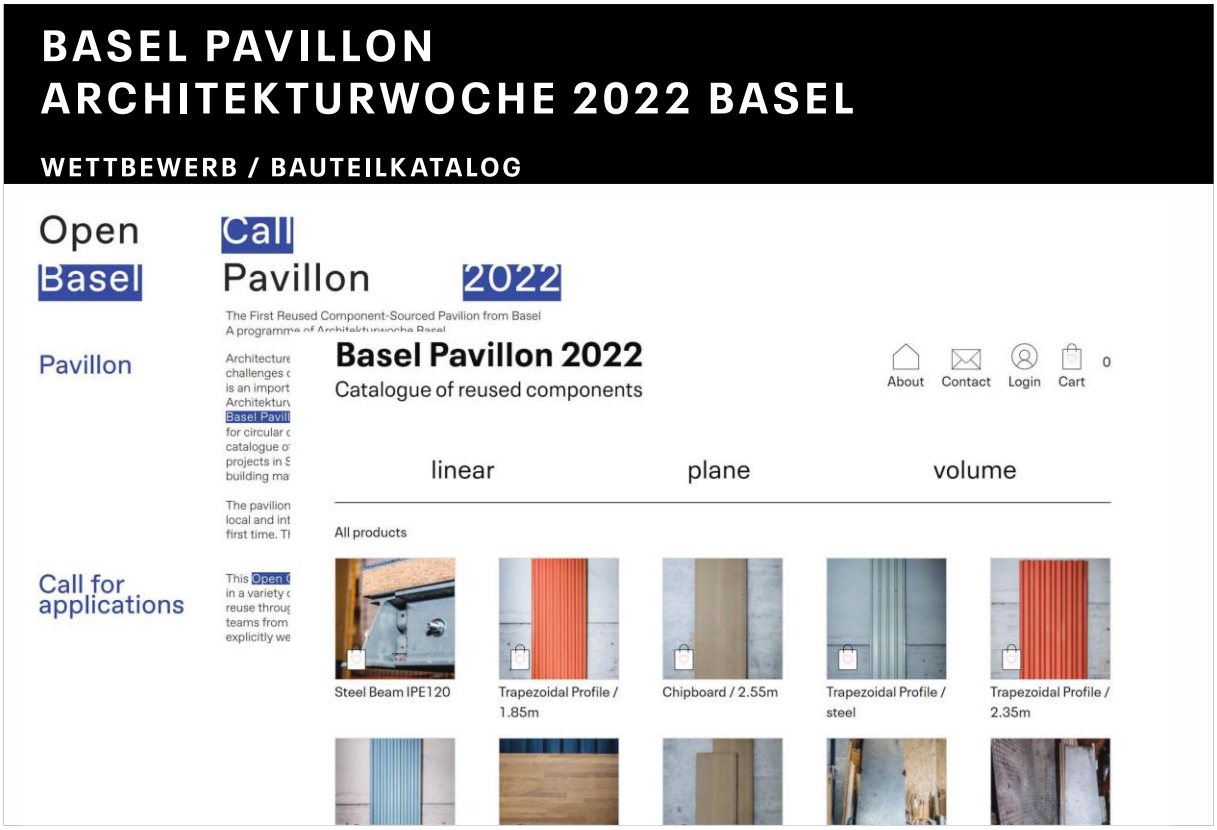
Die noch leeren Atelierräume

Erschwerende Faktoren bei der Wiederverwendung von Baumaterial:

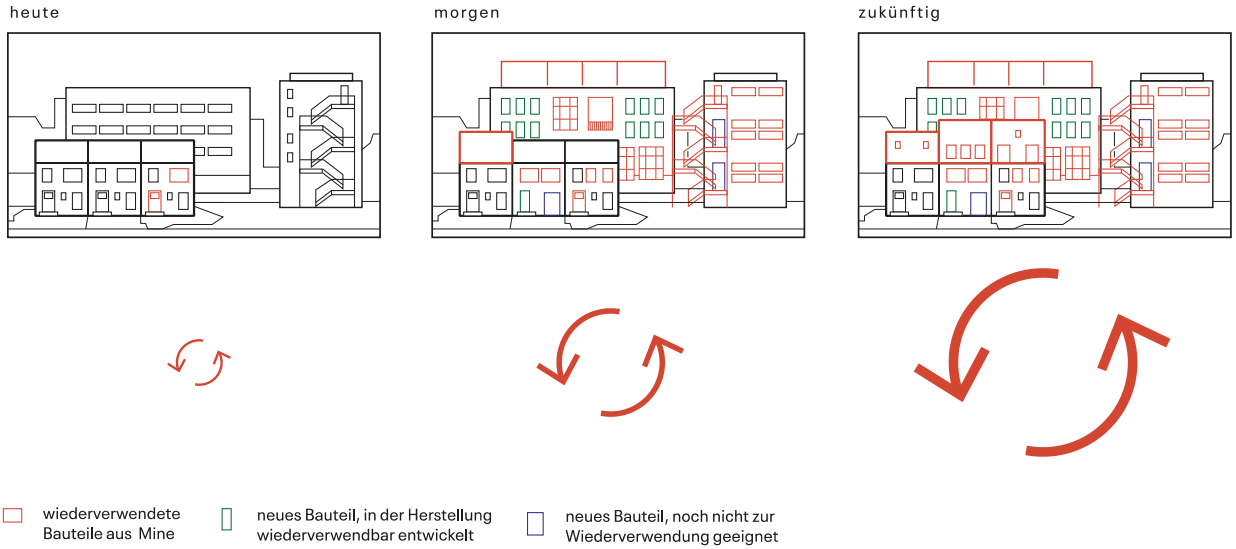
- MINDSET UND BAUKULTUR: BEREITSCHAFT ZU ITERATIVEM PROZESS
- VERFÜBARKEIT UND VERLÄSSLICHKEIT: ZEIT, MARKTÜCKE, LOGISTIK, PLATTFORMEN
- VERSTÄNDIGUNG UND GEFAHRENTRAGUNG: SICHT AUF GARANTIEN UND HAFTUNG
- BAUGESETZGEBUNG: BENACHTEILIGUNG BESTAND, NEUE NORMEN
- FINANZIERUNG: VORFINANZIERUNG PHASENVERSCHIEBUNG PLANUNG, RISIKO

Zusätzliche erschwerende Faktoren bei der Wiederverwendung von Holzwerkstoffen:

- FREMDKÖRPER: NÄGEL, SCHRAUBEN USW.
- NICHT REVERSIBLE VERBINDUNGEN UND KONSTRUKTIONEN
  - SCHADSTOFFE, «HOLZSCHUTZMITTEL»



PARZELLE 8 BASEL
FORSTER KÜCHEN
ZIRKULAR
Demontagekonzept 131_Zwischenbächen
ZB006 Forster Küchen
Stand 19.07.21
Ziel und Beschreibung
Inhaltsverzeichniss
1 Bauteilinventar
2 Ablauf Demontage
3 Lager- und Logistikkonzept
4 Baustelleneinplanung
5 Termine
6 Organigramm und Kontakte
7 Regierapporte
8 Haftung und Sicherheit
42 Baubüro in situ / ZIRKULAR


heute
morgen
zukünftig
wiederverwendete Bauteile aus Mine
neues Bauteil, in der Herstellung wiederverwendbar entwickelt
neues Bauteil, noch nicht zur Wiederverwendung geeignet

Sponsoren – Aussteller

binderholz

binderholz Bürogebäude Baruth | D

Hotel MalisGarten, Zell am Ziller | A

Wohnbau 'Haus auf Stelzen' Tillystraße, Regensburg | D

Jugendgästehaus Gerlosplatte, Krimml | A

Komplettanbieter für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte 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**

Die diffusionsoffene Holzfaserplatte DHF dient während der Bauphase als Behelfsdeckung. Von März bis November ist sie zwei Monate lang frei bewitterbar, verschafft Zeit und schützt vor Wind und Wetter. **Damit bietet sie mehr Sicherheit in Ihrem Bauablauf.**

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 862830.

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

DAS KLEBEBAND OHNE LINER - FÜR DIE SCHNELLE VERLEGUNG

Das AIRSTOP SOLO Klebeband ist leicht dehnbar und optimal zur luftdichten Verklebung. Der Spezialträger verfügt über eine hochwertige Acrylatklebebeschichtung.

HARMONISCHE HOLZOPTIK

WOHNGESUND
LÖSUNGSMITTELFREI
INNENRAUM-QUALITÄT GETESTET

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

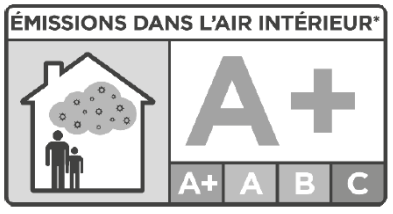
Schnell zu verarbeiten

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



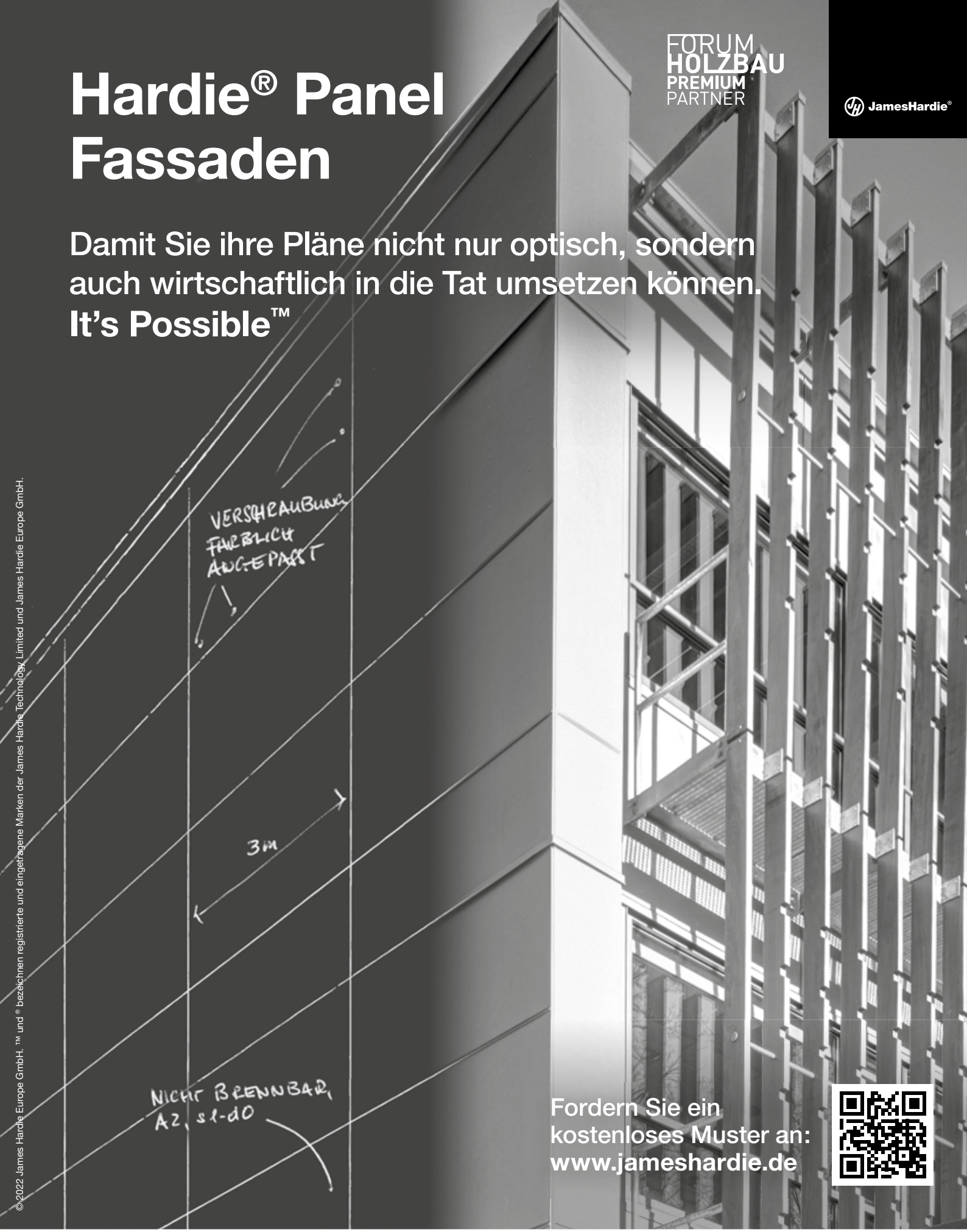
WWW.ISOCELL.COM

FORUM HOLZBAU PREMIUM PARTNER

JamesHardie®

Hardie® Panel Fassaden

Damit Sie ihre Pläne nicht nur optisch, sondern auch wirtschaftlich in die Tat umsetzen können.
It's Possible™



© 2022 James Hardie Europe GmbH. ™ und ® bezeichnen registrierte und eingetragene Marken der James Hardie Technology Limited und James Hardie Europe GmbH.

Fordern Sie ein kostenloses Muster an:
www.jameshardie.de

Hardie® Panel
Fassadentafeln

15 Jahre
Garantie

JamesHardie™

Das pro clima Mini-Max-Prinzip

Maximale Wirkung mit nur wenigen Produkten

Luftdichtungsbahn
INTELLO PLUS

ETA – 18/1146

ZERTIFIZIERTE KOMPONENTE Passivhaus Institut

100X feuchtevariabel
s_d 0,25 - >25 m
Hydrosafe-Wert 2 m

Winddichtungsbahn
SOLITEX MENTO

Materialgarantie hinterlegt beim ZVDH

Anschluss-kleber
ORCON

Nageldichtung
TESCON NAIDECK

Grundierung
TESCON PRIMER RP
TESCON SPRIMER

100 JAHRE KLEBKRAFT
✓erfolgreich getestet
✓weltweit einzigartig
proclima.de/100jahre

BESTES BAUSCHADENS-FREIHEITS-POTENZIAL pro clima

pro clima
10 Jahre System-Gewährleistung
umfangreich · transparent · fair
proclima.de/systemgewaehrleistung

Klebebänder
TESCON VANA

ZERTIFIZIERTE KOMPONENTE Passivhaus Institut

Eckverklebungen
TESCON PROFECT

ZERTIFIZIERTE KOMPONENTE Passivhaus Institut

Flüssigdichtstoff
AEROSANA VISCONN

Schadstoffgeprüft nach AgBB
Nach den Kriterien des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten beim Umweltbundesamt

Das pro clima Kern-System besteht lediglich aus diesen wenigen Produkten. Damit haben Sie für nahezu alle Ihrer Bauaufgaben eine sichere Lösung zur Hand. Und falls Sie mit spezielleren Anforderungen konfrontiert werden, greifen Sie einfach auf das pro clima Komplett-Sortiment zurück.

proclima.de **... und die Dämmung ist perfekt**

Fokus

HASSLACHER
NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders.**

Qualität & Innovation

hasslacher.com

Design: UPPERCUT.at | Photos: © cetus Baudevelopment u kito at , Adobe Stock

SICHERHEIT BEGINNT BEI DER PLANUNG

Verbindungstechnik, Bauabdichtung, Werkzeuge und Beratung: Sie glauben, dass Sie für das Planen und Bauen mit Holz nichts Weiteres benötigen? Falsch!

Das Thema Sicherheit ist lebenswichtig: Es gibt sehr viele verschiedene Arten von Baustellen, und jede verdient die entsprechende Aufmerksamkeit. In unserer neuen Broschüre finden Sie alle Produkte für Ihre eigene Sicherheit und die Ihrer Mitarbeiter. So können Sie das Risiko von Stürzen und Unfällen auf der Baustelle verhindern und den Schutz bei Arbeiten in der Höhe garantieren.
Mehr Informationen finden Sie hier:

www.rothoblaas.de/sicherheit-auf-der-baustelle

www.rothoblaas.de

rothoblaas

Solutions for Building Technology

STEICO*flex*

Die Klimadämmung

Geprüft und empfohlen
Institut für Baubiologie Rosenheim GmbH
IBR
Produkt überprüft auf VOC · Biozide · Schwermetalle und Radioaktivität

www.steico.com/flex

Natürlich dämmen mit Holzfaser

Gebäude werden zu großen Kohlenstoffspeichern

In Holzfasern sind große Mengen CO_2 gespeichert. Denn bei seinem Wachstum setzt ein Baum kein CO_2 frei, sondern bindet große Mengen CO_2. Wird sein Holz stofflich genutzt, so bleibt es gespeichert. 85 kg CO_2-Äquivalent pro m³ speichert die STEICO*flex 036*. Das macht sich in der CO_2-Bilanz eines Gebäudes stark bemerkbar.

Holz stammt aus nachhaltiger Forstwirtschaft

Nachhaltig bewirtschaftete Wälder ergänzen die CO_2-Speicherung von Holz zu einer hochwirksamen Klimaschutzstrategie: Junge Bäume ersetzen die geernteten und binden neues CO_2. Deshalb stammt das Holz zur Herstellung der STEICO*flex 036* ausschließlich aus FSC- und PEFC-zertifizierter Forstwirtschaft.

Wärmespeicherung schützt vor Überhitzung

Aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherfähigkeit schützt die STEICO*flex 036* an sonnigen Sommertagen vor Überhitzung des Gebäudes. Denn die von außen in die Dämmschicht eindringende Hitze kann nur sehr langsam vordringen. Wenn es draußen Nacht und kühl wird, fließt die gespeicherte Hitze größtenteils wieder nach außen zurück und strahlt ab.

Schützt die Konstruktion

Die STEICO*flex 036* ist zum einen diffusionsoffen und kann zum anderen viel Feuchte aufnehmen, zwischenspeichern und wieder abgeben, ohne dass sich ihre Dämmfähigkeit dabei groß ändert. Dadurch bleiben Dämmschicht und Konstruktion länger trocken – und das ist die beste Garantie gegen Feuchteschäden und für ein langes Gebäudeleben.

Gesundes Raumklima wird unterstützt

Die Diffusionsoffenheit und Feuchtespeicherfähigkeit der STEICO*flex 036* gleicht Feuchtespitzen in der Raumluft aus und unterstützt ein angenehmes, gesundes Raumklima. Zudem ist die STEICO*flex 036* aus frischem Nadelholz hergestellt und enthält keine bedenklichen Zusatzstoffe. Das Institut für Baubiologie Rosenheim (IBR) empfiehlt sie.

Jetzt Gratismuster bestellen

λ_D 0,036 Niedrigste Wärmeleitfähigkeit unter den Naturdämmstoffen

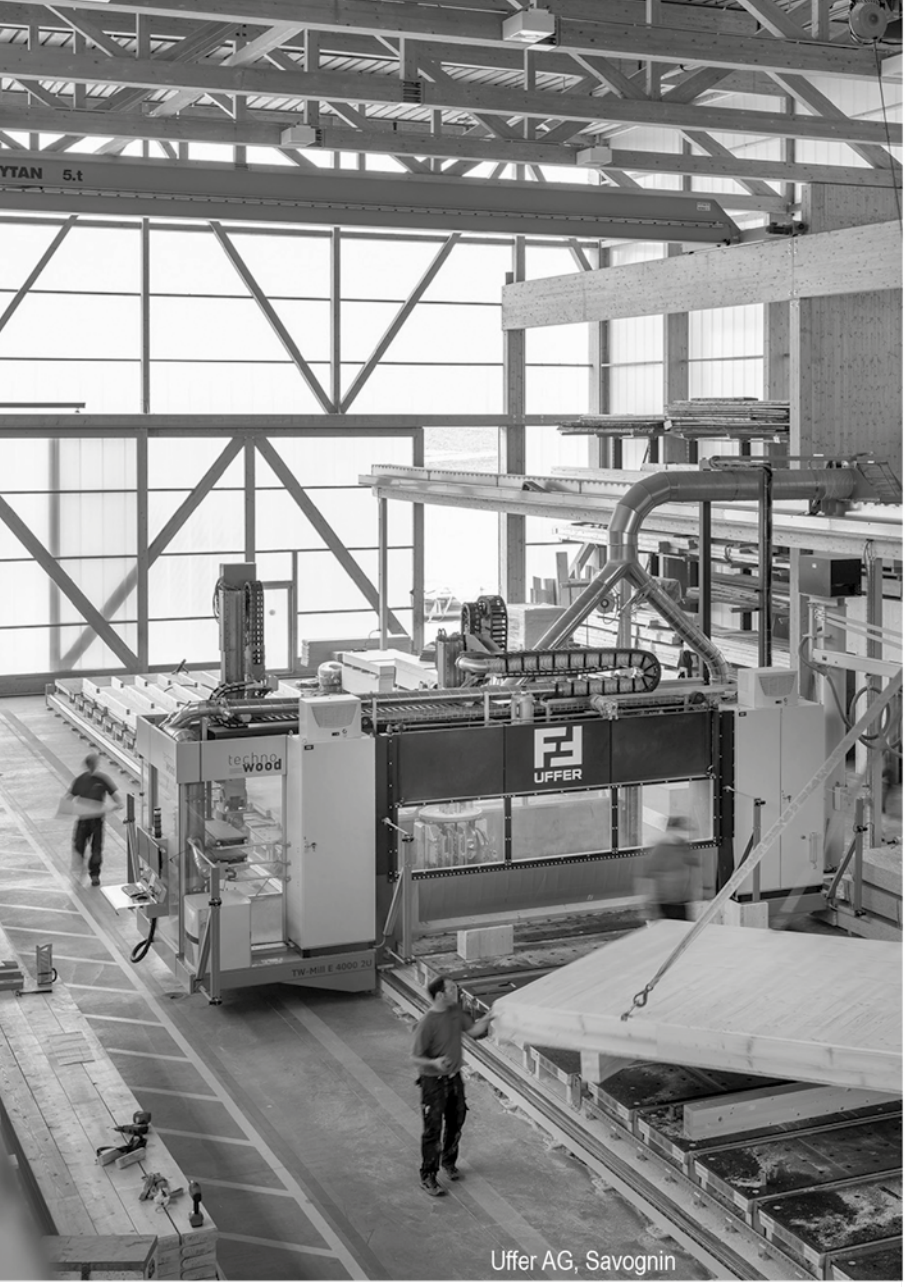
Der **neue Wandverbinder** für eine sichere und schnelle Montage

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

Pitzl®



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.**

Balteschwiler
Besser leben mit Holz.

Vom CNC-Abbund von Grossformatplatten bis zur Modulfertigung

Das Balteschwiler Holzbearbeitungszentrum ist Ihr Partner für Dienstleistungen rund um den Holzbau mit grossformatigen Massivholzplatten.

Unsere Dienstleistungen:

- Abbund Grossformatplatten: 5-achsige CNC-Bearbeitung von Formaten bis zur Transportgrenze
- Planungsunterstützung
- Beplankung & Oberflächenbehandlung
- Herstellung von Halbfabrikaten und Sonderbauteilen bis hin zu Modulen (z.B. Liftschächte)
- Zwischenlagerung (bis zu 50 Pritschenplätze) und just-in-time Lieferservice

www.balteschwiler.ch

JETZT 90 TAGE GRATIS TESTEN

EINFACH SMART

DIE DOKUMENTATIONS-APP FÜR HANDWERKER ZUR RECHTSSICHEREN UND NORMGERECHTEN ERFÜLLUNG DER DOKUMENTATIONSPFLICHT. MIT BAUDOK ERSTELLEN IHRE MITARBEITER MOBIL DIGITALE BAUTAGESBERICHTE UND REGIEBERICHTE, DIE MIT FOTOANHANG SOFORT INS BÜRO ÜBERTRAGEN WERDEN KÖNNEN. SO SPAREN SIE NICHT NUR GELD, SONDERN AUCH WERTVOLLE ARBEITSZEIT.

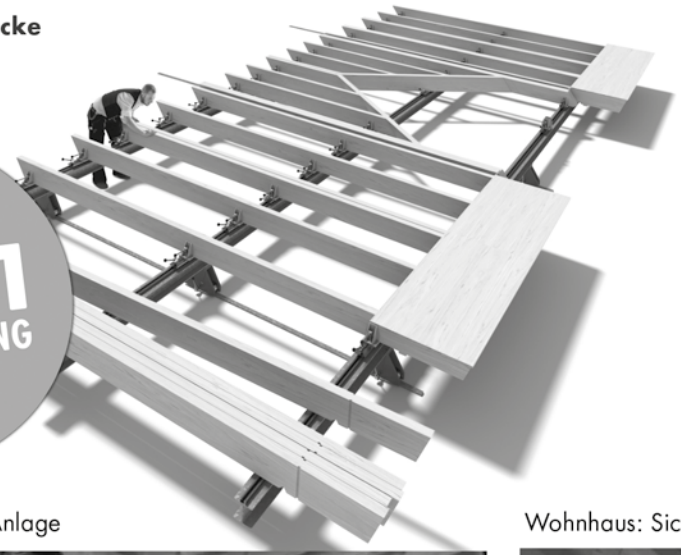
BAUDOK

WWW.BAUDOK.COM

Rationalisieren ohne Automatisieren

FÜR HOLZBAUPROFIS

Dach | Wand | Decke



TOP 1 ELEMENTIERUNG

tectofix
VOM HOLZBAUER. FÜR HOLZBAUER.

Filme auf www.tectofix.de

- **ZEITEINSPARUNG** 40 % durch Vorfertigung
- **30 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 **tecto*fix*** von Geiger Holzbau, Westhausen-Lippach, vorgefertigt. Keine ◺ ◿ - Die Dachlandschaft passt perfekt durch vollflächige Elementierung. Tel. 07363/9655-0, E-Mail info@geiger-holz.de

Wände im Objektbau beliebig hoch, z.B. 6,50m produzierbar - keine Tischbegrenzung

Ergonomie durch begehbaren Tisch und optimale Arbeitshöhe – Wandspannsystem – Keine Höhenbegrenzung!

robust & wartungsfrei

„Wir sind neugierig auf Ihre Aufgaben“

BRAUN

EDV im Handwerk & Gewerbe
Beratung und Vertrieb

Ellersreute 1, 88175 Scheidegg
Telefon: +49-8381-929209-0
Fax: +49-8381-929209-15
Mail: info@edvimhandwerk.de
Mobil-D: +49-171-8120218
Mobil-Ö: +43-664-3843550
www.edvimhandwerk.at

Kalkulations- und Auftragssoftware
der Spitzenklasse – seit über 30 Jahren in über 5.500 Betrieben im Einsatz: PASST.prime aus dem Hause M-Soft.

Besonders die Kalkulationsmöglichkeiten in M-Soft suchen Ihresgleichen!

Wo nötig, entwickeln wir eigene Lösungen, um eine optimale vernetzte Lösung „Alles aus einer Hand“ anbieten zu können.

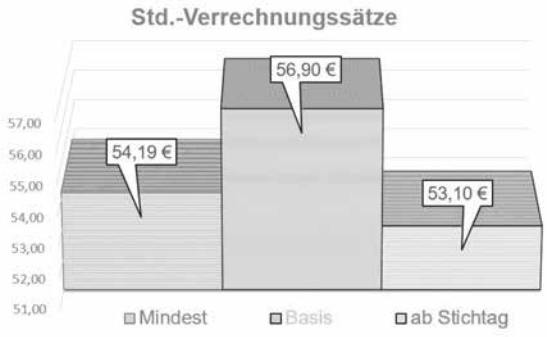
Hier einige unserer LPC Eigenentwicklungen: (LPC steht für Laufendes Projekt Controlling)

Mit unserem Tool **LPC-KORE** erhalten Sie eine Kostenrechnung, die Ihnen Ihren Mindest-Verrechnungssatz bezogen auf exakt IHRE Betriebsdaten berechnet.

Mobile Zeiterfassung auf dem Smartphone:

Unsere mobile Zeiterfassung TIME4 bietet Ihnen
+ Anwesenheits- und Projektzeiterfassung
+ Buchung auf Positionen oder Arbeitspakete und Tätigkeiten
+ Gruppenbuchungen und Nacherfassung
+ Anlage von Handaufträgen auf der Baustelle
+ Foto- oder Textdokumentation (auch Spracherfassung)
+ Wetterdaten
+ Materialerfassung am Handy
+ Abarbeiten von Checklisten
+ Unterschrift des Kunden auf dem Smartphone
+ Bautagesbericht und mobiler Regiebericht
+ GPS-Ortung uvm.

Und für Anwender unserer Kalkulations- und Auftragsverwaltung M-Soft PASST.prime greifen wir mit **LPC-ERFOLG** zusätzlich noch die Informationen der Fakturierung, der Offenen Posten Verwaltung sowie der Nachkalkulation ab und stellen dem Kalkulator den Verrechnungssatz zur Verfügung, der von HEUTE bis Jahresende benötigt wird, um die geplanten Kosten und den geplanten Gewinn zu erwirtschaften. MIT **LPC-ERFOLG** erhalten sie TÄGLICH eine Aussage über die Erlössituation Ihres Unternehmens.



Mit unserem **LPC-ANGEBOT** erhalten Sie eine Komplettübersicht über alle offenen Angebote mit der Möglichkeit, diese nach Chancen zu bewerten (0-100%). Daraus resultiert dann eine Vorschau an bereits fiktiv verkauften Stunden und Umsätzen.

Mit unserem **LPC-AUSLAST** liefern wir einen Auslastungs-Monitor Ihrer Aufträge auf dem Zeitstrahl mit Kapazitätsvorschau, der auf Wunsch sogar die nach Chancen bewerteten Angebote mit darstellt, um eine frühzeitige und realistische Einschätzung von Kapazitätsengpässen zu ermöglichen.

Mehr Infos dazu auf unserer Homepage **www.edvimhandwerk.de**

M·SOFT
Kalkulations- und Auftragssoftware

TIME4
Mobile und stationäre Zeiterfassung mit mobiler Kundendienstlösung

LPC-Tool
Laufendes Projektcontrolling
Bewertung halbfertiger Arbeiten
Stundensatz- und Erfolgsrechnung

Projekt- und Kapazitätsplaner
mit Angebots-Vorschau

Archivierung/DMS
Dokumentenarchivierung und Dokumenten-Management mit M-Soft DMS oder ELO

EURO-Fibu
Finanzbuchhaltungs-software

meritum
(Bau-)Lohnabrechnungs-software

GPS-Ortung
Für Fahrzeuge und Maschinen

cadwork®

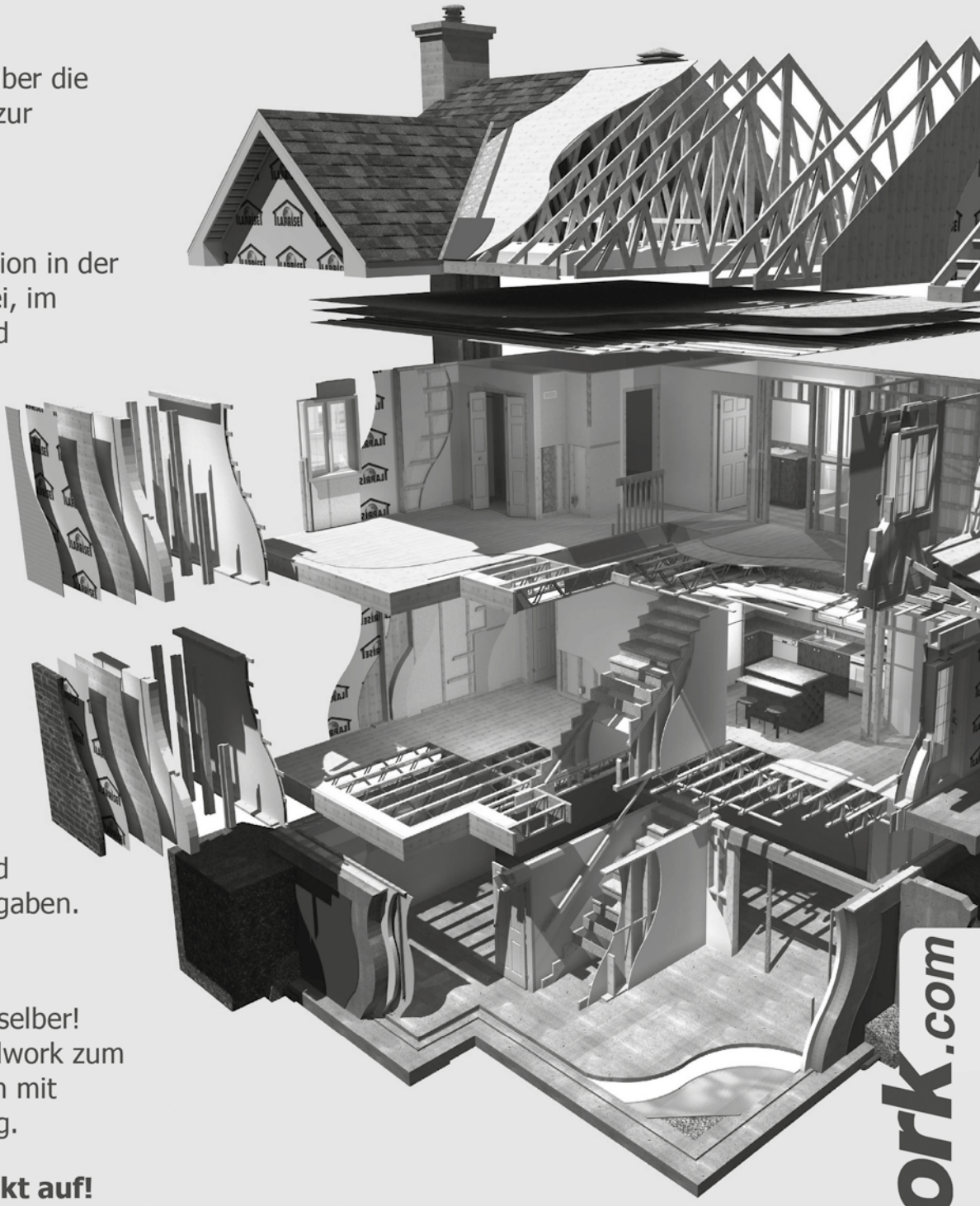
Ihr durchgängiges 3D-CAD/CAM-System für alle Bereiche des Holzbaus

durchgängig

von der Architektur über die Konstruktion bis hin zur Fertigung

flexibel

durch freie Konstruktion in der Schreinerei, Zimmerei, im Ingenieurholzbau und in allen anderen Bereichen des Holzbaus



schnell

Kurze Einarbeitungs- und Bearbeitungszeit durch praxisgerechte Werkzeuge des Holzbaus. Hoher Automatisierungsgrad in allen Ein- und Ausgaben.

testen

Überzeugen Sie sich selber! Wir stellen Ihnen cadwork zum Testen als Vollversion mit Hotline zur Verfügung.

Nehmen Sie Kontakt auf!

cadwork informatik Software GmbH
Lavesstraße 4, D-31137 Hildesheim
Tel. +49 (5121) 919990
Fax +49 (5121) 919960
info@cadwork.com

Cadwork Holz AG
Industriestraße 28, CH-9100 Herisau
Tel. +41 (71) 242 00 30
Fax +41 (71) 242 00 39
info@cadwork.swiss

Cadwork SA
Route du Devin 2, CH-1623 Semsales
Tel. +41 (21) 943 00 40
Fax +41 (21) 943 00 50
admin@cadwork-04.ch

cadwork - die Referenz im Holzbau

Projekt:
Maisons Laprise
Quebec, Kanada

cadwork.com

CLICK IN
Fixture Systems AB

Wir revolutionieren den Fenstereinbau

Immer mehr Fertighaushersteller entdecken die Vorteile von Click-In: einfach, schnell und flexibel bei hoher Qualität.

Endlich kann der Fenstereinbau automatisiert werden!

Tobias Schauerte, Forscher Vorfertigung und Automation, Linnaeus University, Sweden.

Für weitere Informationen und Kontaktaufnahme: Click-In.se

Fenstereinbau mit einem Klick!

HUNDEGGER
ROBOT-Drive

DIE VIELSEITIGE MIT STARKEN
FUNKTIONS- UND LEISTUNGSOPTIONEN.

hundegger.com

HUNDEGGER ROBOT-Drive

Das flexible Kraftpaket für Ihren Abbund.

Die Abbundmaschine ROBOT-Drive steht für höchste Vielseitigkeit, Leistung und Flexibilität und basiert auf der Erfahrung von mehr als 6.000 ausgelieferten Hundegger-Maschinen.

Das Konzept bietet Holzbaubetrieben bereits in der Grundausstattung mit dem 6-Achs-ROBOT-Aggregat nahezu unbegrenzte Bearbeitungsmöglichkeiten für Stab und Platte.

Bei der ROBOT-Drive führt ein 6-Achs-Aggregat alle am Bauteil erforderlichen Arbeitsschritte aus, und zwar in einem Durchlauf.

Die ROBOT-Drive gibt es in drei Grundvarianten, sie unterscheiden sich jeweils nur in der Bearbeitungsbreite:

ROBOT-Drive 450
von 20 x 60 mm bis zu 300 x 450 mm
Die Basismaschine für jeden Zimmereibetrieb.

ROBOT-Drive 650
von 20 x 60 mm bis zu 300 x 650 mm
Für den Trend zu größeren Holzquerschnitten.

ROBOT-Drive 1300
von 20 x 60 mm bis zu 300 x 1300 mm
Für alle Anforderungen zur Bearbeitung bis hin zum Abbundvon Leimbindern und Brettsperrholz.

HUNDEGGER
Innovationen für den Holzbau

www.hbs-berga.de

HBS BERGA

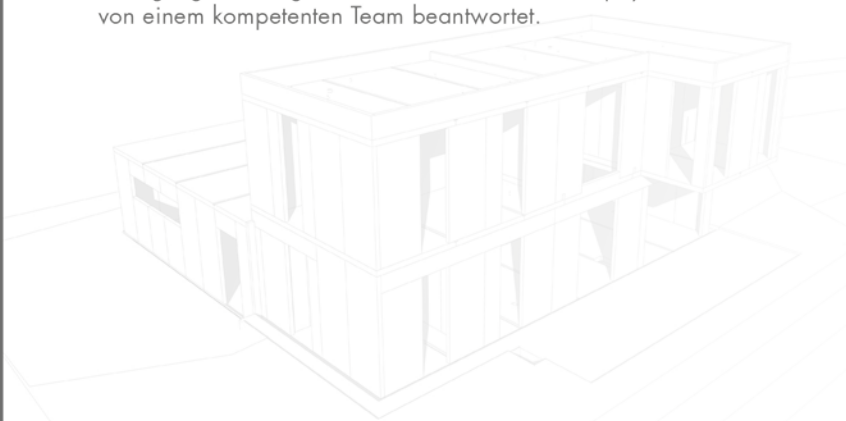
Bausysteme aus Holz

- **Dach-/ Wand- und Deckenkonstruktionen**
- **Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse**
- **Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekten**

Als Hersteller von Brettsperrholz bietet HBS Berga großformatige Massivholzelemente welche als Wand-, Decken- und Dachbauteile eingesetzt werden können.
Diese Bauteile sind standardmäßig in den Abmessungen von 3,50 m x 16,00 m herstellbar, Überlängen sind auf Anfrage möglich. Die Bauteilstärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten.
Sonderstärken sind ebenfalls auf Anfrage möglich.

Der montagefertige Zuschnitt der Bauteile erfolgt entsprechend der Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen. Neben der Herstellung von Brettsperrholz unterstützt HBS-Berga auch bei der Planung von Massivholzgebäuden.

Für die statische Bemessung steht eine Bemessungssoftware zur Verfügung und Fragen zur Konstruktion oder Bauphysik werden von einem kompetenten Team beantwortet.



HBS Berga GmbH & Co. KG
Ahornweg 1 • 06536 Berga
+49 34651 451-0 • info@hbs-berga.de

isofloc®

Einfach perfekt dämmen.

Das Original ist zurück: schneller, günstiger, besser

Dank der neusten Generation unserer Einblasplatte lassen sich vorgefertigte Holzbauelemente jetzt noch effizienter dämmen.

MADE SWISS

GÜNTHNER

ROLLLADEN- & SONNENSCHUTZSYSTEME

Schutz und Komfort rund ums Gebäude sind unser Thema seit 1898: Mit Produkten für Verdunklung und Schutz am Fenster, Sonnen- und Wetterschutz im Freien, mit Torsystemen und umfassendem Service sind wir idealer Partner und Ausrüster für den Holzbau.

Vom Rollladen über die Markise bis zum Tor

Wir bei Günthner verstehen uns aus Tradition auf Holzbau: In unsere Produkte fließen handwerkliche Erfahrungen ein, mit denen wir ständig unser Portfolio weiter perfektionieren. Deshalb bieten wir unsere wichtigste Produktkategorie, die Kastensysteme der FLEXI FIX-Reihe, bewusst in Varianten an, die ideal für die Integration im Holzbau geeignet sind. Zugleich eröffnen wir durch die individuelle Dimensionierbarkeit dieser Systeme bei einem hervorragenden Dämmwert exzellente Voraussetzungen für die Nutzung bei anspruchsvollen Projekten.

Individualisierbare Rollladen-Panzer, Raffstoren oder Textilscreens in frei wählbaren Abmessungen, in passende Schienensysteme integrierbare Absturzsicherung aus Sicherheitsglas bei bodentiefen Fenstern und noch vieles mehr haben Günthner-Sonnenschutzsysteme zu bieten. Hinzu kommen noch variable Schiebe- und Klappladen-Systeme. Zudem bieten wir Sonnen- und Insektenschutz-Systeme, die auch für die Innenanbringung geeignet sind – all dies natürlich ebenfalls automatisierbar und ins Smart Home integrierbar.

Die Wetter- und Sonnenschutz-Gestaltung für Terrassen und Balkone zählt zu den weiteren Feldern, die Günthner rund ums Haus zu bieten hat. Und die Günthner-Torsysteme als Kipp-, Roll- oder Sektionaltore sorgen für Sicherheit für bewegliche Güter in Garagen oder befahrbaren Hallen.

Die besondere Nähe unseres Portfolios zu Kundenwünschen erklärt sich aus unserem Servicedenken: So sind wir nicht nur leistungsstarker Lieferant der vorgenannten Produkte und fertigen auch für bekannte andere Marktteilnehmer als OEM-Lieferant. Günthner ist auch als Dienstleister von der Beratung und Planung über die Montage vor Ort bis hin zum Wartungs- und Reparaturservice aktiv und bleibt so dicht dran an den Wünschen der Endabnehmer und Nutzer der unterschiedlichen Produkte.

NEUHEITEN!!!

woodframe FLEXI

www.guenthner.de

WIR FREUEN UNS AUF IHREN BESUCH

STAND 06

Unser Ansprechpartner für Deutschland:

ABA HOLZ van Kempen GmbH

ABA HOLZ VAN KEMPEN GMBH
Streitheimer Straße 22 | 86477 Adelsried
info@aba-holz.de | www.aba-holz.de | www.klh.at

- PIONIER IN DER HERSTELLUNG VON BRETTSPERRHOLZ
- MEHR ALS ZWEI JAHRZEHNTE ERFAHRUNG
- DAS ORIGINAL MIT MEHR ALS 38 000 PROJEKTEN WELTWEIT
- INTERNATIONALES PROJEKTMANAGEMENT
- LÖSUNGSORIENTIERTER PROJEKTPARTNER
- VON STATISCHER VORBEMESSUNG BIS ZUR WERKPLANUNG

KLH MASSIVHOLZ GMBH | 8842 Teufenbach-Katsch | Gewerbestraße 4
Tel +43 (0)3588 8835 | office@klh.at | www.klh.at

GEBÜNDELTE HOLZBAU-KOMPETENZ

Innovative Holzbau-Systeme aus einer Hand

Die Unternehmen der Knauf Gruppe bündeln ihre individuellen Kompetenzen, um sowohl kleinen Zimmereien als auch großen Holzbaubetrieben und Fertighausanbietern aufeinander abgestimmte und geprüfte Lösungen aus einer Hand bieten zu können.
So sorgen wir für Planbarkeit, Zuverlässigkeit und Ausführungssicherheit – sowohl auf der Baustelle als auch im seriellen Fertigungsprozess – und bieten Ihnen mit unserem auf den Holzbau spezialisierten Vertriebsteam persönlichen Kontakt auf Augenhöhe.

www.knauf-holzbau.de

KNAUF

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

AUSSCHREIBEN.DE
Ausschreibungstexte**plus**

Nutzen Sie kostenfrei über **1 Mio. Ausschreibungstexte** und **Zusatzinformationen** von **700 Herstellern**.

Gefunden? Export in 9 Datenformate

ORCA Software GmbH • Georg-Wiesböck-Ring 9 • 83115 Neubeuern • orca-software.com • ausschreiben.de

PFEIFER

DEM (NACH) WACHSENDEN TREND BAUEN MIT HOLZ GEHÖRT DIE ZUKUNFT.

© Fotos: PFEIFER GROUP: Anna Tiefenbrunner

BRETTSPERRHOLZ
CLT
SEIT 2020 NEU BEI PFEIFER

CLT Brettsperrholz

Brettschichtholz

Ein- und dreischichtige Massivholzplatten

Brettschichtholz-elemente

pfeifergroup.com

BAUANSCHLÜSSE SICHER, NACHHALTIG UND AUS EINER HAND

PFLÜGER |t|o|b|
Thermisch optimiertes Bauzubehör

Die Pflüger TOB GmbH entwickelt und produziert nachhaltige Systeme zur thermischen Trennung, Konstruktion, Abdichtung und Dämmung auf Basis recycelter Kunststoffe mit hohen Wärmedämmeigenschaften, guten Festigkeitswerten und hervorragender Wasserbeständigkeit.

Die Aufgaben der Energiewende nehmen wir an und entwickeln Lösungen zur weltweiten Energieeinsparung. Damit sind wir der richtige Partner beim zeitgemäßen, nachhaltigen Planen, Entwickeln und Umsetzen von Lösungen u.a. im Wohn- sowie Fassadenbau. Mit unserem thermisch optimierten Bauzubehör montieren Sie Ihre Bauelemente zeitgemäß und zukunftssicher an bzw. in allen Gebäudetypen. Sowohl unsere Materialien als auch die Produktionsverfahren erfüllen hohe ökologische Standards.

MONTAGE SYSTEM FDKtherm *professional+*

Vorgefertigte Elemente zum sicheren und zeitsparenden Fenstereinbau

Elemente die das Montagesystem beinhalten kann:

- > Dämm- und Dichtkeil
- > Laibungsplatte
- > Beschattung
- > Absturzsicherung
- > Fensterbank
- > vielseitiges Zubehör

Der direkte Weg zu unserem Online-Auftritt!

www.pflueger-tob.de

Pflüger TOB GmbH
Thermisch optimiertes Bauzubehör
Landturmstraße 21/23
74532 Ilshofen-Obersteinach

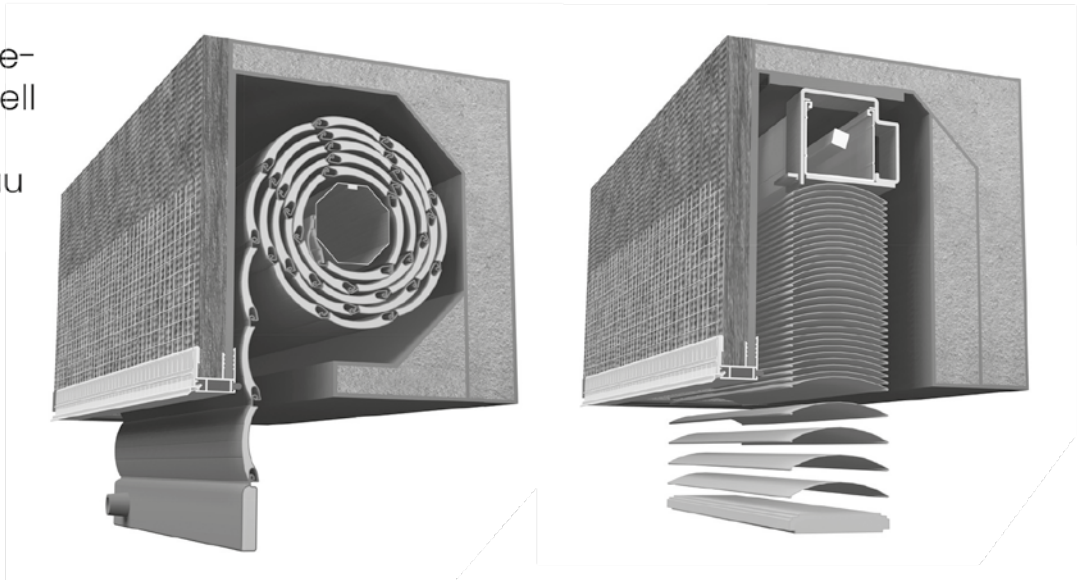
Ansprechpartner: Ulli Pflüger / GL
Tel +49 (0)7906 9109-30
ulli.pflueger@pflueger-tob.de

PRIX
ROLLLADENKÄSTEN

ÖKO LINE

Die nachhaltige Alternative

Rollladen- und Raffstore-kästen speziell für den Holzhausbau entwickelt

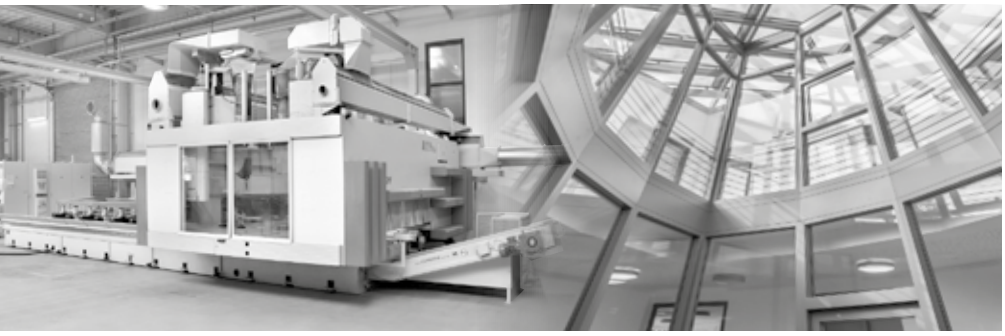


- Ökologisch hochwertige Ausführung aus nachwachsenden Rohstoffen
- Stabiles, selbsttragendes Kastensystem
- Hohe Flexibilität des Kastensystems zur einfachen Anpassung an unterschiedliche Wandaufbauten
- Dauerhafter Schutz der Dämmung durch einzigartige Sandwichbauweise
- Hervorragende Wärme- und Schalldämmung
- Statikelemente verfügbar
- Erhältlich als Einbau-, Aufsatz- oder Vorbaukasten

natureplus®
No. 0208-1304-120-1

PRIX Systeme GmbH
Tel. 0 82 45 9 98 90-00
www.prix.de

Perspektiven neu erleben



Spitzentechnik für die Holzbearbeitung

CNC-Technologie in Bestform

HAMUEL REICHENBACHER
Unternehmen der **SCHERDEL***Gruppe*

Reichenbacher Hamuel GmbH
Rosenauer Straße 32 · D-96487 Dörfles-Esbach
Tel.: +49 9561 599-0 · Fax: +49 9561 599-199
info@reichenbacher.de · www.reichenbacher.de

INNOVATIVE TECHNOLOGIEN FÜR DIE ZUKUNFT IM HOLZBAU

SCM entwickelt hochtechnologische CNC-Bearbeitungszentren für die Fertigung von Holzbauelementen.

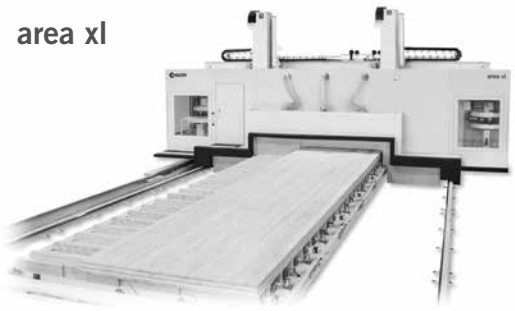
Strukturbalken, Wandelemente X-lam/CLT und gebogene Balken werden mit höchster Präzision und Geschwindigkeit hergestellt. Innovative Lösungen für die Bearbeitung von Brettsperrholzplatten und gebogenen Trägern bis zu einer Größe von 3.600x400 mm sowie von Brettschichtholzträgern und Säulen mit Querschnitten bis zu 1.250x610 mm.

Die von Scm entwickelte Software **Maestro beam&wall** bietet einen flexiblen Dateiimport aus den wichtigsten CAD-Systemen in diesem Bereich und wird regelmäßig mit neuen Funktionalitäten und innovativen Strategien erweitert.

You will never work alone! Von der Investitionsplanung über die Inbetriebnahme, Produktionsbegleitung bis hin zur Wartung der Maschine, SCM begleitet Sie in allen Phasen des Lebenszyklus der Maschinen.

oikos xl

area xl



FORUM HOLZBAU TECHNIK & WIRTSCHAFT

SCM Deutschland
Seilerstrasse 2, 72622 Nürtingen
Tel. 07022-92540 info@scmgroup.de
www.scmgroup.de

ERFAHREN SIE MEHR

scm woodworking technology

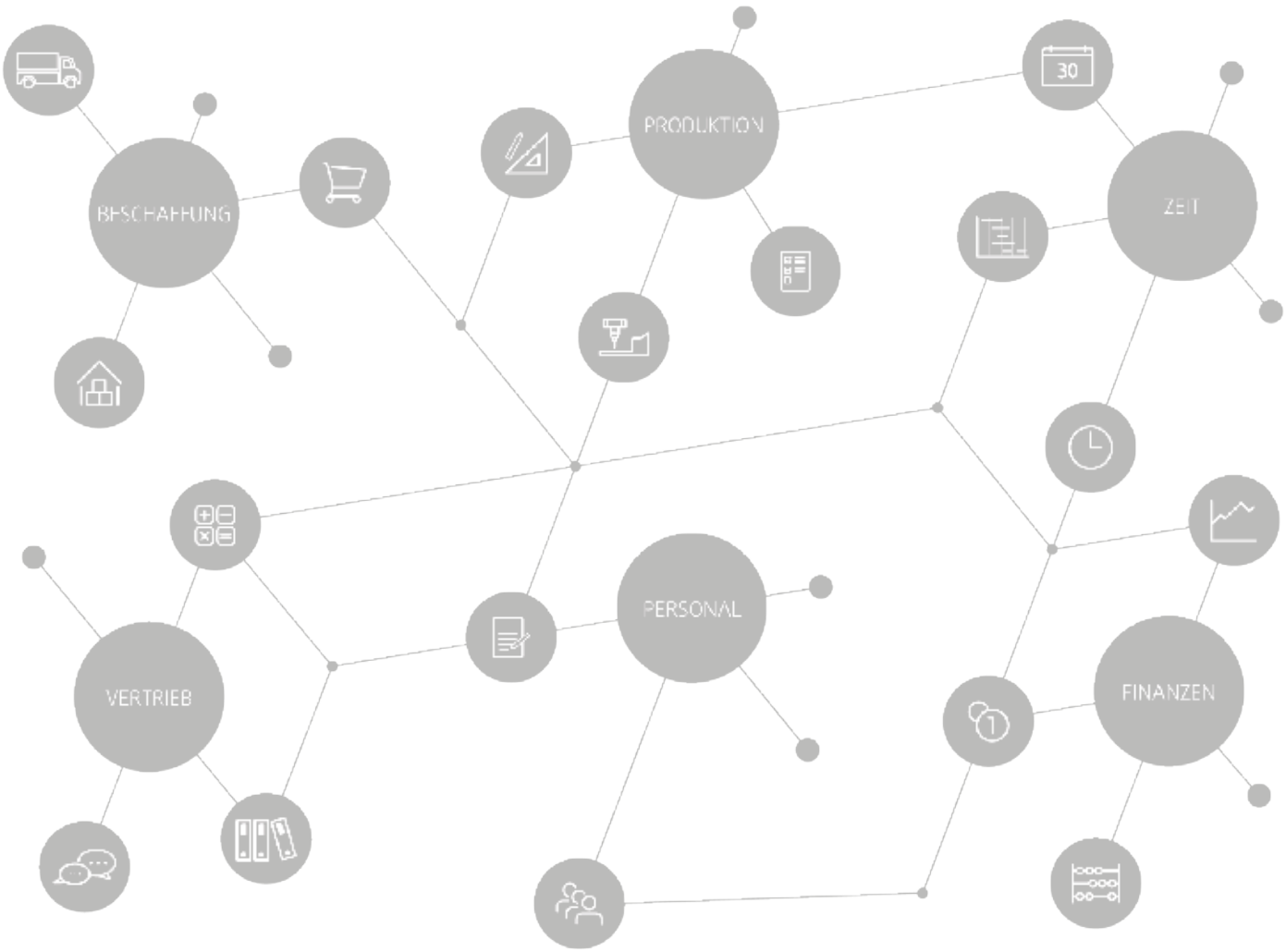
70 scmgroup

triviso® erp

Digitalisieren Sie Ihre Holzverarbeitung

Dank Triviso ERP konzentrieren Sie sich auf Ihr Kerngeschäft. Die Software unterstützt Sie zuverlässig in der Datenverarbeitung und vereint Bereiche wie Beschaffung, Produktion, Zeit, Vertrieb, Personal und Finanzen. Damit fungiert das ERP als Herzstück der Datenwelt in Ihrem Unternehmen.

Gerne unterstützen wir Sie auf dem Weg in die Digitalisierung. Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.



Triviso GmbH
Gerberau 44
79098 Freiburg
info@triviso.de
www.triviso.de

HC WEINMANN

Nachhaltig Produzieren.
Flexibel Arbeiten.
Ihre Lösung für den Holzbau.

Gemeinsam Zukunft Bauen.
Mit unseren Maschinen sind Sie ideal aufgestellt für heutige und zukünftige Anforderungen. Sowohl für den Abbund als auch den Elementebau bieten wir Ihnen die passende Anlagentechnik und entwickeln gemeinsam mit Ihnen das für Sie passende Produktionskonzept. Dabei steht immer eines im Vordergrund:
Ihre individuelle Lösung.

- Flexibel aufgestellt mit modular erweiterbarer Anlagentechnik
- Konstant hohe Qualität durch präzise CNC-Technologie
- Hohe Produktivität und durchgängiger Produktionsfluss

www.homag.com/weinmann

YOUR SOLUTION