

# Holz | Forum Bau | Spezial Wirtschaft

1. Kongress HolzBauWirtschaft (HBW2018)

Bauwirtschaftliche Ansätze und Prozesse  
in Planung, Fertigung und Baubetrieb

Wyndham Grand Conference Center Salzburg (AT)

16./17. Mai 2018



Herausgeber: forum-holzbau  
Bahnhofplatz 1  
CH-2502 Biel/Bienne  
Tel. +41 32 327 20 00

Bearbeitung und Satz: forum-holzbau | Katja Rossel | Claudia Stucki

Druck: FLIRIDRUCK  
Neuwiesenweg 23  
IT-39020 Marling  
Tel. +39 0473 442501

Auflage: 250 Ex.

© 2018 by forum-holzbau, CH-Biel/Bienne  
ISBN 978-3-906226-20-0

[www.forum-holzbau.com](http://www.forum-holzbau.com) | [www.forum-holzkarriere.com](http://www.forum-holzkarriere.com)

## Inhalt

### Unternehmensstrukturen

- Vision Holzbau** 9  
*Ulrich Weinmann, Ed. Züblin, Stuttgart, Deutschland*
- Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung** 17  
*Horst Wildemann, Unternehmensberatung TCW, München, Deutschland*

### Building Information Modeling (BIM)

- BIM-Materialdatenstrukturen im Kontext harmonisierter Produktnormen** 25  
*Christoph Carl Eichler, ODE office for digital engineering, Wien, Österreich*
- BIM – Rechtliche Möglichkeiten und Grenzen** 41  
*Prof. Peter Matthias Astner, Hochschule Rosenheim/MÖLLER Rechtsanwälte, Rosenheim, Deutschland*
- BIM – der Holzbau kann es, der Praxisbeweis** 51  
*Philipp Zumbrunnen, EURBAN Limited, London, United Kingdom*

### Kalkulation

- Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung als Teil des BIM-Prozesses im modernen Holzbau** 63  
*Franz-Josef Cordes, ORCA Software, Neubeuern, Deutschland*
- Kalkulationsansätze im Holzbau** 69  
**Der Einsatz von Arbeitsablaufanalysen als Grundlage für Aufwandswerte**  
*Dieter Schlagbauer, iC Consulente ZT, Wien, Österreich*

### Kooperationsmodelle

- Integrales Planen und Bauen in der Praxis** 87  
*Elisabeth Aberger, Direktion Bayern, Ed. Züblin, München, Deutschland*
- Holzbau 4.0: individuelle Standardmodule** 105  
*Lukas Schiffer, Tjiko, Rosenheim, Deutschland*
- Die Rolle des Tragwerksplaners im Holzbau – eine kritische Betrachtung** 111  
*Josef Koppelhuber, Tragwerksplaner Holzbau, Rottenmann, Österreich*
- ValueNet – Neuartige Geschäftsmodelle in der Holzbau-Dienstleistung** 119  
*Bernd Gusinde, Timber Concept, Weißensberg, Deutschland*

### Produktionsprozesse

- Eine Alternative Vorfertigung – Vollflächige Elementierung** 131  
*Walter Bauer, Bauer Holzbau, Satteldorf/Gröningen, Deutschland*
- Abbinden vor – während – nach dem Fügen** 141  
*Urs Steinmann, Technowood, Alt St. Johann, Schweiz*
- Hocheffiziente Vorfertigung im Modulebau** 147  
*Hansbert Ott, Weinmann Holzbausystemtechnik, St. Johann-Lonsingen, Deutschland*

## Wirtschaftlichkeit

<b>Wirtschaftliche Betrachtung vorgefertigter Holz-Beton-Verbundsysteme</b>	155
<i>Thomas Lierzer, MMK Holz-Beton-Fertigteile, Wöllersdorf, Österreich</i>	
<b>Skelett-/Rahmen- und Brettsperrholzbauweise im direkten Vergleich</b>	161
<i>Pirmin Jung, Pirmin Jung Ingenieure, Rain, Schweiz</i>	
<b>Wandel im Bauprozess zu Systematisierung und Modularisierung</b>	173
<i>Harald Professner, Rhomberg Holding, Bregenz, Österreich</i>	

## Quo Vadis Holzbau

<b>CO2 – Bilanzierung als der Wettbewerbsvorteil für den Holzbau?</b>	191
<i>Dr. Frank Werner, Werner Umwelt &amp; Entwicklung, Zürich, Schweiz</i>	
<b>Lebenszykluskosten als Entscheidungsgrundlage</b>	197
<i>Holger König, ASCONA, Gesellschaft für ökologische Projekte, Gröbenzell, Deutschland</i>	
<b>Hybrid: Brücke zum mehrgeschossigen Holzbau?</b>	205
<i>Josef Haas, KAMPA Objekt- und Gewerbebau, Eggenfelden, Deutschland</i>	

## Moderatoren

### **Prof. Dr. Becker Jörg**

Fachhochschule Dortmund  
Emil-Figge-Strasse 40  
44227 Dortmund, Deutschland

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

### **Prof. Germerott Uwe**

Berner Fachhochschule AHB  
Solothurnstrasse 102  
2504 Biel, Schweiz

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

### **Prof. Dr. Heck Detlef**

TU Graz  
Lessingstrasse 25/II  
8010 Graz, Österreich

Tel.: +43 316 8736250  
E-Mail: detlef.heck@tugraz.at

### **Koppelhuber Jörg**

TU Graz  
Lessingstrasse 25/II  
8010 Graz, Österreich

Tel.: +43 316 8734252  
E-Mail: joerg.koppelhuber@tugraz.at

### **Prof. Dr. hc. Köster Heinrich**

Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
83024 Rosenheim, Deutschland

Tel.: +49 8031 805120  
E-Mail: Heinrich.Koester@fh-rosenheim.de

### **Lierzer Sandra**

TU München  
Arcisstrasse 21  
80333 München, Deutschland

Tel.: +49 89 28925493  
E-Mail: sandra.schuster@tum.de

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

Linnaeus University  
Lückligsplats 1  
35195 Växjö, Schweden

Tel.: +46 7223 94573  
E-Mail: tobias.schauerte@lnu.se

## Referenten

### **Aberger Elisabeth**

Ed. Züblin AG  
Leopoldstrasse 250c  
80807 München, Deutschland

Tel.: +49 89 36055530  
E-Mail: elisabeth.aberger@gmx.at

### **Prof. Astner Peter Matthias**

Möller Rechtsanwälte  
Mühlbachbogen 1a  
83022 Rosenheim, Deutschland

Tel.: +49 8031 18010  
E-Mail: Astner@moeller-rae.de

### **Bauer Walter**

Bauer Holzbau GmbH  
Alte Höhe 1  
74589 Satteldorf - Gröningen, Deutschland

Tel.: +49 7955 385333  
E-Mail: w.bauer@bauer-holzbau.de

### **Cordes Franz Josef**

ORCA Software GmbH  
Georg-Wiesböck-Ring 9  
83115 Neubeuern, Deutschland

Tel.: +49 8035 96370  
E-Mail: franz.cordes@orca-software.com

### **Eichler Christoph**

ODE office for digital engineering  
Küniglberggasse 22  
1130 Wien, Österreich

Tel.: +43 676 4956260  
E-Mail: c.eichler@ode.or.at

### **Gusinde Bernd**

Timber Concept GmbH  
Brühlmoosweg 5  
88138 Weissensberg, Deutschland

Tel.: +49 8389 9228922  
E-Mail: bernd.gusinde@timberconcept.de

**Haas Josef**

KAMPA Objekt- und Gewerbebau GmbH  
Im Gewerbepark 10  
84307 Eggenfelden, Deutschland

Tel.: +49 8721 5075930  
E-Mail: josef.haas@kampa.de

**Hellmann Christopher**

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG  
Leopoldstrasse 145  
80804 München, Deutschland

Tel.: +49 89 360 523 15  
E-Mail: christopher.hellmann@tcw.de

**König Holger**

Ascona Gesellschaft für ökologische Produkte  
Eschenriederstrasse 65  
82194 Gröbenzell, Deutschland

Tel.: +49 8142 6518696  
E-Mail: mail@ascona-koenig.de

**Koppelhuber Jörg**

TU Graz  
Lessingstrasse 25/II  
8010 Graz, Österreich

Tel.: +43 316 8734252  
E-Mail: joerg.koppelhuber@tugraz.at

**Ott Hansbert**

Weinmann Holzbausystemtechnik GmbH  
Forchenstrasse 50  
72813 St. Johann-Lonsingen, Deutschland

Tel.: +49 7122 82940  
E-Mail: hansbert.ott@weinmann-partner.de

**Schiffer Lukas**

Tjiko GbR  
Bahnhofstrasse 5  
83022 Rosenheim, Deutschland

Tel.: +49 157 85 978 697  
E-Mail: l.schiffer@tjiko.de

**Steinmann Urs**

Technowood GmbH  
Horb 5  
9656 Alt St. Johann, Schweiz

Tel.: +41 71 997 04 03  
E-Mail: urs.steinmann@technowood.ch

**Werner Frank**

Werner Umwelt & Entwicklung  
Idaplatz 3  
8003 Zürich, Schweiz

Tel.: +41 44 241 39 06  
E-Mail: frank@frankwerner.ch

**Prof. Dr. Heck Detlef**

TU Graz  
Lessingstrasse 25/II  
8010 Graz, Österreich

Tel.: +43 316 8736250  
E-Mail: detlef.heck@tugraz.at

**Jung Pirmin**

Pirmin Jung Ingenieure AG  
Grossweid 4  
6026 Rain, Schweiz

Tel.: +41 41 459 70 40  
E-Mail: pjung@pirminjung.ch

**Koppelhuber Josef**

ZT Büro Koppelhuber  
Hauptplatz 111  
8786 Rottenmann, Holland

Tel.: +43 3614 20150  
E-Mail: office@koppelhuber.at

**Lierzer Thomas**

MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH  
Kirchdorfer Platz 1  
2752 Wöllersdorf, Österreich

Tel.: +43 5 7715 200  
E-Mail: thomas.lierzer@mm-holz.com

**Professner Harald**

Cree GmbH  
Färbergasse 17  
6850 Dornbirn, Österreich

Tel.: +43 5574 403386  
E-Mail: harald.professner@creebyrhomborg.com

**Dr. Schlagbauer Dieter**

iC consulenten Ziviltechniker GesmbH  
Schönbrunner Strasse 297  
1120 Wien, Österreich

Tel.: +43 1521 69472  
E-Mail: d.schlagbauer@ic-group.org

**Weinmann Ulrich**

Ed. Züblin AG  
Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart, Deutschland

Tel.: +49 711 7883 101  
E-Mail: ulrich.weinmann@zueblin.de

**Zumbrunnen Philipp**

EURBAN Limited  
3rd Floor, 59 Lafone Street  
SE1 2LX London, England

Tel.: +44 20 7378 8476  
E-Mail: pz@urban.co.uk

**Unternehmensstrukturen –**  
Der Holzbau im Umbruch im Umfeld von  
Marktentwicklungen und Digitalisierung



# Vision Holzbau

Ulrich Weinmann  
Ed. Züblin AG  
Stuttgart, Deutschland





## 1. Vision Holzbau

Vision Holzbau, so das mir gegebene Thema. Dabei ist der Holzbau in den letzten Jahren an Visionen nicht arm geworden. Nachhaltigkeit, CO<sup>2</sup>-Neutralität, nachwachsender Rohstoff usw. „Windows of Opportunities“ wurden gesehen, und es ist den meisten Menschen ganz gut vermittelbar, dass eigentlich mehr mit Holz gebaut werden müsste und dies nicht mit einem Kahlschlag der Wälder einhergeht. Dazu kommt noch, dass mit Holz die Gebäude schneller entstehen. Kapitalkosten spielen zwar gerade nicht so die Rolle, aber die Risiken sind doch geringer, wenn man früher an den Markt gehen kann.



Abbildung 1: Vision Holzbau, Metropol Parasol, Sevilla, © David Franck

Und doch ...

So richtig zum Durchbruch ist es nicht gekommen. Die Pilotprojekte sind längst da, aber in der Fläche passiert dann doch deutlich zu wenig.



Abbildung 2: Pilotprojekte, SKAIO Heilbronn, Architektur: Kaden+Lager, Visualisierung: The Third

Die Kosten werden angeführt. So soll ein Projekt aus Holz im einstelligen Prozentbereich teurer sein. Dies ließe sich allerdings reduzieren bzw. eliminieren, wenn von Beginn an in Holz geplant würde und wenn diese Planung vollständig wäre. Dann könnte der Holzbau seine Vorteile ausspielen. Er ist maß genau und die Themen rund um die Installation von Gebäudetechnik könnten deutlich vereinfacht werden, weil in den Werken bereits Kanäle, Durchbrüche etc. ohne großen zusätzlichen Aufwand in die Elemente integriert werden könnten. Mit dieser Vorarbeit wären grundsätzlich auch Voraussetzungen geschaffen, die weitere Vorfertigungen oder Vorkonfektionierungen ermöglichen.



Abbildung 3: Installation von Gebäudetechnik, © ZÜBLIN Timber

Nur sieht die Wirklichkeit so aus, dass die Planung eher baubegleitend gemacht wird und nur wenige Planer von vornherein in Holz denken und planen. Die Gewerke sind in ihrer Arbeitsteilung so angelegt, dass Kanäle und Durchbrüche nicht vorgeplant sind und eine Vorfertigung bislang nicht einmal angedacht ist.

Bei Gesprächen mit Projektentwicklern bzw. Entscheidern in der Immobilienbranche wird immer wieder interessiert den Argumenten zugehört. Wenn man dann noch anführt, dass – ein weiterer Vorteil bei Holzbau – die Flächenausbeute höher wäre, hat man schon die Aufmerksamkeit. Am Ende aber stellt sich der Entscheider die Frage, wie denn das andere Baumaterial bei seinen Kunden ankommt, bei Kunden, die in Ballungsgebieten viel Geld ausgeben für ihre schicke Wohnung, und dann eben zurückrudern. Wird der Kunde dies annehmen? Sieht er in der Holzbauweise genauso die Dauerhaftigkeit seiner Immobilie und den Wertehalt? Und sieht der Kunde dann auch einen möglichen Wiederverkaufswert, entsprechend hoch wie bei konventioneller Bauweise?



Abbildung 4: Flächenausbeute, Reihenhäuser, Darmstadt, © ZÜBLIN Timber

Und irgendwo unterwegs in diesen Argumenten fällt dann regelmäßig die Entscheidung, es doch bei konventionell zu belassen. Gerade in Boomzeiten gibt es wenig Interesse an Experimenten, Konventionell verkauft sich gerade wie geschnitten Brot. Dass dies mit Holz bei den gerade herrschenden Marktbedingungen vermutlich genauso gut ginge, darf vermutet werden, der Beweis wird aber nicht angetreten.

Züblin erbringt in Deutschland zurzeit eine Bauleistung von rd. 2.814 Mio. Euro, davon sind zwei Drittel im schlüsselfertigen Segment. Der Anteil, den wir in Holz realisieren, ist dabei völlig untergeordnet.

Wir glauben, dass sich dies langsam ändern wird, sehen aber noch nicht die große Marktakzeptanz für das Bauen mit Holz.

Als wir uns dem Holzbau genähert haben, waren die Visionen andere. Mancher träumte davon, sich der gesamten Produktionskette anzunehmen bis hin zum Waldbesitz. Das Tagesgeschäft hat sich anders als erwartet gestaltet. Zwei Welten trafen zunächst aufeinander, mussten sich finden und voneinander lernen. Hier die Produktion mit der Logik einer stetigen, fabrikmäßigen Fertigung. Mit Auslastungsthemen, stetig zu verbessernder Produktionstechnologie. Eine Verkaufsorganisation, die für den steten Zufluss an Aufträgen sorgen muss, viele davon in ungewohnt kleinen Zahlen. Investitionen in Technologie, die Jahre brauchen, bis sie installiert sind und ihre Wirkung entfalten können. Kalkulationsgrundlagen sind andere, Hilfsbetriebe müssen umgelegt werden usw.



Abbildung 5: Produktionstechnologie, PBA-Anlage Hundegger, © ZÜBLIN Timber

Auf der anderen Seite die Logik eines Projektes und des Projektmanagements. Ausschreibung, Vergaben, Ausführung, Abrechnung, so kann man dies auf eine kurze Formel bringen. Teams müssen sich bei den Projekten finden. Das Einstellen auf Auftraggeber und deren Vertreter, mit denen dann über Jahre zusammengearbeitet werden muss. Ablaufpläne, die ständiger Änderung unterworfen sind. Wechselnde Projektbeteiligte.

Welten die zunächst einmal nicht kompatibel sind und sich auch nicht selbstverständlich finden. Auf der einen Seite muss Verständnis für die Industrieproduktion und deren Belange erarbeitet werden. Es gibt keinen Fundus an Personal, der einspringen kann, die eigenen Mitarbeiter sind in der Logik der Projekte trainiert. Personalprobleme lassen sich damit nicht ohne weiteres aus den eigenen Reihen lösen. Theoretisch kann man natürlich nun jedes schlüsselfertige Projekt abwickeln, in der Praxis müssen sich aber fremde Einheiten finden. Organisationen, die seit Jahr und Tag in Beton denken und bauen, tun sich schwer damit, neue Wege zu gehen.

Mittlerweile kommen wir an und wir schaffen es zurück zu den Visionen, die Produktion mit dem Projektmanagement zu vermählen und so die Kompetenz des schlüsselfertigen Bauens mit der Kompetenz der Produktion von Holzbauerelementen zu vereinen. Letztendlich kann es keine Rolle spielen, mit welchen Materialien der Rohbau erstellt wird, die Vorfertigungsthemen werden sich in den nächsten Jahren jedenfalls in den Vordergrund drängen.

Aber wie kommen wir jetzt über die Schwelle, den schlüsselfertigen Holzbau als eine selbstverständliche Sparte des schlüsselfertigen Bauens am Markt dauerhaft zu verankern?

Zwei Hebel, die ich sehe:

1. Besser werden im gesamten Herstellungsprozess, vor allem in den SF-Gewerken
2. Kommunikation und Beeinflussung von Endkunden und Entscheidern der Immobilienindustrie

Zu 1:

Bei den Ausbaugewerken gibt es bereits Ansätze, diese anders zu gestalten, als dies heute der Fall ist. Es ist recht offensichtlich, dass hier Potentiale zu heben sind. Seit vielen Jahren stagniert die Produktivität in der Bauindustrie. Dies betrifft zwar auch die Rohbaugewerke und die Ingenieurbauarbeiten. Aber gerade in den Ausbaugewerken sind diese Stagnation offensichtlich und Verbesserungen greifbar. Der Wettbewerb ging hier nicht über bessere Lösungen, sondern über günstigere Lohnkosten. Dies wird sich ändern. Gewerkegrenzen werden neu definiert werden. Die Digitalisierung, voran mit BIM, wird die Planungsprozesse beeinflussen. Kunden werden besser abgeholt und können Planung und Design

früher, besser verstehen. Planungsprozesse werden schneller und die Umsetzung in die Bauproduktion wird sich verbessern. Vorfertigungen werden die Abläufe verändern und Logistik wird einen größeren Stellenwert einnehmen. Lean hat bereits auf vielen Baustellen Einzug gehalten und verhilft uns zu mehr Transparenz. Es wird ein Denken fördern, das die Gewerke in ihrer heutigen Form transformieren wird. Einkaufsplattformen entstehen, die für alle Beteiligten größere Transparenz bedeuten, und zusammen mit stabileren Bauprozessen, vor allem im Hinblick auf die Zeit, werden diese den Partnern am Bau Effizienzsteigerungen ermöglichen.



Abbildung 6: BIM

Damit "industrialisiert" sich die Bauindustrie mehr und mehr und eine fabrikmäßige Erstellung von Bauwerken, auch und gerade individuell geplanter Bauwerke, wird möglich. Das Denken in Prozessen wird Einzug halten, und damit nähert sich das Projektmanagement dem Prozessdenken der Fertigung an. Der Holzbau kann davon profitieren, weil mit zunehmender Vorfertigung in anderen Gewerken auch die Potentiale in dem Gewerk Rohbau Holz abgerufen werden.

Auf diese Weise nähern wir uns den Industrien und damit auch der Holzindustrie weiter an. Die Grundidee über entsprechende Plattformen, den gesamten Prozess von der Planung bis hin zum Betrieb eines Gebäudes abzubilden, ist längst vorhanden und verschiedene Firmen arbeiten bereits daran.

Zu 2:

Pilotprojekte scheinen nicht auszureichen, um eine breitere Kundenschicht zu überzeugen. Ich bin kein Marketingfachmann, aber mir scheint, dass es bisher nicht gelungen ist, die Vorteile des Holzbaus nachhaltig in den Köpfen zu verankern. Braucht es hier mehr gemeinsame Anstrengung? Gibt es eine profunde Marktforschung zu dem Themenkomplex und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen für entsprechende Kampagnen? Ich selbst stecke viel zu wenig in der Thematik und in der Branche drin. Meine Mitarbeiter sagen mir aber, dass die Industrie viel zu zersplittert ist und es nicht schafft, die Mittel und Anstrengungen zu konzentrieren.

Wir sehen schon seit längerer Zeit einen gewissen Anlagedruck bei Versicherungen, Fondsanbietern oder auch Wohnbauunternehmen. Heute ist Projektentwicklung weniger ein Thema der Vermarktung als vielmehr ein Thema des Auffindens von geeigneten Projekten und damit einhergehend von Grundstücken. Nicht mehr nur die Ballungsräume, auch die Subzentren geraten in den Fokus derer, die Projekte suchen. Hier besteht aus meiner Sicht heute die Möglichkeit, Projekte zu initiieren, ohne dabei selbst ein allzu großes Risiko eingehen zu müssen.

Wir versuchen, über unser Netzwerk entsprechende Flächen zu identifizieren. Gelingt es dann, Partner zu finden, die mögliche Immobilien in den Bestand nehmen oder die Entwicklung und Vermarktung übernehmen wollen, dann können wir die Entwicklung als Dienstleistung anbieten. Damit bekommen wir frühen Einfluss auf die Gestaltung und können von Beginn an diese auf Holzbauweise ausrichten.

Hier wird vielleicht deutlich, was ich eingangs schon erwähnt habe. Wir sind als Bauunternehmung und als Generalunternehmer primär nicht angetreten, um die Wertschöpfungskette Holz zu dominieren. Unsere Interessen und die strategische Bedeutung für das Engagement im Holzbau ist der Aufbau von Kompetenz mit dem Baustoff. Den größten Teil der Rohbauten in Beton errichten wir längst nicht mehr selbst, sondern mit entsprechenden Nachunternehmern. Allerdings haben wir uns in dem Feld eine große Kompetenz bewahrt. Ähnlich sehen wir dies auch beim Holzbau. Mit unserem Engagement haben wir eine gute Grundlage geschaffen und uns Kompetenzen aufgebaut. Sicherlich werden wir im Holzbau engagiert bleiben und unsere Produktion anpassen und ausbauen, dort, wo dies notwendig und sinnvoll ist. Mit der Zunahme der Projekte werden wir schnell an unsere Kapazitätsgrenzen kommen. Die Lösung wird dann nicht der weitere Ausbau der Kapazitäten sein, sondern der Zukauf von Produkten aus fremder Fertigung. Wir sehen die Rolle, die uns oft auch von Ihnen zugeschrieben wird, durchaus. Wir sehen es als unsere Aufgabe an, Holz im Rohbau ebenbürtig zu anderen Materialien zu etablieren.

Wir können uns gegenseitig unterstützen, indem wir versuchen, mehr Projekte auf den Weg zu bringen, keine Pilotprojekte, sondern wettbewerbsfähige Projekte mit hoher Kundenzufriedenheit, und damit für den Durchbruch in einen breiteren Markt sorgen.

# Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung

Horst Wildemann  
(UNIV.-PROF. DR. DR. H. C. MULT.)  
Leiter des Forschungsinstituts für Unternehmensführung,  
Logistik und Produktion der TU München und  
Geschäftsführer der Unternehmensberatung TCW GmbH & Co. KG.  
München, Deutschland





# Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung

## 1. Industriell und trotzdem individuell?

**Die Nachfrage nach günstigem individuellem Wohnraum steigt. Eine Industrialisierung hat in der Baubranche bisher weitestgehend nicht stattgefunden. Die Herausforderung lautet, qualitativ hochwertigen, individuellen und gleichzeitig preiswerten Wohnraum in kurzer Zeit zu schaffen. Mit Hilfe industrieller Fließfertigung kann die Bauwirtschaft die Nachfrage termin- und budgetgerecht abdecken.**

zwischen 185.000 bis 400.000 neue Wohneinheiten pro Jahr. So unterschiedlich die Bedarfsprognosen für Deutschland auch sein mögen, eines ist klar: Die öffentliche Hand ist nicht nur wegen des Zuzugs von Flüchtlingen derzeit ganz besonders darin gefordert, schnell Wohnraum zu schaffen, der günstig und menschenfreundlich ist. Bisher ist Bauen jedoch eher langsam und zumeist auch aufgrund von Qualitätsmängeln und Abstimmungsproblemen im Bauprozess teuer. Das ist schlecht für alle Bürger mit weniger üppigem Einkommen aber auch für den Staat. Dass Bauen teuer ist, liegt nicht nur an den hohen Grundstückspreisen in begehrten Ballungsräumen und an hohen Löhnen oder Materialkosten. Es liegt auch daran, dass in der Bauwirtschaft noch nach Prinzipien gearbeitet wird, die sich infolge des hohen Wettbewerbsdruckes keine andere Industriesparte mehr leisten könnte.

Das ginge längst anders. Der industrialisierte Hausbau nach dem Baukasten-Prinzip, bei dem in der Fabrik fertige Module zu Unikaten zusammengesetzt und direkt zur Baustelle transportiert werden, ist längst möglich. Es würde ähnlich funktionieren wie die Plattform-Strategie in der Autoindustrie, wo schon lange individuelle Fahrzeuge vom Band rollen, die zuvor am Computer konfiguriert worden sind.

## 2. Das Konzept

Was kann die Bauindustrie von der Automobilindustrie lernen? Das Erfolgsgeheimnis liegt in der Modulidee, mit der sich eine bestimmten Anzahl an Bauteilen entlang vordefinierter Verbindungsstellen miteinander kombinieren lassen. Das Verständnis der Modularisierung ist es, Schnittstellen so zu definieren, dass sich komplexe Produkte sinnvoll zerlegen und zu immer neuen Varianten zusammensetzen lassen. Die permanente Evolution durch Variation und Selektion strukturiert auch die Entwicklung und Produktion. Für die gleiche Funktion wird die beste erprobte Lösung eingesetzt. Grundsätzlich geht es um die Suche nach dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen. Diese Erkenntnisse und Erfahrungen können auf den Hausbau übertragen werden. Analog zur Automobilindustrie ist ein festgelegter Produktionsprozess notwendig, der unter industriellen Bedingungen und der Einhaltung höchster Qualitätsstandards stattfinden muss.



Abbildung 1: Produktionsprozess im modularen Hausbau

### 3. Der Konfigurator

Zu Beginn des Bauvorhabens steht die Gestaltung des Hauses mit Unterstützung eines Produktkonfigurators. Im Produktkonfigurator sind alle relevanten Modul- sowie Servicevarianten digital hinterlegt und können vom Kunden flexibel zu seinem individuellen Haus zusammengestellt werden. Der Einsatz eines Produktkonfigurators für den modularen Hausbau ermöglicht unterschiedliche Vorteile für den Kunden sowie für alle Beteiligten am Bauprojekt. Die visuelle Darstellung des Hauses beugt Missverständnissen zwischen dem Konstruierten und den Vorstellungen des Kunden vor. Somit können diese frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Durch die transparente Preiskalkulation des Hauses kann der Kunde die voraussichtlichen Kosten mit dem ihm zur Verfügung stehenden Budget abgleichen. Bei Abweichungen können im Konfigurator schnell und übersichtlich Anpassungen vorgenommen werden.

Zur detaillierten Kostenkalkulation sind in Datenbanken Stücklisten und Konstruktionspläne im Produktkonfigurator hinterlegt. Die zur Verfügung stehenden Informationen sind nicht nur für den Kunden, sondern auch für den Modulproduzenten von Bedeutung, da dies die Basis für die Planung des Auftragsabwicklungsprozesses ist. Die direkte Anbindung an das Gebäudedatenmodellierungssystem (BIM) ermöglicht es, auf Daten aus unterschiedlichen Bereichen der Wertschöpfungskette, wie etwa der Haustechnik, in Echtzeit zuzugreifen. Das Gebäudedatenmodellierungssystem stellt somit ein Konzept dar, das als Daten- und Wissensplattform fungiert. Durch die direkte Anbindung an den Produktkonfigurator können Missverständnisse bereits in der Planungsphase erkannt und beseitigt werden. Nach Abschluss der Planungsphase können die produktionsrelevanten Daten direkt von der Produktion abgerufen werden. Das integrierte Datenmodell erlaubt nach der Finalisierung des Bauprojektes, dass entlang des gesamten Produktlebenszyklus weitere Parteien wie Servicedienstleister z.B. die bestehende Datenbasis nutzen.

### 4. Die industrielle Fertigung

Die Fertigung der Häuser erfolgt nach den Prinzipien der getakteten Fließfertigung in der Fabrik. Die industrielle Produktion wird unterteilt in die Fertigung der Wand-, Boden- und Deckenelemente sowie die Montage der Module. Die Wandelemente bestehen aus Stahlleichtbauprofilen, die gemeinsam mit den Gipsfaserplatten ein tragendes Wand-, Decken- oder Bodenelement ergeben. Je nach Anforderung des Elements ist dies entsprechend isoliert, beplankt und verputzt. In der industriellen Fließfertigung werden die Stahl-Leichtbau-Profile zu Rahmen geclincht und zunächst auf einer Seite mit vorkonfektionierten

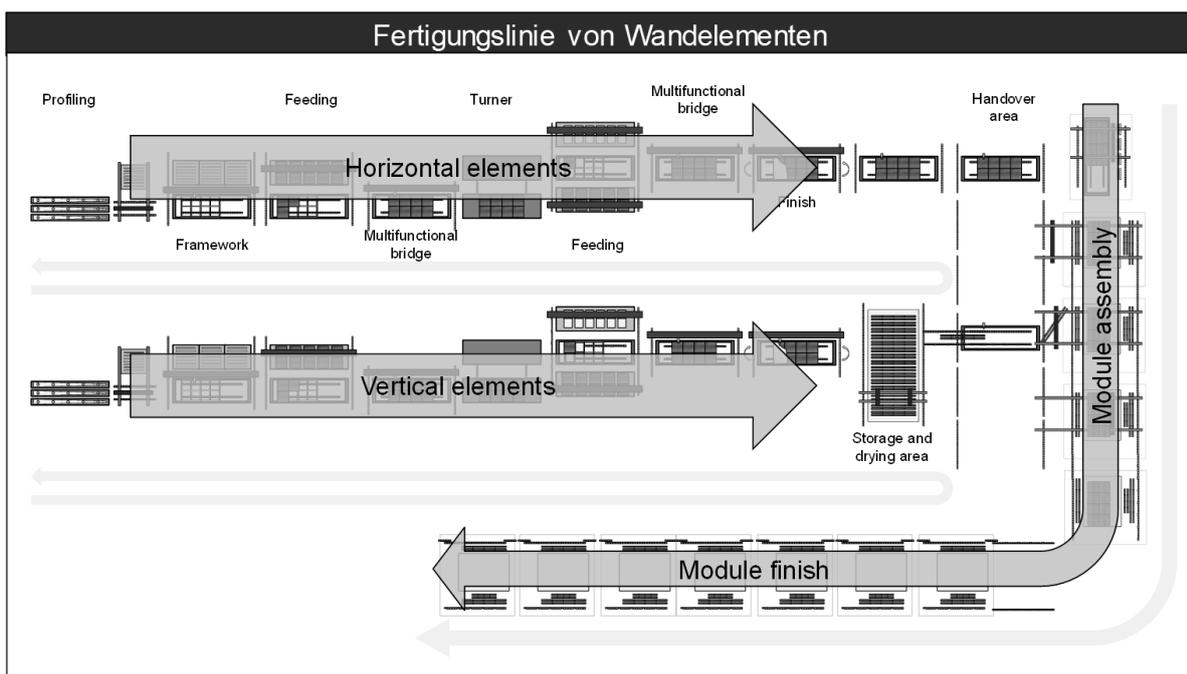


Abbildung 2: Fließfertigungslayout für Wandelemente

Gipsfaserplatten geschlossen. Anschließend wird das Isoliermaterial als Innenleben vollautomatisch eingeblasen und Leerrohre für Kabel und Zu- und Abwasser eingebracht. Danach wird das Element mit einer zweiten Schicht an Gipskartonplatten geschlossen. Je nach Typ des Elements werden etwa bei Fassadenelementen bereits Fenster eingebaut und Putz sowie der erste Anstrich aufgetragen. Alle Fertigungsschritte erfolgen dabei in einem kontinuierlichen Fluss. Die Hauptlinie ist getaktet, sodass Prozesse, die eine längere Bearbeitungszeit in Anspruch nehmen, in Vorarbeitsplätze parallelisiert werden. Auf diese Weise ist es möglich, die Elemente unter Berücksichtigung eines hohen Automatisierungsgrades sowie des Einsatzes von Just-in-Time zu fertigen. Durch die detaillierte Planung der einzelnen Prozessschritte wird die Qualität mit Hilfe von kontinuierlich mitlaufenden Quality-Gates überwacht und verbessert

Die kostenoptimale Elementfertigung hat im Dreischichtbetrieb ein jährliches Produktionsvolumen von 225.000 m<sup>2</sup> Wohnfläche, was etwa 1.500 Einfamilienhäusern entspricht. In der Elementfertigung arbeiten pro Schicht 30 Mitarbeiter in der Produktion. Diese Kapazität erfordert ein Investitionsvolumen für Anlagen und Struktur von 13 Mio. EUR.

## 5. Die Modulmontage

In der Modulmontage werden die einzelnen Elemente zu Raummodulen montiert. Auf der Bodenplatte werden die Wandelemente in einem fließenden Prozess aufgestellt und die technischen Verbindungen für die Strom-, Gas- und Wasserkreisläufe geschlossen. Bei Küchen- oder Badezimmermodulen werden vorgefertigte Bausätze, die parallel gefertigt werden oder von einem Zulieferer Just-in-Sequence angeliefert werden, in den Modulen installiert. Anschließend wird das Modul mit dem Deckenelement geschlossen und die Finalisierung des Innenraums vorgenommen. Dabei werden die Bodenbeläge und die Innenwände eingesetzt und finalisiert. Just-in-Time und Just-in-Sequence Zulieferer haben in der Modulmontage separate Lagerflächen als Pufferzone, um die Bestellungen eines definierten Zeitraums vorzuhalten und zum richtigen Zeitpunkt an die Linie liefern zu können. In der Modulmontage kann so ein Vorfertigungsgrad von über 90 % realisiert werden. Danach wird in der Modulmontage eine 100 % Prüfung des Moduls vorgenommen. Auf Basis einer detaillierten Checkliste prüft der Mitarbeiter die vorgegebenen Punkte ab und gibt das Modul nach Abschluss eventueller Nacharbeiten für den Transport frei. Für den Transport auf die Baustelle und zum Schutz vor externen Witterungseinflüssen bei der Zwischenlagerung wird das Modul mit einer Schrumpffolie verpackt.

Für die Modulmontage mit einer Kapazität von 12.500 Modulen und 225.000 m<sup>2</sup> Wohnfläche pro Jahr im Dreischichtbetrieb ist eine Investition von insgesamt 7 Mio. EUR erforderlich, die sich in Anlagen- und Strukturinvestitionen aufteilen. Für den Betrieb der Modulmontage werden 20 Mitarbeiter in Montage und Intralogistik benötigt. Die Kapazität der Modulmontage ist flexibel an die Anforderungen der Region anzupassen. Märkte mit einer Entfernung über 400 km lassen sich über Satelliten-Montagen bedienen, die näher am Bauplatz liegen. Bei größeren Entwicklungsprojekten kann eine temporäre Modulmontage erstellt werden, die nach Fertigstellung des Projektes ab- und an anderer Stelle wieder aufgebaut wird.

## 6. Ablauf der Baustelle

Die vorgefertigten Module werden auf der Baustelle zusammengesetzt. Mit speziellen vorkommissionierten Bau-stellencontainern lassen sich Bereitstell- und Handlingzeiten der benötigten Hilfsmaterialien reduzieren. Neben den Materialcontainern werden noch weitere Container für die Strom- und Druckluftherzeugung sowie den Leitstand für den Projektkoordinator aufgestellt, um eine effiziente Arbeit auf der Baustelle zu gewährleisten. Durch den hohen Standardisierungsgrad der Module können hausspezifische Arbeitsanweisungen mit detaillierten Prozessbeschreibungen und geplanten Montagezeiten auf der Baustelle ausgegeben werden. Die Steuerung auf der Baustelle erfolgt über den Projektkoordinator, der Aufgaben an die jeweiligen Gewerke wie etwa Klempner, Elektriker, Bodenleger und Sanitärtechniker, soweit noch erforderlich, verteilt. Neben dem Projektkoordinator sind zu jedem Zeitpunkt vier Mitarbeiter der unterschiedlichen Gewerke auf der Baustelle. Die Gewerke müssen so koordiniert werden, dass ein reibungsloser Ablauf

ohne Leerzeiten ermöglicht wird. Bevor der Bau des Hauses erfolgt, werden die entsprechenden Vorarbeiten wie das Fundament sowie die Grundstücksvorbereitungen finalisiert. Um den störungsfreien Ablauf aller Arbeitsschritte zu gewährleisten, ist eine sequenzgenaue Anlieferung des Baustellenmaterials wichtig, sodass die Zwischenlagerung der Module auf der Baustelle entfällt. Für die Hebevorrichtung der Module auf der Baustelle kommt ein Greifarm zum Einsatz, der die Prozesszeit wesentlich verkürzt. Die Erfassung und Zuteilung der Module auf der Baustelle erfolgt über RFID-Systeme, wodurch sich die Montagearbeiten der Module bei einem Einfamilienhaus auf einen Tag reduzieren lassen und das 24 Stunden Haus zur Realität wird. Bei einer Core-&-Shell-Bauweise (ohne Innenausbau, aber inklusive Rohmontage von Zu- und Abwasser, Elektrizität, Heizung und Lüftung) werden die restlichen Arbeitsschritte innerhalb von drei bis vier Tagen abgeschlossen. Dazu zählen die Maler- und Verputzarbeiten der Außenfassade, die finalen Bodenbeläge und Anstriche der Wände sowie die Finalisierung der Inneneinrichtung.

## 7. Wirtschaftliche Effekte

Die Anwendung der Modularisierungsprinzipien und industrieller Prozessabläufen ermöglicht eine Herstellkostensenkung von bis zu 70 % gegenüber der konventionellen Bauweise. Eine hohe Standardisierung und abgestimmte Prozesse unter kontrollierten Produktionsbedingungen in der Fabrik und der Planung, führen zu einem stabilen, hohen Qualitätsniveau. Es gilt das Prinzip: Die richtigen Dinge korrekt tun und dies bereits beim ersten Mal. Bauprojekte werden so um 74 % schneller abgewickelt. Langwierige Abstimmungsprozesse mit unterschiedlichen Gewerken sowie aufwändige Nachbesserungsarbeiten gehören beim industriellen Bauen der Vergangenheit an (zurzeit werden etwa 70 % der Zeit auf der Baustelle nicht wertschöpfend genutzt). Hieraus ergeben sich auch volkswirtschaftliche Effekte: Im Durchschnitt werden in Deutschland rund 26 % des monatlichen Einkommens für das Abbezahlen der Wohnung oder Mietaufwendungen inklusive der Nebenkosten wie Wasser, Strom und Heizung aufgewendet. Die Wohnkosten gelten als die größte monatliche Belastung eines Durchschnittshaushalts. Für den Kunden bietet der modulare Hausbau die Möglichkeit, die monatlichen Wohnkosten um bis zu 50 % zu reduzieren. Diese Einsparung setzt beim Hausbauer Einkommensanteile von rund 13 % für eine alternative Verwendung frei. Das deutsche Sprichwort, „Wer bauen will, muss zwei Cent für einen rechnen“, ist damit endgültig überholt.

## Autoren



**Horst Wildemann**  
(UNIV.-PROF. DR. DR. H. C. MULT.)

ist Leiter des Forschungsinstituts für Unternehmensführung, Logistik und Produktion der TU München und Geschäftsführer der Unternehmensberatung TCW GmbH.



**Manfred Grundke**

ist Geschäftsführender Gesellschafter der Unternehmensgruppe Knauf.

# **Building Information Modeling (BIM)**

Hilft BIM im Holzbau? Rechtliche  
Rahmenbedingungen, Chancen und Risiken.



# **BIM-Materialdatenstrukturen im Kontext harmonisierter Produktnormen**

Christoph Carl Eichler  
ODE office for digital engineering  
Wien, Österreich





# BIM-Materialdatenstrukturen im Kontext harmonisierter Produktnormen

## 1. Zusammenfassung

Dieses Referat berichtet vom aktuellen Stand der Entwicklung von Materialdatenstrukturen in der digitalisierten Bauplanung.

Im ersten Teil des Dokuments erfolgt eine Zusammenfassung der Grundlagen und Rahmenbedingungen. Dem folgt im zweiten Teil eine Untersuchung der wesentlichen Anforderungen an Materialdatenstrukturen. Im dritten Teil wird ein Umsetzungsvorschlag zur Erfüllung der Anforderungen (aus dem zweiten Teil) auf Grundlage der technologischen Rahmenbedingungen (des ersten Teils) vorgestellt.

Ziel des Referats ist die Vermittlung eines Überblicks über die Mechanismen der Entwicklung von Grundlagen in der Digitalisierung der Bauwirtschaft. Daraus ergibt sich ein Lagebild über die resultierenden strategischen Handlungsspielräume der Marktteilnehmer.

## 2. Stand der Technik

Es folgt eine Vorstellung über die vorhandenen Technologien und Vorgangsweisen der digitalisierten Bauplanung.

Als Digitalisierung bezeichnen wir ein vernetztes und prozessübergreifendes Arbeiten mit digitalen Werkzeugen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, in unserem Fall eines Bauprojektes. Unter Digitalisierung subsumieren wir die Vielfalt der zur Verfügung stehenden digitalen Werkzeuge und ihre Einsatzformen in Planung, Bau und Betrieb, ebenso wie die daraus resultierenden und damit zusammenhängenden digital gesteuerten oder unterstützten Prozesse, in unserem Fall in Bauwirtschaft und Baubetrieb.

### 2.1. Schnittstelle

Zum Austausch von Information zwischen digitalen Werkzeugen, bei der Durchführung der zur Projektdurchführung notwendigen Prozesse, werden Schnittstellen benötigt. Seit 1995 wird für den Austausch von modellbasierten Bauwerksinformationen die herstellerunabhängige IFC-Schnittstelle (ausgeschrieben: Industry Foundation Classes) entwickelt. Diese ist als IFC4 seit 04/2013 durch die ISO 16739<sup>1</sup> internationaler Standard.

Sie wurde mittlerweile unter anderem in den USA (NBS), Grossbritannien (PAS1192) sowie Österreich (ÖN A6241-2) als normative Vorgabe festgelegt. Der kommende europäische BIM-Standard (CEN TC/442) wird ebenfalls auf IFC basieren.

Der Anwendungsbereich der IFC-Spezifikation fokussiert auf dem Austausch von Bauwerksinformationen innerhalb eines Projektteams und deren BIM-Applikationen zur Planung, Kalkulation, Errichtung, Abrechnung, Wartung und den Betrieb von Bauwerken.

Die IFC-Schnittstelle wird durch die internationale nichtstaatliche non-profit-Organisation buildingSMART<sup>2</sup> entwickelt, diese wird in Österreich durch den buildingSMART Austrian Chapter<sup>3</sup> vertreten.

Die Implementierung der IFC-Spezifikation in die jeweiligen digitalen Werkzeuge obliegt dem jeweiligen Softwarehersteller. buildingSMART bietet den Softwareherstellern eine dazugehörige Zertifizierung<sup>4</sup> zur Prüfung der IFC-Implementierung in digitalen Werkzeugen. Ein zertifiziertes digitales Werkzeug<sup>5</sup> gewährleistet den Nutzern bestmögliche Zusammenarbeit.

---

<sup>1</sup> <https://www.iso.org/standard/51622.html>

<sup>2</sup> [www.buildingsmart.org](http://www.buildingsmart.org)

<sup>3</sup> [www.buildingsmart.co.at](http://www.buildingsmart.co.at)

<sup>4</sup> [www.buildingsmart-tech.org/certification](http://www.buildingsmart-tech.org/certification)

<sup>5</sup> [www.buildingsmart-tech.org/certification/ifc-certification-2.0/ifc2x3-cv-v2.0-certification/participants](http://www.buildingsmart-tech.org/certification/ifc-certification-2.0/ifc2x3-cv-v2.0-certification/participants)

## 2.2. Datenstruktur

Die IFC-Spezifikation beinhaltet eine komplexe Datenstruktur welche es ermöglicht Bauwerke über ihren gesamten Lebenszyklus abzubilden. Diese Datenstruktur wird in Folge mit ihren wesentlichen Grundprinzipien vorgestellt.

Der Aufbau der IFC-Datenstruktur basiert auf einem Vererbungsbaum. Dabei bildet die Wurzel der IFC-Datenstruktur die Klasse IfcRoot<sup>6</sup>. Hier werden die grundlegenden Attribuierungen für alle Klassen (entities), bis auf die Bestandteile des Resource Layer, definiert. So bspw. die Funktionalitäten des GUID, die Informationen zur Autorenschaft.

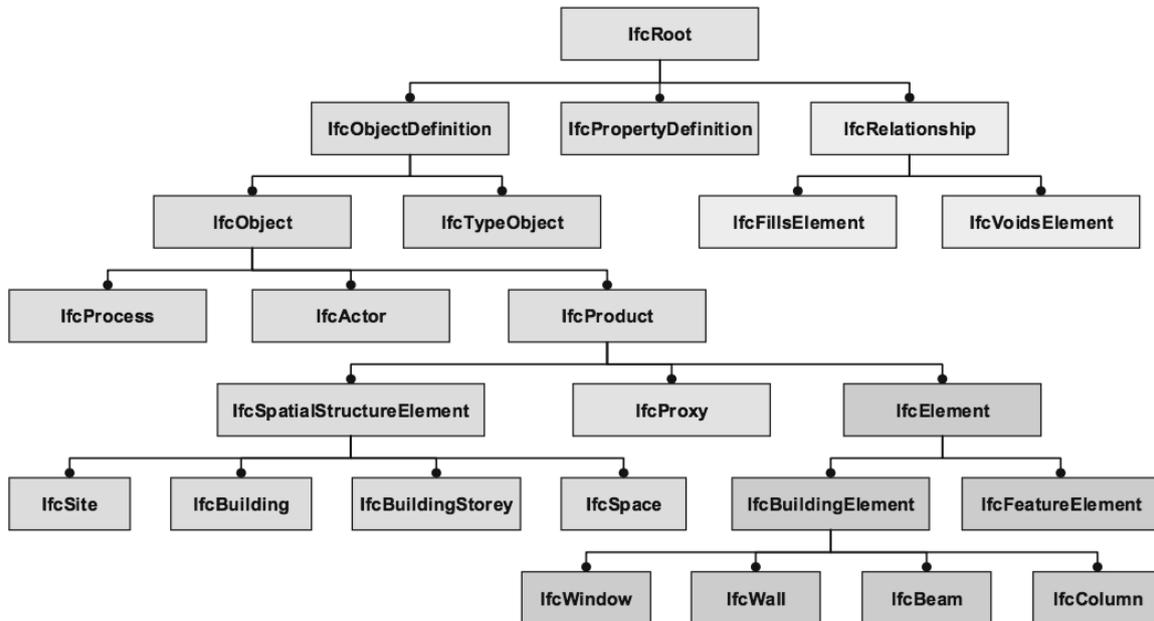


Abbildung 1: Ausschnitt aus der IFC-Datenstruktur mit den wichtigsten Entitys der obersten Ebenen der Vererbungshierarchie

Zur Definition von Inhalten stehen in der IFC-Datenstruktur folgende Gliederungs- bzw. Definitionsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Domänen (engl. Domains) – bilden eine Gruppe von Klassen, bspw. für die Gebäudetechnik.
- Klassen (engl. Entities) entspricht einer Kategorie von physischen Elementen, bspw. eine Wand.
- Typen (engl. Types) entspricht einer Ausprägung innerhalb einer Kategorie, bspw. eine Vorsatzschale.
- Merkmale (engl. Property) tragen Vorgaben zu Ausstattung, Qualität oder Ausprägung einer Klasse.

Die IFC-Datenstruktur unterscheidet darüber hinaus zwischen der **Verortungsstruktur** (IfcSpatialStructureElement<sup>7</sup>), der **Funktionalen Struktur** (IfcElement<sup>8</sup>) sowie der **Materialstruktur** (IfcMaterial<sup>9</sup>).

<sup>6</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcroot.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcroot.htm)

<sup>7</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcspatialstructureelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcspatialstructureelement.htm)

<sup>8</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcelement.htm)

<sup>9</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcmaterial.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcmaterial.htm)

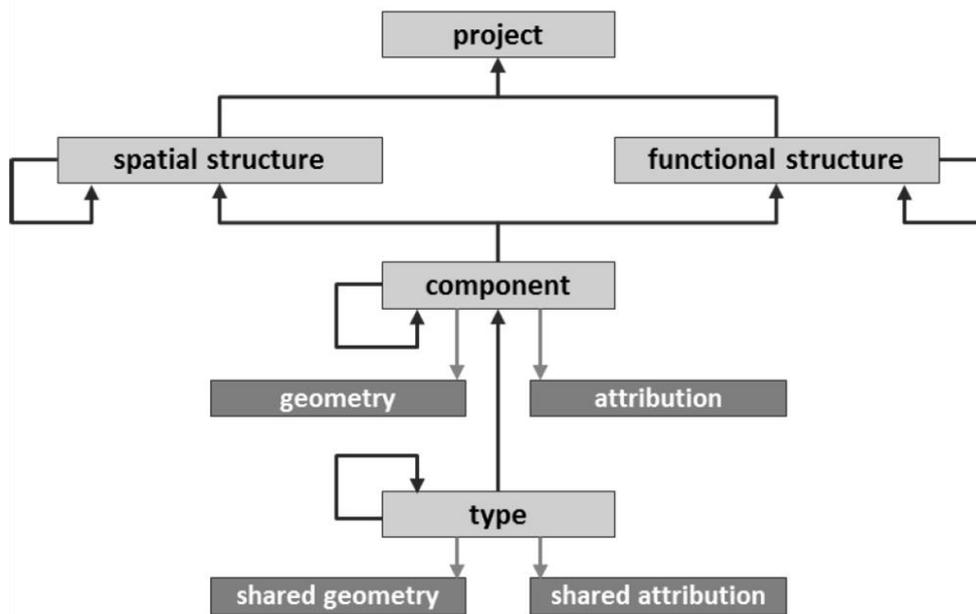


Abbildung 2: IFC breakdown structures

Eine Elementinstanz der Funktionalen Struktur, bspw. eine Wand, wird mittels Beziehungen (*IfcRelContainedInSpatialStructure*<sup>10</sup>) in der Verortungsstruktur positioniert, beispielsweise im 3. Obergeschoss eines Gebäudes. Üblicherweise werden Elementinstanzen immer auf dem Geschoss verortet, von dem ihre Errichtung ausgeht.

Die Materialstruktur wird ebenfalls über Beziehungen in die funktionale Struktur eingebunden. Das Zusammenspiel zwischen Funktionaler Struktur und Materialstruktur wird mittels Beziehungen aufgebaut (*IfcRelAssociatesMaterial*<sup>11</sup>).

Die **Verortungsstruktur** (*IfcSpatialStructureElement*<sup>12</sup>) trägt alle Informationen bzgl. der räumlich-organisatorischen Gliederung eines Projektes. Für den Hochbau sind diese Strukturen bereits seit längeren fixiert und in folgende Hierarchie gegliedert:

Bauplatz (*IfcSite*<sup>13</sup>) – Gebäude (*IfcBuilding*<sup>14</sup>) – Geschoss (*IfcBuildingStorey*<sup>15</sup>) – Raum (*IfcSpace*<sup>16</sup>)

<sup>10</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcrelcontainedinspatialstructure.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcrelcontainedinspatialstructure.htm)

<sup>11</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcrelassociatesmaterial.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcrelassociatesmaterial.htm)

<sup>12</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcspatialstructureelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcspatialstructureelement.htm)

<sup>13</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcsite.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcsite.htm)

<sup>14</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcbuilding.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcbuilding.htm)

<sup>15</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcbuildingstorey.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcbuildingstorey.htm)

<sup>16</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcspace.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcspace.htm)

Die **funktionale Struktur** (IfcElement<sup>17</sup>) trägt die jeweiligen Instanzen der physischen Elemente (Bauelemente) eines Bauwerks. Die Elementinstanzen eines Projektes sind in keine Hierarchie gegliedert, alle Elemente sind zueinander gleichwertig.

Die primären Subklassen der funktionalen Struktur gliedern sich wie folgt:

- IfcBuildingElement<sup>18</sup> – beinhaltet alle Klassen die Teil der physischen Gebäudekonstruktion darstellen
- IfcCivilElement<sup>19</sup> – eine generelle Zusammenfassung aller Klassen die Teil des Tiefbaus darstellen
- IfcDistributionElements<sup>20</sup> – beinhaltet alle Klassen die Teil der technischen Gebäudeausrüstung darstellen, diese ist untergliedert in:
  - IfcDistributionControlElement<sup>21</sup> – Elemente der Gebäudeautomation
  - IfcDistributionFlowElement<sup>22</sup> – TGA-Komponenten
- IfcFurnitureElement<sup>23</sup> – beinhaltet alle Klassen die Teil der Gebäudeausstattung darstellen
- IfcGeographicElement<sup>24</sup> – beinhaltet alle Klassen die Teil der Freiraumausstattung darstellen
- IfcTransportationElement<sup>25</sup> – beinhaltet alle Klassen der Beförderungstechnik
- IfcVirtualElement<sup>26</sup> – beinhaltet alle Klassen für virtuelle Elemente

**Materialien** werden mithilfe der Beziehungsklasse IfcRelAssociatesMaterial<sup>27</sup> mit einem Bauelement (einer beliebigen Subklasse von IfcElement) verknüpft.

Verbundmaterialien werden mithilfe der Beziehungsklasse IfcMaterialRelationship modelliert, die es erlaubt, eine Aggregations-Beziehung abzubilden. Das Attribut RelatedMaterials verweist dabei auf die Einzelbestandteile, während das Attribut RelatingMaterial auf das Verbundmaterial verweist.<sup>28</sup>

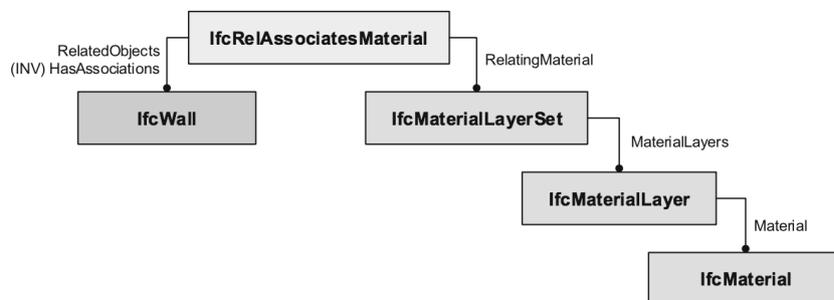


Abbildung 3: Beispiel der Verknüpfung eines Bauteils mit seinen Materialien mithilfe der Beziehungsklasse IfcRelAssociatesMaterial anhand einer mehrschichtigen Wand

<sup>17</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcelement.htm)

<sup>18</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcbuildingelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcbuildingelement.htm)

<sup>19</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifccivilelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifccivilelement.htm)

<sup>20</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcdistributionelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcdistributionelement.htm)

<sup>21</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcdistributioncontrolement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcdistributioncontrolement.htm)

<sup>22</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcdistributionflowelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcdistributionflowelement.htm)

<sup>23</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcfurnishingelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcfurnishingelement.htm)

<sup>24</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcgeographicelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcgeographicelement.htm)

<sup>25</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifctransportelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifctransportelement.htm)

<sup>26</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcvirtualelement.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcvirtualelement.htm)

<sup>27</sup> [www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcrelassociatesmaterial.htm](http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/ifcrelassociatesmaterial.htm)

<sup>28</sup> Zitat aus: Industry Foundation Classes – Ein herstellerunabhängiges Datenmodell für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks/André Borrmann, Jakob Beetz, Christian Koch und Thomas Liebich

Für Materialien sind in der aktuellen IFC4-Spezifikation bereits zahlreiche Attribuierungen vordefiniert. Allerdings ist festzuhalten, dass diese zum einen bisher (Stand 04/2018) in keiner BIM-Applikation vollständig implementiert wurden und zum anderen keinen praxisnahen Bezug aufweisen. Darüber hinaus beinhalten diese vorhandenen IFC-Materialdatenstrukturen keinen Materialkatalog, also keine abgestimmte Gliederung und einheitliche Vorgabe von Materialien. Dadurch existiert bislang auch kein übergeordneter Materialdatenstamm, auf den sich digitale Werkzeuge einheitlich beziehen können.

### 2.3. Arbeitsprozess

Die Durchführung einer digitalen Bauplanung wurde erstmals in der ÖN A6241-2 – Anhang C ausführlich beschrieben. Im Folgenden befindet sich eine Darstellung des im Anhang C vordefinierten Ablaufs unter Anpassung der Begrifflichkeiten und Rollenbilder nach den Angaben der PF 4.0 Schrift 8<sup>29</sup>. Darüber hinaus sind in dieser Ablaufbeschreibung Erfahrungen aus der praktischen Arbeit mit BIM-Projekten eingeflossen, welche die Vorgaben des Anhang C teilweise ergänzen und präzisieren.

Die Gliederung erfolgt auf Grundlage der Projektphasen und beschreibt die Vorgangsweise in chronologischen Schritten.

#### Projektinitiierung

Zu Beginn des Projektes müssen durch die BIM-Projektleitung (BPL) die wesentlichen Ziele des Auftraggebers identifiziert und definiert werden. Diese werden nach ihrer Priorität eingestuft und den Möglichkeiten des Planerteams gegenübergestellt. Daraus lässt sich in Folge eine Projektstrategie für das weitere Vorgehen entwickeln. Diese Schritte werden gemeinsam mit der BIM-Projektleitung (BPL) und den FM- und BIM-Experten der BIM-Projektsteuerung (BPS) durchgeführt. Dadurch können die Bedürfnisse des Auftraggebers im späteren Gebäudebetrieb professionell identifiziert und frühzeitig in allen Vorgaben an das Planerteam berücksichtigt werden. Ziel ist der Aufbau einer vollständigen sowie stabilen Datenkette zwischen Planung, Errichtung und Betrieb.

Im ersten Schritt erarbeitet die BIM-Projektsteuerung (BPS) mit dem BIM Abwicklungsplan (BAP) einen Lösungsvorschlag zur Umsetzung der Projektstrategie unter Berücksichtigung der Vorgaben aus dem AIA inklusive der Bedarfsplanung (Anforderungsmodell). Diese werden der BIM-Projektleitung vorgestellt und durch ihn freigegeben.

Die Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten wird jederzeit zentral über die Kollaborationsplattform geführt. Dabei werden modellbezogene und modellunabhängige Informationen ausgetauscht.

Modellbezogene Informationen können zum einen aus bereitgestellten Fachmodellen oder dem Kollaborationsmodell, bzw. den zwischen diesen Modellen ausgetauschten Kommentaren/Anmerkungen bestehen. Die nachvollziehbare Ablage dieser Informationen liefert erhebliche Erkenntnisse über den aktuellen Projektstatus und über den vollständigen Projektverlauf.

---

<sup>29</sup> <https://platform4zero.at/schrift-08-begriffe-zu-bim-und-digitalisierung/>

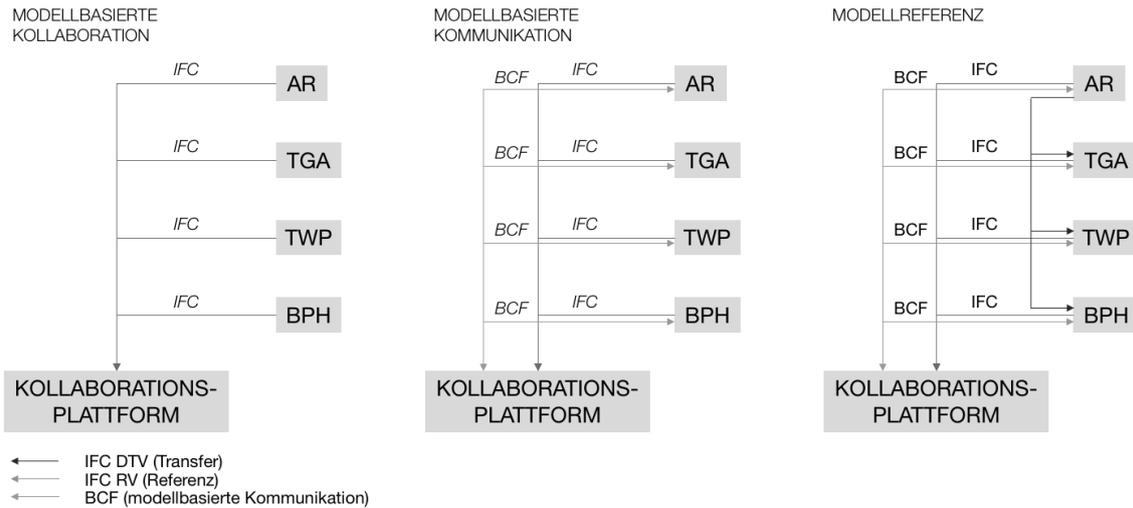


Abbildung 4: Zusammenspiel zwischen Fachmodellen und Kollaborationsplattform

Der Aufbau einer Kollaborationsstruktur obliegt der BIM-Projektsteuerung (BPS). Während der Phase der Projektinitiierung werden die zur Entscheidung nötigen Informationen zusammengetragen und eine Produktempfehlung ausgesprochen.

Für die Zusammenarbeit des Planerteams empfiehlt sich der Einsatz einer Kollaborationsplattform zum kombinierten Austausch von Fachmodellen (IFC-Dateien) sowie der modellbasierten Kommunikation (BCF-Kommentaren).

Eine entsprechende Produktempfehlung an den Auftraggeber erfolgt im zweiten Schritt der Projektinitiierung mit dem BIM Abwicklungsplan (BAP).

**Planung**

Die Durchführung des Projektes basiert auf Grundlage der ÖN A6241-2. Dies umfasst die Organisation des Projektmodells – also dem interdisziplinären Zusammenspiel der Planungsbeteiligten – auf openBIM.

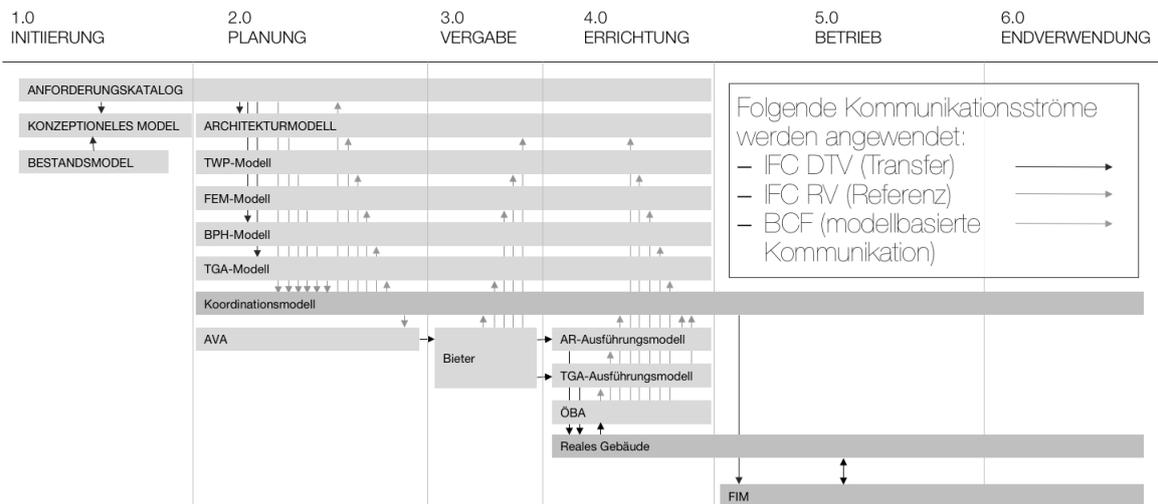


Abbildung 5: openBIM Projektmodell

Jede Disziplin arbeitet in ihrem eigenen Fachmodell. Alle Fachmodelle fließen zu festgelegten Zeitpunkten in ein Koordinationsmodell ein. Die Abstimmung zwischen den verschiedenen Disziplinen erfolgt:

- Auf Grundlage der herstellerunabhängigen IFC-Schnittstelle (Spezifikation IFC 2x3 bzw. IFC4)
- In verschiedenen im BIM-Abwicklungsplan (BAP) vordefinierten Übergabekonfigurationen (Vorgabe Zusammensetzung der jeweils übermittelten IFC-Dateien(Filtereinstellung) und IFC-Exportkonfiguration)
- Punktuell nach Vorgabe des, im BIM-Abwicklungsplan (BAP) vordefinierten, Datenlieferplans der Meilensteine (Große Abstimmung unter Einbeziehung der BIM-Gesamtkoordination (BGK))
- Punktuell nach Vorgabe des, im BIM-Abwicklungsplan (BAP) vordefinierten, Koordinierungszeitplans (Generelle Abstimmung unter Einbeziehung der BIM-Gesamtkoordination (BGK))
- Punktuell situativ zur Abstimmung einzelner hervorgehobener Arbeitsschritte (direkt zwischen den Beteiligten)

Alle Informationen werden immer über die im BIM-Abwicklungsplan (BAP) festgelegte Kollaborationsplattform ausgetauscht. Einen Sonderfall stellen BPH- und Brandschutzplanung dar, diese erstellen keine eigenen Fachmodelle, sondern werden üblicherweise über rein alphanumerische Modelle bidirektional an das Fachmodell der Architektur angebunden.

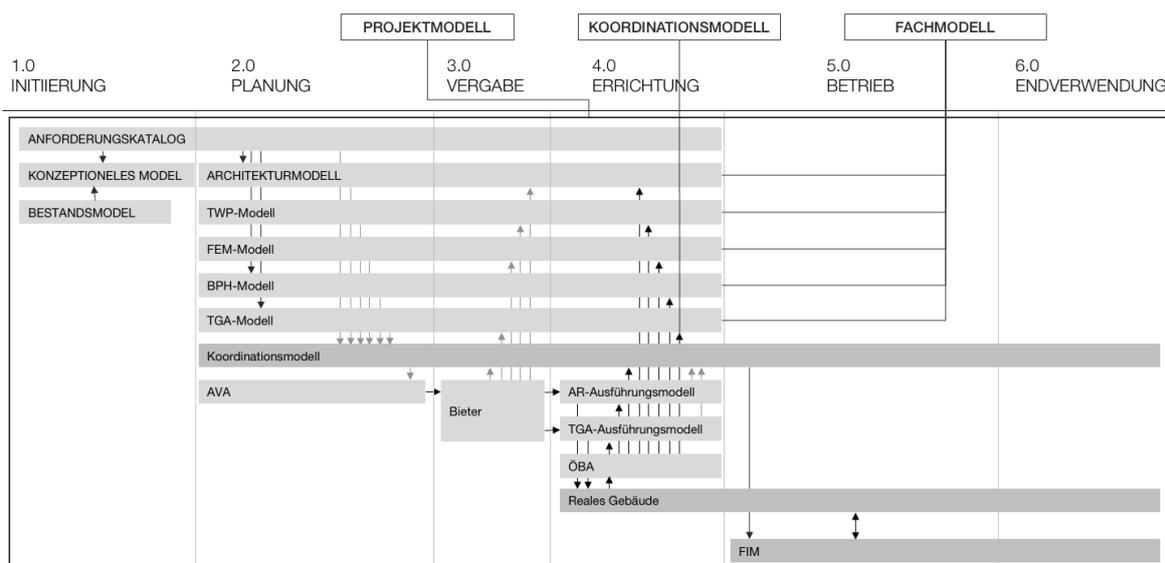


Abbildung 6: Darstellung der Modelltypen

Die Projektdurchführung auf Grundlage der ÖN A6241-2, bzw. auf Grundlage der Systematik von openBIM, definiert sich die Verantwortlichkeiten im Planerteam wie folgt:

- Jede Disziplin arbeitet in ihrem jeweiligen Fachmodell und ist für dessen Inhalt verantwortlich
- Änderungen an den Fachmodellen können nur durch die jeweils verantwortliche Disziplin durchgeführt werden.
- Änderungswünsche einer anderen Disziplin an einem Fachmodell müssen mittels BCF-Kommentaren über die Kommunikationsplattform gestellt werden.
- Jede Disziplin trägt die Verantwortung für die disziplinspezifische Fachkoordination/Qualitätssicherung.
- Jedes, an die Projektbeteiligten auf der Kollaborationsplattform publizierte, Fachmodell trägt ausschließlich die Informationen aus dem Verantwortungsbereich der jew. Disziplin.

Die modellbasierte Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen erfolgt auf Grundlage der, durch die Beteiligten über die Kollaborationsplattform bereitgestellten, Fachmodelle bzw. BCF-Kommentare.

Dabei gelten die im vorherigen Kapitel definierten Verantwortlichkeiten. Zur gegenseitigen Abstimmung/Führung werden dabei gegenseitig Fachmodelle in die nativen Arbeitsmodelle referenziert.

Hierzu werden im BIM-Abwicklungsplan (BAP) angepasste Übertragungskonfigurationen definiert, welche die Zusammensetzung der jeweils übermittelten IFC-Dateien (Filtereinstellung) und die IFC-Exportkonfiguration beinhalten.

Die übergeordnete Koordination sämtlicher Disziplinen erfolgt durch die BIM Gesamtkoordination (BGK) des Objektplaners und im Rahmen der ÖN A6241-2. Ihre Aufgabe besteht in der Überwachung der ordnungsgemäßen Durchführung der jeweiligen Fachkoordinationen und in der qualitativen Abstimmung sämtliche Disziplinen zueinander.

Die Abstimmung zwischen den verschiedenen Disziplinen erfolgt:

- Auf Grundlage der herstellerunabhängigen IFC-Schnittstelle (Spezifikation IFC 2x3 bzw. IFC4)
- Punktuell nach Vorgabe des Datenlieferplans der Meilensteine (Große Abstimmung unter Einbeziehung der BIM-Gesamtkoordination)
- Punktuell nach Vorgabe des Koordinierungszeitplans (Generelle Abstimmung unter Einbeziehung der BIM-Gesamtkoordination)

Sämtliche, durch die einzelnen Disziplinen bereitgestellten Modelldaten, müssen vor einer Bereitstellung an das Planerteam durch die Gesamtkoordination freigegeben werden. Dabei werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Änderungsverfolgung zu vorherigen bereitgestellten/freigegebenen Modelldaten
- Modellformalitäten (Einhaltung grundlegender Spezifikationen)
- Modellqualitäten (Kollisionsprüfung)
- Modellintegritäten (Einhaltung techn./projektspezifischer Richtlinien)

Die Prüfung erfolgt automatisiert auf Grundlage von Prüfregeln in einer Prüfsoftware und gewährleistet eine vollständige und objektive Beurteilung der Modelldaten. Ergebnisse werden in Berichten dokumentiert und publiziert. Deren Zusammensetzung wird im BIM-Abwicklungsplan (BAP) definiert.

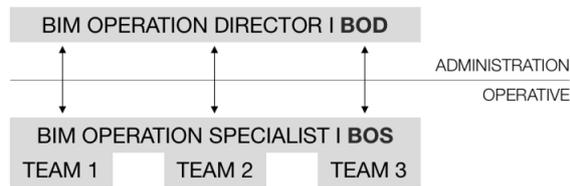
Eine entsprechende Spezifizierung für die zu verwendende Prüfsoftware erfolgt im zweiten Schritt der Projektinitiierung mit dem BIM-Abwicklungsplan (BAP).

Zur Herstellung der erforderlichen Modell- bzw. Planungsqualität wird langfristig, im Rahmen der im BIM-Abwicklungsplan (BAP) definierten Meilensteine bzw. Projektphasen, eine Qualitätssicherungsstrategie festgelegt. Die Intensität bzw. der Prüfumfang ist in Abhängigkeit zum Projektverlauf sowie dem ansteigenden Ausarbeitungsgrad (Level of Development) der Modelldaten festgelegt.

Digitale Modelle tragen hochkomplexe Informationen. Die Verlässlichkeit dieser Modelldaten ist wesentlich für die digitalisierte Bauplanung. Daher spielt die laufende Qualitätssicherung eine entscheidende Rolle. Diese wird projektbegleitend wie folgt organisiert.

## BIM IM UNTERNEHMEN

### UNTERNEHMENSSTRUKTUREN



## BIM IM PROJEKT

### PROJEKTSTRUKTUREN

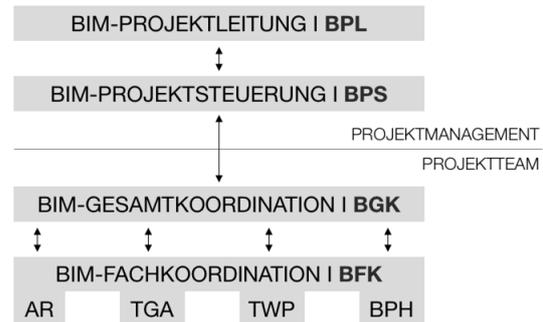


Abbildung 7: Rollenbilder der digitalisierten Bauplanung

Die Fachmodelle aller Planungsbeteiligten werden an die BIM-Gesamtkoordination (BFK) übersendet. Sie fließen in das sogenannte Koordinationsmodell. Auf dieser Grundlage wird zu abgestimmten und festgelegten Zeitpunkten von der BIM-Gesamtkoordination (BGK) in einer Prüfsoftware eine Prüfung auf folgende Aspekte durchgeführt:

- Änderungsverfolgung zur vorherigen Version/Revision
- Alphanumerischer Inhalt lt. Lebensphase ÖN A6241-2 bzw. projektspezifischer Vorgaben lt. BAP
- Modellformalitäten (Einhaltung grundlegender Spezifikationen)
- Modellqualitäten (Kollisionsprüfung)
- Modellintegritäten (Einhaltung techn./projektspezifischer Richtlinien).

Die Prüfung der Fachmodelle obliegt der BIM-Fachkoordination (BFK) der jeweiligen Fachdisziplin.

Die Prüfung des Koordinationsmodells obliegt der BIM-Gesamtkoordination (BGK). Grundlage und Zeitpunkte sind folgend definiert:

- Bereitstellung auf Grundlage der herstellerunabhängigen IFC-Schnittstelle (Spezifikation IFC 2x3 bzw. IFC4)
- Zeitpunkte, Lieferumfang, Zusammensetzung punktuell nach Vorgabe des Koordinierungszeitplans
- Zeitpunkte, Lieferumfang, Zusammensetzung punktuell nach Vorgabe des Datenlieferplans

Die Prüfung erfolgt durch die, vorab durch die BIM-Projektsteuerung (BPS) spezifizierten und durch die BIM-Gesamtkoordination (BFK) konzipierten, Prüfregeln. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden vollständig dokumentiert. Dies stellt eine vollständige und objektive Bewertung der vorliegenden Modelldaten dar. Die Übergabe der Prüfergebnisse erfolgt unmittelbar im BCF-Format über die Kollaborationsplattform. Damit ist der aktuelle Qualitäts-Status des Projektes für alle Projektbeteiligten ersichtlich und etwaige Abstimmungspunkte sind im Modell schnell und vollständig lokalisier- und nachvollziehbar.

### Vergabe

Die AVVA ist an das Koordinationsmodell gebunden. So wird gewährleistet, dass keine Differenzen zwischen Status Koordinationsmodell und für die Kostenberechnung verwendeter Modelldaten aufkommen und nur verifizierte Stände verwendet werden. Die Übergabe der Modelldaten zur Erstellung der Kostenberechnung erfolgt durch das Koordinationsmodell, zu abgestimmten und festgelegten Zeitpunkten – gemäß Datenlieferungsplan im BIM-Abwicklungsplan (BAP).

Die Datengrundlage bilden die aus der Geometrie der Fachmodelle analysierten Massen und Mengen sowie Klassifikationskennungen und Attribuierungen. Diese werden den konsistenten sowie verifizierten Fachmodellen aus dem Koordinationsmodell entnommen.

Der Mechanismus zur Zuordnung identifizierbarer Massen und Mengen aus dem jeweiligen Fachmodell an eine Leistungsposition eines Leistungsverzeichnisses wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- Aufnahme des verifizierten Fachmodells in der AVVA-Software
- Identifikation der Modellinhalte mittels Klassifikationskennungen und Attribuierungen
- Zuordnung der identifizierten Modellinhalte in Gruppen mittels dynamischer Filter
- Analyse entsprechender Massen und Mengen einer Gruppe
- Zuweisung der Analyseergebnisse der Gruppe an eine Leistungsposition

### **Ausführung**

Die im Zuge der Werk- und Montageplanung von den Ausführenden bereitgestellten Details (Umsetzungsvorschläge) werden zur Plausibilitätskontrolle vom Planerteam in die jeweiligen Fachmodelle eingearbeitet, hinsichtlich Machbarkeit, Sinnhaftigkeit und Auswirkung auf die Kosten geprüft und in Abstimmung mit dem AG freigegeben.

Die geometrische Anpassung der Fachmodelle durch das Planerteam ist nur bei Überschreiten vordefinierter Schwellenwerte (Position/Dimension) erforderlich. Diese werden im BIM Abwicklungsplan (BAP) definiert.

Die Übermittlung der Produktinformationen muss durch die Ausführenden mittels einer, durch die BIM-Projektsteuerung (BPS) bereitgestellten, Schnittstelle in die Fachmodelle der Architektur und Gebäudetechnik erfolgen.

Bei Vorhandensein mehrerer ausführenden Firmen ist eine zentrale koordinative Zuständigkeit seitens der Ausführenden zu bestimmen, die als eindeutiger Koordinator zu den Planenden dient.

Das Resultat ein produktspezifisches Modell zu Beginn der Errichtungsphase und damit eine ideale Grundlage für die Anbindung von AKS-Strukturen des FM.

Die damit verbundenen Mehraufwände für das Planerteam sind durch die Übergabe des AsBuilt-Modellstandes zu entlohnen.

Der Rückfluss von Informationen von der Baustelle in die Planung erfolgt über die ÖBA zu, im Vorhinein festgelegten, sinnvollen Zeitpunkten in Abstimmung mit der Bauzeitplanung. Ziel sind konsistente, dem gebauten Zustand entsprechende Modelldaten (asBuilt Modell) als qualifizierte Grundlage für den Gebäudebetrieb. Zu diesem Zweck werden mögliche aufkommende Abweichungen des gebauten Zustandes zum Planungsstand per Laser-Scan aufgenommen, und an die Planenden zur Implementierung in die Fachmodelle übermittelt. Die Aufnahme des gebauten Standes erfolgt in mehreren Phasen in Abstimmung zum Baufortschritt. Dadurch wird zum einen die Aufnahme aller wesentlichen, im späteren Verlauf eventuell verbauten oder verdeckten, Elemente ermöglicht.

Das resultierende Koordinationsmodell entspricht somit dem gebauten Ist-Zustand, und bildet die Grundlage des Facility Managements im Betrieb. Die dabei verwendeten Detaillierungsgrade bzw. Modellkomplexitäten werden frühzeitig im BAP definiert.

Die damit verbundenen Mehraufwände für das Planerteam sind durch die Übergabe des AsBuilt-Modellstandes zu entlohnen.

### **Inbetriebnahme**

Der Gebäudebetrieb ist, insbesondere bei komplexen Gebäuden, mit einem hohen Anteil an gebäudetechnischer Ausstattung, die kostenintensivste Phase. Der strukturierte Zugriff auf alle Detailinformationen sämtlicher verbauten Anlagen, Geräte und Einzelteile ermöglicht den Gesamtüberblick über zu erwartende Kosten und nötige Aktionen. Dies ist die Grundlage eines effizienten und nachhaltigen Gebäudebetriebs.

Aus diesem Grund setzt sich die BIM- Projektsteuerung (BPS) aus BIM- und FIM-Experten zusammen. Diese arbeiten gemeinsam von Beginn am Projekt um frühzeitig die Anforderungen aus dem Gebäudebetrieb zu berücksichtigen.

Die Grundlagen für ein erfolgreiches FIM (Facility Information Management) werden schon zur Projektinitiierung hergestellt. Dazu sind in dieser frühen Phase neben BIM-Experten auch FIM-Experten Bestandteil der BIM- Projektsteuerung. Sie sind in der Lage die Anforderungen des Auftraggebers für den späteren Gebäudebetrieb genau zu analysieren und Lösungen zu entwickeln.

Diese Lösungen fließen über die Vorgaben der BIM-Regelwerke (AIA, BAP) in die konkreten Projektstrukturen der Planungsmodelle ein und werden dort sukzessive mit zunehmendem Projektverlauf verdichtet. Die begleitende Kontrolle der BIM- Projektsteuerung (BPS) sorgt dabei regelmäßig für eine Verifizierung der Angaben bzw. prüft die korrekte Durchführung der damit im Zusammenhang stehenden Abläufe zur Zusammenstellung der benötigten Informationen (Prüfung auf Einhaltung Eingabe FM-spezifischen Angaben wie Produktinformationen, Prüfcertifikate, Wartungshinweise, Protokolle zu Einbau/Wartung/Inbetriebnahme).

Dies ermöglicht frühzeitig die Simulation des Gebäudebetriebs auf Grundlage der eingebrachten Daten und den Aufbau von FM-Strukturen. Damit kann die Phase der Inbetriebnahme sorgfältig vorbereitet werden.

Ein weiterer wesentlicher Fokus liegt auf der Kontrolle der Rückkopplung vom gebauten Stand zurück zur Planung. Dies wird ebenfalls über die begleitende Kontrolle gewährleistet und ermöglicht nach der Fertigstellung zur Inbetriebnahme die Verwendung einer absolut exakten FIM-Grundlage, welche 1:1 dem gebauten Stand entspricht und welche sämtliche Angaben aller verbauten Produkte enthält. Diese Struktur kann größtenteils automatisiert an normnahe FM-Strukturen<sup>30</sup> geknüpft werden und steht damit für alle gängigen FM-Softwarelösungen bereit.

## 2.4. digitale Werkzeuge

Wir unterscheiden in verschiedene Kategorien von digitalen Werkzeugen, in die sich die unterschiedlichen BIM-Applikationen gliedern. Die Kategorie beschreibt deren Einsatzbereich und Wirkungsweise. Diese sind in nachfolgender Abbildung dargestellt.

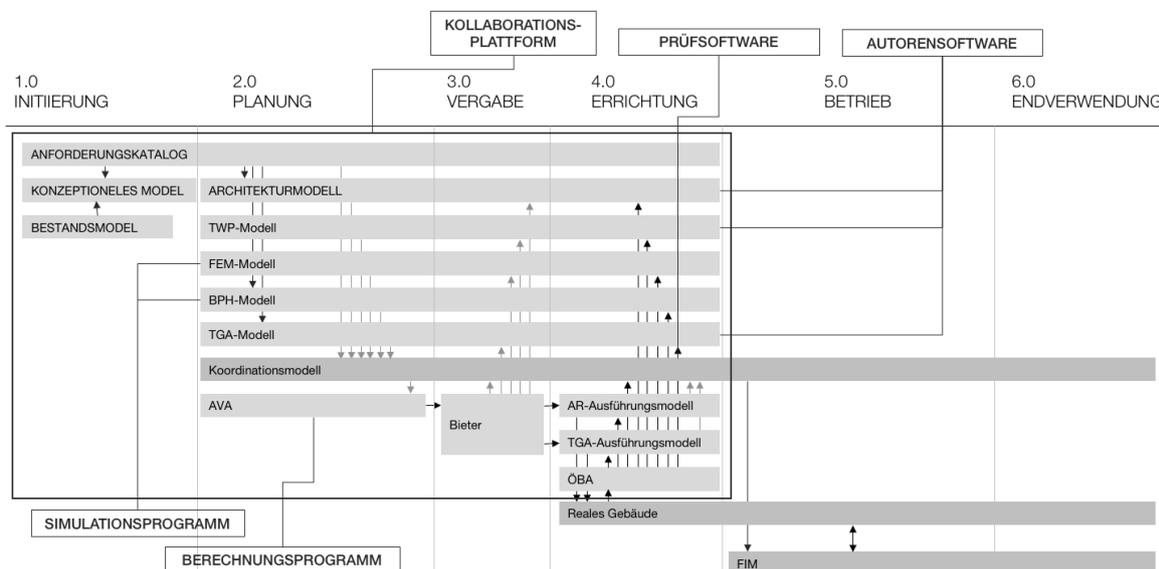


Abbildung 8: Kategorisierung und Einsatzbereich Digitale Werkzeuge

Alle Produkte verfügen über eine IFC-Schnittstellenimplementierung zu Aufnahme von digitalen Modellen bzw. zum Export von Digitalen Modellen (trifft jedenfalls auf Auto- rensoftware zu).

<sup>30</sup> bspw. nach DIN/VDMA

Die Qualität der Schnittstellenimplementierung von digitalen Werkzeugen wird durch die hinter IFC stehende weltweite Organisation buildingSMART überwacht. Die entsprechenden Ergebnisse sind auf deren Website<sup>31</sup> abrufbar.

Zum Zeitpunkt 03/2018 sind digitale Werkzeuge nur für die IFC 2x3-Schnittstelle zertifiziert. Der Zertifizierungsprozess für die IFC4-Spezifikation ist Mitte 2017 angelaufen, allerdings sind derzeit dazu noch keine Ergebnisse veröffentlicht.

Für produktive Projektumgebungen empfiehlt sich die Vorgabe bzw. der Einsatz von bereits zertifizierten Schnittstellen, da nur so reproduzierbare und qualitative Austauschergebnisse gewährleistet werden können.

Der technische Funktionsumfang der IFC-Schnittstellenimplementierung muss folgende Kriterien erfüllen:

- Unterstützung sämtlicher offizieller IFC MultiViewDefinitions inklusive der dahinterliegenden technischen Funktionalitäten (bspw. Splittung komplexer Elemente in Einzelelemente, BREP-Übertragung, Extruded-Übertragung)
- Kontrolliertes und variabel steuerbares Mapping der Funktionalen Struktur, im Detail: Mapping der internen Datenstruktur auf die funktionale IFC-Datenstruktur mit Zuordnung von internen Inhalten zu IfcEntities, IfcTypes, PSets, Attributierungen
- Kontrollierte Zuordnung der internen zur IFC-Verortungsstruktur bzw. Referenzierung der IFC-Verortungsstruktur als Grundlage in die BIM-Applikation, im Detail: Zuordnung der Projektkoordinaten/-ausrichtung, der Bauplatz-, Gebäude- und Raumstruktur bzw. Zuordnung der Trassenführung und Geländeneiveaus.
- Kontrollierte Zuordnung der internen Materialstruktur zur IFC-Materialstrukturen bzw. Referenzierung der IFC- Materialstrukturen als Grundlage in die BIM-Applikation.

Neben dem Austausch von Modelldaten zählt der Austausch von modellbasierten Kommentaren (BCF) auch zu einer wichtigen Funktionalität. Dieser sollten von den vorhandenen Kommunikationswerkzeugen eines digitalen Werkzeugs unterstützt werden, da er in der Abwicklung von openBIM-Projekten ein Schlüsselfunktion darstellt.

### 3. Anforderungen

Es folgt eine Beschreibung der Anforderungen an die Weiterentwicklung der IFC-Datenstruktur im Hinblick auf die Übertragung von Materialinformationen. Wie bereits unter Punkt 2.2 Eingangs beschrieben ist der derzeitige Entwicklungsstand der Materialdefinition in der IFC-Datenstruktur noch rudimentär, daher ist es sinnvoll die Kriterien einer Weiterentwicklung zu identifizieren, dies erfolgt in nachfolgenden Punkten.

#### 3.1. Strukturell

Mit den harmonisierten EN-Produktnormen steht eine umfassende, normativ abgestimmte und bewährte **Materialgliederung** und Zusammenstellung **relevanter Materialkennwerte** zur Verfügung. Eine Konformität der IFC-Materialdatenstruktur zu diesen Vorgaben ist erforderlich um eine Anwendung unter den Anforderungen der Praxis, insbesondere bei der Nutzung von digitalen Modellen als Bestandteil einer Bestellung oder von Vergabeverfahren.

#### 3.2. Normativ

Auf Seiten der nationalen Standardisierung werden klare Regelungen zu Übertragung von **produktneutralen sowie produktspezifischen** Modellinformationen benötigt. Dies ist im Kontext von vergaberechtlichen Aspekten ein wesentliches Thema. Es werden Vorgaben zum Informationsgehalt der Modelldaten zum Zeitpunkt der Übergabe zwischen Planer, Bieter, Ausführenden usw. benötigt.

---

<sup>31</sup> <https://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>

## 4. Umsetzung

Aufgrund der unter Punkt 3 definierten Anforderungen wurden mehrere Entwicklungsschwerpunkte für die Umsetzung identifiziert für welche nachfolgend Umsetzungsvorschläge erläutert werden.

### Materialgliederung

Benötigt wird ein generischer applikationsübergreifend-einheitlicher Materialkatalog mit Konformität zu geltenden EN-Produktnormen. Eine solche Funktionalität mit einheitlicher Implementierung auf Seiten der BIM-Applikationen kann nur gewährleistet werden, wenn ein generischer Materialkatalog als Bestandteil der IFC-Datenstruktur eingerichtet wird. Nur auf diesem Weg ist eine einheitliche Gliederung der Materialien möglich, welche die Grundlage für alle ausgetauschten Materialinformationen darstellt.

Dabei kann mittels der bestehenden Logik der Datenstrukturen analog zu vorhanden Strukturen vorgegangen werden.

- Materialdomäne auf IfcDomainebene – bspw. Holz
- Materialkategorie auf IfcKlassenebene – bspw. Vollholz
- Grundmaterialien auf IfcTypenebene – bspw. Rundholz, Kantholz

### Normenkonforme Materialkennwerte

Benötigt wird die Möglichkeit der Übertragung generischer spezifischer Materialkennwerte mittels der IFC-Schnittstelle. Diese Anforderung kann aufbauend auf dem generischen Materialkatalog aus dem vorherigen Punkt hergestellt werden. Dabei ist es notwendig entsprechende gemeinsam bzw. spezifisch genutzte Materialkennwerte zu identifizieren und den entsprechenden Gliederungsstufen auf der Ebene IfcDomain, IfcKlasse, IfcTyp zuzuordnen. Dies muss unter Berücksichtigung der erforderlichen Attributierung gemäß der harmonisierten EN-Produktnormen erfolgen.

Teilweise werden diesbezüglich Informationen mit alphanumerischen und geometrischen Bezug benötigt, bspw. Informationen zur Faserrichtung. Derartige Fälle benötigen zum einen eine wesentlich intensivere Implementierung in vorhandene Vorgaben der Funktionalen Struktur und sind zum anderen deutlich aufwändiger in BIM-Applikationen implementierbar. Daher ist es denkbar eine tatsächliche Interaktion/Ableitung derartiger Angaben zu funktionalen Modellinhalten in einen späteren Schritt durchzuführen und vorerst nur die Information als solches abzubilden.

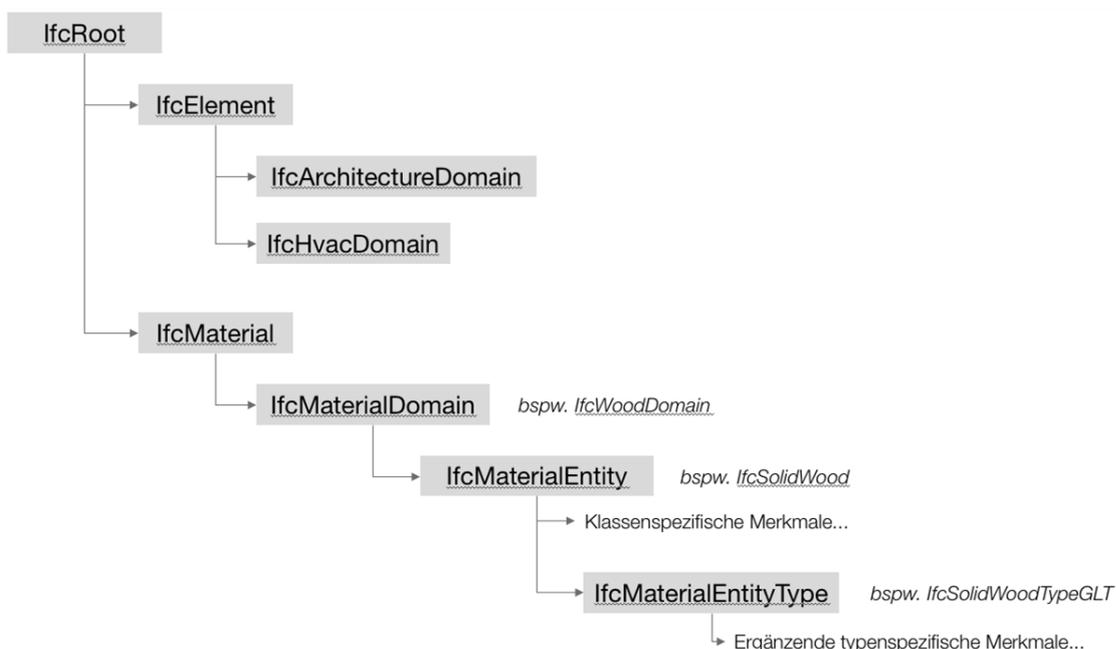


Abbildung 9: IFC-Materialdatenstruktur

**Produktneutral/Produktspezifisch**

Benötigt wird die Möglichkeit der kontrollierten Übergabe von Materialinformationen, insbesondere der bewussten Zurückhaltung von produktspezifischen Informationen. Zu diesem Zweck wird als Grundlage eine einheitliche, in den beiden vorherigen Punkten beschriebenen, Materialdatenstruktur als Bestandteil der IFC-Spezifikation benötigt.

Darüber hinaus wird in der Autorensoftware die Funktionalität eines sogenannten "Mappings" zwischen internen und externen Materialinformationen benötigt (siehe auch Punkt 2.4). Damit ist die Ausgabe produktneutraler Fachmodelle mittels IFC aus produktspezifischen nativen Modellen möglich. Die Vorgaben einer produktneutralen bzw. einer produktspezifischen Materialdatenstruktur sollten bestenfalls national normativ erfolgen.

**5. Erkenntnis**

Die IFC-Schnittstelle und damit verbundenen Abläufe sowie die notwendige Unterstützung durch digitale Werkzeuge findet in praktischen Projekten zunehmend Verbreitung. Die verlustfreie Übertragung von applikationsübergreifend-einheitlich interpretierten Materialinformationen ist über den dargestellten Umsetzungsvorschlag technisch realisierbar und am Markt über die vorgestellte Distribution der IFC-Spezifikation an BIM-Applikationen am Markt etablierbar. Über die Mapping-Funktionalität bei der Erzeugung von IFC-Daten kann die produktneutrale/produktspezifische Ausgabe exakt gesteuert werden.

**6. Quellen-/Bildverzeichnis**

- ÖNorm A 6241-2:2015
- Plattform Planen.bauen.Betreiben 4.0, PF 4.0 Schrift 8
- Abbildung 1,2,3 aus «Industry Foundation Classes – Ein herstellerunabhängiges Datenmodell für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks» André Borrmann, Jakob Beetz, Christian Koch und Thomas Liebich
- Abbildungen 4,5,6,7,8,9 aus: «Ablaufbeschreibung der digitalisierten Bauplanung» Christoph Carl Eichler

# BIM; Rechtliche Möglichkeiten und Grenzen

Prof. Peter Matthias Astner, LL.M.  
Hochschule Rosenheim/MÖLLER Rechtsanwälte PartGmbH  
Rosenheim, Deutschland





# BIM: Rechtliche Möglichkeiten und Grenzen

## 1. Einleitung

Die Digitalisierung macht auch vor dem Planen, Bauen und Betreiben eines (Holz-) Bauvorhabens nicht halt. Deutschland hinkt beim Einsatz von BIM-Planungstechniken im Vergleich zu seinen Nachbarländern hinterher. In anderen Ländern, vor allem in Großbritannien, ist BIM schon weit verbreitet. Dementsprechend sind in Deutschland die rechtlichen Rahmenbedingungen dieser neuen Methode noch nicht in den Fokus der rechtswissenschaftlichen Literatur gerückt, Rechtsprechung zum Thema BIM gibt es praktisch nicht. Es darf allerdings davon ausgegangen werden, dass sich dies bei einer Verbreitung entsprechender Planungstechniken schnell ändern wird. Der vorliegende Beitrag beschreibt die geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen und zeigt erforderliche Anpassungen sowie Lösungsansätze auf.

## 2. BIM – die technische, organisatorische und rechtliche Bedeutung

Im Baubereich führt die sich rasant entwickelnde Spezialisierung im Zusammenwirken mit einer zunehmenden Aufgliederung von Verantwortlichkeiten im Planungs- und Errichtungsprozess häufig zu gravierenden Fehlsteuerungen, wie sich gerade bei der Abwicklung von Großprojekten in Deutschland gezeigt hat. Planungsmängel und Verzögerungen, aber auch gestörte Bauabläufe sind vielfach die Konsequenz einer unzureichenden Informationsbearbeitung und nicht standardisierter Planungsbauprozesse. Die digitale Informationsverarbeitung im Bauwesen soll die direkte Weiterbearbeitung von Planungsinformationen über alle Planungsphasen bis hin zu Produktions- und Betreiberprozessen ermöglichen<sup>1</sup>. Mit ihrer Hilfe sollen Schnittstellenprobleme vermieden und Bauabläufe ökonomisiert werden. Planerische Fehlleistungen sollen bei einer digital organisierten Bauplanung frühzeitig sichtbar werden, wodurch sich die Gefahr verringern soll, dass derartige Planungsfehler erst während der Bauausführung mit oft desaströsen Folgen für den Bauablauf und die dahinter stehenden ökonomischen Erwartungen der Baubeteiligten erkannt und behoben werden können<sup>2</sup>.

Die Reformkommission Bau von Großprojekten hat deshalb in ihrem Endbericht Methoden zur Digitalisierung aufgegriffen, Verbesserungsprozesse bei der Projektabwicklung anzustoßen. Dort heißt es im Hinblick auf die Digitalisierung und insbesondere die Planungsmethode BIM:

*„Die Digitalisierung verändert unsere Welt. Internet und moderne Technologien prägen zunehmend die produzierende Industrie. In der Baubranche hat sich die Digitalisierung jedoch noch nicht flächendeckend durchgesetzt. Digitale Technologien können aber zu den von der Reformkommission identifizierten Lösungsansätzen für die Planung, Realisierung und dem Betrieb von Bauwerken entscheidend beitragen. International hat sich die Abkürzung BIM für Building Information Modeling als Oberbegriff für eine neue Arbeitsweise auf der Grundlage digitaler Technologie durchgesetzt. BIM wird in Zukunft wesentlich dazu beitragen, auch in Deutschland Bauprojekte mit geringeren Risiken und mit einer höheren Kosten- und Terminalsicherheit durchzuführen. BIM beschreibt die Entwicklung von dreidimensionalen Bauwerksmodellen mithilfe der gemeinsamen Erstellung und Verwaltung von digitalen Informationen in Bauprojekten. Die Modelle werden sukzessive mit geometrischen und anderen relevanten Informationen, wie zum Beispiel Kosten, angereichert und dienen als Datengrundlage während der Planung, Realisierung, des Betriebs und der Erhaltung der Bauwerke. Mit BIM wird zuerst virtuell und erst dann real gebaut. Im Rahmen der Modelle können auch die Bauprozesse abgebildet werden. Die Informationstechnologie ermöglicht dabei die Nutzung große Informationsmengen, die es erlauben, Bauteile bis ins*

<sup>1</sup> Die Welt kompakt, 25.09.2015

<sup>2</sup> Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 1 Rn.2

*kleinste Detail zu beschreiben und dabei auch die Kosten sehr genau wiederzugeben. Die iterative und koordinierte Planung wird durch klar geregelte Prozesse als Projekt- und Informationsmanagement unterstützt. BIM ist stark auf eine partnerschaftliche Zusammenarbeit und gemeinsames Arbeiten ausgerichtet<sup>3</sup>.*

Auf dieser Grundlage hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur in Zusammenarbeit mit planen-bauen 4.0 – Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens mbH – den Stufenplan digitales Planen und Bauen, Einführung moderner, IT gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken herausgegeben<sup>4</sup>.

In diesem Stufenplan wird ein Modell vorgestellt, das die Anwendung von BIM in der Praxis beschreiben soll. Ziel des Stufenplans soll die schrittweise Einführung von BIM im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, das in der Bundesregierung für die Digitalisierung zuständig ist und das als größter Bauinvestor des Bundes durch die Umsetzung des Stufenplans mit gutem Beispiel vorangehen will<sup>5</sup>.

Im Stufenplan ist vorgegeben:

- Ab Mitte 2017 wird im Rahmen einer erweiterten Pilotphase eine systematisch ansteigende Zahl von Verkehrsinfrastrukturprojekten mit den BIM-Anforderungen des Leistungsniveaus 1 durchgeführt.
- Nachdem die grundlegenden Voraussetzungen vorliegen, soll ab Ende 2020 das Leistungsniveau 1 regelmäßig im gesamten Verkehrsinfrastrukturbau bei neu zu planenden Projekten Anwendung finden.

Die bisherigen Bemühungen um die Implementierung von BIM in die Vorbereitung und Abwicklung von Bauvorhaben beschäftigen sich im Wesentlichen mit der technischen und organisatorischen Umsetzung digitaler Planungsprozesse. Funktionieren wird BIM allerdings nur, wenn auch die rechtlichen Rahmenbedingungen stimmen. Solche rechtlichen, insbesondere vertragsrechtlichen Anforderungen an die Umsetzung des digitalen Planens und Bauens in Deutschland sind bislang nur in einzelnen Aufsätzen durchleuchtet und analysiert worden<sup>6</sup>.

Im Folgenden sollen die wesentlichen rechtlichen Kernthemen dargestellt werden.

### **3. Was ist BIM?**

#### **3.1. Definition Building Information Modeling (BIM)**

Building Information Modeling (BIM) kann zu Deutsch mit Bauwerks-Informationen-Modell übersetzt werden. Der Begriff bezeichnet eine kooperative Planungsmethode, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden<sup>7</sup>. BIM ist also kein bloßes Softwareprodukt, sondern eine Methode zur Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauvorhaben auf der Basis einer Datenbank, aus der ein virtuelles Gebäude-Modell abgeleitet werden kann.

Technische Grundlage ist eine Datenplattform und unterschiedlichste (CAD-) Softwaretools für das Planen mit digitalen Gebäudeinformationen. BIM unterscheidet sich von der herkömmlichen 3-D Planungstechnik durch ein ausführungsorientiertes Planen mit digitalisierten (virtuellen) Bauteilen.

<sup>3</sup> Reformkommission Bau von Großprojekten, Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin 2015, S. 87.

<sup>4</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Stufenplan digitales Planen und Bauen, Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken, Berlin 2015.

<sup>5</sup> Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 1 Rn.5

<sup>6</sup> Eschenbruch/Malkwitz/Grüner/Poloczek/Karl, Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen, 2013.

<sup>7</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Stufenplan für die Einführung von BIM in Deutschland.

Im Ausgangspunkt beruht BIM, wie schon einige gebräuchliche CAD-Systeme, auf der Verwendung eines dreidimensionalen Gebäudemodells. Zielstellung von BIM ist es, dass alle Planungsbeteiligten an einem solchen dreidimensionalen, planerischen Abbild des späteren Projektes (an einem virtuellen 3D-Modell) arbeiten. Dieses dreidimensionale Gebäudemodell wird darüber hinaus mit weiteren Gebäudeinformationen, etwa zu Terminen, Kosten oder Qualitäten, verknüpft. In der Praxis wird daher von n-D-Modellen gesprochen. Diese datenbankgestützte Verknüpfung des Gebäudemodells mit Terminen, Kosten und Qualitäten soll diverse Planungs- und Ermittlungsschritte automatisieren. Gebäudeplanungen können nicht nur in einer Frühphase der Planung eindrucksvoll visualisiert werden, sondern Änderungen am Gebäudemodell sollen auch sogleich in automatisierter Form mit ihren Kosten- oder Terminfolgen ausgewertet werden können. Je nach Standardisierungsgrad der einzelnen Planungsaufgaben können Leistungsverzeichnisse automatisch erzeugt werden. Schließlich ermöglicht BIM auch – je nach den eingesetzten Software-Tools – die Simulation der Baustelleneinrichtung und Baustellenabläufe<sup>8</sup>.

### 3.2. BIM ≠ BIM

Die Arbeitsmethodik BIM ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsformen des digitalen Planens mit parametrischen 3-D Bauteilen und Attributen mit semantischen Informationen.

Die im Einzelfall definierten Ziele, BIM-Ziele und BIM-Anwendungsfälle bestimmen die jeweilige Ausprägung des PIM-Methodeneinsatzes.

In seiner idealtypischen Ausgestaltung sieht BIM die gemeinsame Arbeit aller Planungsbeteiligten an einem virtuellen Gebäudedatenmodell vor (sog. open BIM). Dies soll es ermöglichen, dass etwa Fachplaner, wie der Tragwerksplaner, direkt die Auswirkungen von Änderungen der Beiträge anderer Planungsbeteiligter auf ihr Gewerk erkennen können, ohne hier noch einen händischen Abgleich vornehmen zu müssen.

Zum momentanen Zeitpunkt arbeiten die einzelnen Objekt- und Fachplaner noch an separaten, vornehmlich dreidimensionalen Fachmodellen, welche im Wege des Datenaustauschs bei Erreichen bestimmter Meilensteine zu einem gesamthaften dreidimensionalen Gebäudedatenmodell (sog. Metamodell) zusammengeführt werden (sog. closed BIM)<sup>9</sup>.

Die am Markt etablierten Software-Hersteller bieten hierfür mittlerweile spezielle IT-Lösungen an, mit denen sich dieser Datenaustausch bzw. die Zusammenarbeit der Beteiligten organisieren lässt. Teilweise handelt es sich hierbei um eigenständige Programme, teilweise wird die entsprechende Funktionalität auch über Erweiterungen der bestehenden CAD-Software bereitgestellt. Regelmäßig kommt hierbei das universelle Datenaustauschformat IFC zum Einsatz<sup>10</sup>. Die Verknüpfung des auf diese Weise erstellten Gebäudemodells mit weiteren Informationen soll später bei einer idealtypischen Anwendung von BIM über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie hinweg erfolgen. Alle Projektbeteiligten sollen auf diese Weise Zugriff auf Informationen zu Qualitäten, Kosten und Terminen erhalten. Diese Erkenntnisse können nicht nur zur Planung und Ausführung des Bauvorhabens, sondern auch später in der Inbetriebnahmephase bzw. auch für das Facility Management genutzt werden<sup>11</sup>.

## 4. BIM und die Abwicklung der Planungs- und Bauverträge

### 4.1. BIM Anwendungsfälle

Zunächst ist der Umfang der realisierten BIM-Prozesse (BIM-Anwendungsfälle) für jedes Projekt konkret abzustimmen da dieser Auswirkungen auf die Zusammenarbeit der Beteiligten wie auch die Vertragsgestaltung hat. Im Stufenplan digitales Planen und Bauen heißt es dementsprechend:

<sup>8</sup> Naumann in Schach, Zukunftspotenzial Bauwirtschaft, 2011, BW 2011, 173 f.

<sup>9</sup> Naumann in Schach, Zukunftspotenzial Bauwirtschaft, 2011, BW 2011, 173 f.

<sup>10</sup> Tautschnigg/Hogge/Gasteiger, bau aktuell 2013, 42.

<sup>11</sup> Eschenbruch/Grüner, BIM – Building Information Modeling, NZBau 2014, 402.

„Um die Methode BIM wertschöpfend anwenden zu können, sind mehrere Grundvoraussetzungen zu erfüllen: die Arbeit mit BIM setzt klare vertragliche Regelungen, eine enge Zusammenarbeit und teamorientierte Planung voraus. Denn die aus dem Grundmodell abgeleiteten Teilmodelle aller Beteiligten – zum Beispiel der Fachplaner, Bausachverständigen, Tragwerksplaner oder technischen Gebäudeausrüster – müssen in enger Kooperation entwickelt und regelmäßig auf ihre Konsistenz hin überprüft werden. Der Schritt hin zur kooperativen, partnerschaftlichen Zusammenarbeit aller Planungs und Bauprozessbeteiligten kann als Kulturwandel verstanden werden und verlangt neue Rollen und Funktionen, um die reibungslose Kooperation zu organisieren. Die Rollen und Verantwortlichkeiten müssen definiert sein, bevor eine Planung mit BIM beginnt“<sup>12</sup>.

## 4.2. Erfordert BIM neue Vertragsarten oder braucht BIM den Gesetzgeber?

Die BIM-Methode ist gesetzlich nicht geregelt. Auch in den bisher nach deutschem Recht bekannten Vertragstypen wird BIM nicht berücksichtigt und ist noch nicht in der Praxis der deutschen Vertragsgestaltung angekommen<sup>13</sup>. Nach ständiger Rechtsprechung werden Architekten- und Ingenieurverträge, welche Grund- oder besondere Leistungen der Leistungsbilder der HOAI beinhalten, als Werkverträge angesehen. Die BIM-Planungsmethode weist allerdings insoweit Besonderheiten auf, als dass die an der Planung Beteiligten stärker prozesshaft nach genauen methodischen Leistungsschritten und Vorgaben planen müssen. Dadurch werden die Grenzen zwischen Dienst- und Werkvertragsmodell undeutlicher. Auf der anderen Seite zeigt aber gerade das Arbeiten am gemeinsamen Datenmodell, dass alle Beteiligten an einem gemeinsamen Werkerfolg arbeiten, nämlich an einem digitalen Datenmodell als 1:1-Abbild des späteren Bauwerks. Gleichzeitig wird deutlich, dass der Werkerfolg des Architekten und Ingenieurs nicht mit der Herstellung eines mangelfreien Bauwerks identisch ist, sondern das Datenmodell einen zusätzlichen selbständigen Werkerfolg darstellt. Im Ergebnis wird sich daher an der Einordnung auch der BIM-Planungstätigkeit als werkvertragliche Tätigkeit voraussichtlich nichts ändern<sup>14</sup>.

BIM-Kapazitäten gab es bisher nur bei planenden GU's. BIM war eher ein Werkzeug zur (GU-)internen Arbeitserleichterung. Im Mehrpersonenverhältnis spielte BIM kaum eine Rolle. Es gab vor allem kein Vorgehenskonzept für die Beteiligung von Unternehmern der Einzelgewerke im BIM-Prozess. Die Umsetzung von BIM-Anforderungen für Betriebe fand allenfalls im Industriebau und sehr vereinzelt bei institutionellen Bestandsimmobilienhaltern statt<sup>15</sup>. Infolgedessen werden neue Vertragsmodelle zur Umsetzung der engeren Kooperation der Projektbeteiligten im Rahmen der BIM-Prozesse erforderlich.

Im Bauwesen werden bisher die herkömmlichen Rechtsbeziehungen der am Bau beteiligten Planer und Unternehmer durch zweiseitige Austauschverträge geregelt. In der Literatur wird BIM als Grundlage gesehen, die bisherige Praxis zweiseitiger Austauschverträge abzulösen und dadurch zu einer mehr partnerschaftlichen Vertragsstruktur zu gelangen<sup>16</sup>.

### 4.2.1. Lösungsansatz Mehrparteienvertrag

Zum Teil wird eine Einheitsvertragslösung mit allen wesentlichen Vertragsparteien befürwortet, die sich zur Erstellung eines virtuellen Gebäudedatenmodells verpflichten, um dieses dann in die bauliche Ausführung umzusetzen (Mehrparteienvertrag).

Ein Mehrparteienvertrag ist dadurch gekennzeichnet, dass sich in der Frühphase eines Projekts die wesentlichen Vertragspartner auf einheitliche Regelungen für einen BIM-Prozess verständigen. Es wird in diesem Fall nur ein Vertrag für ein Projekt mit allen wesentlichen Projektbeteiligten abgeschlossen, von denen jeder diesen Vertrag auch unterzeichnen muss. Dabei wird vielfach ein den bekannten Allianz-Verträgen angenähertes

12 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Stufenplan digitales Planen und Bauen, 2015, S. 4.

13 Bartels, Schnittstellenoptimierung im Bauprozess durch Einsatz von Building Information Modeling, Masterarbeit der Bergischen Universität Wuppertal, 2015, S. 82.

14 Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 2 Rn. 35.

15 Rechtsanwalt Prof. Dr. Klaus Eschenbruch, Rechtsanwälte Kapellmann und Partner, Düsseldorf, Seminar Deutsche Anwaltsakademie, Baurechtsberatung 4.0.

16 Boldt, Editorial NZBau, 2015, 393.

Vertragskonstrukt gewählt, in der Form relationaler Verträge<sup>17</sup>, zum Beispiel des englischen Modells „Integrated Project Delivery“ (IPD)<sup>18</sup>, des amerikanischen Integrated Form of Agreement (IFOA)<sup>19</sup> oder aber der von einzelnen Autoren entwickelten „Collaborative Form of Contract“<sup>20</sup>. Diese Modelle sind zum Teil verbunden mit einer gemeinsamen Verantwortung und auch Haftungsverzichten der Beteiligten untereinander. Zum Teil finden sich Vertragsmodelle mit einer einheitlichen Versicherungslösung für alle Beteiligten versehen - etwa beim so genannten Early BIM Partnering (EBP). Das Vertragskonstrukt des EBP ist in England entwickelt worden. Bei diesem Modell bereitet der Auftraggeber mit seinem Berater ein „Schematic Design Model“ vor. Diese Planungsanforderungen werden von einem Planungsteam, bestehend aus einem Administrator und qualifizierten Planungsbeteiligten, zu einem Gebäudemodell fortentwickelt. Anschließend findet die Vergabe im Partnering-Verfahren statt. Im Early BIM Partnering überträgt der (öffentliche) Auftraggeber in der Phase 1 dem ausführenden Unternehmer die Fortentwicklung des Gebäudemodells bis zur Entwicklung eines vorabgestimmten garantierten Maximumpreises. In der Phase 2 erfolgt die Vollbeauftragung mit Bauleistungen<sup>21</sup>.

Mehrparteienverträge haben sich jedoch nicht für alle Einsatzformen als praxistauglich erwiesen. In Fällen, in denen nur wenige Vertragsparteien an einem Projekt beteiligt sind und sich die vertraglichen Vereinbarungen im Wesentlichen auf Rahmenregelungen beschränken, mag ein Mehrparteienvertrag der richtige Lösungsansatz sein. In den allermeisten Fällen aber, insbesondere auch bei der Realisierung eines Projekts mit Einzelplanern (Objekt- und Fachplaner) und auch Einzelunternehmern, kommen Mehrparteienverträge eigentlich nicht in Betracht. Das größte Hindernis für den Einsatz von Mehrparteienverträgen ist es nämlich, dass in frühen Projektphasen eine ausreichende Informationsbasis noch nicht zur Verfügung steht. Auch die Einzelheiten der Bauausführung werden noch gar nicht feststehen und es ist noch nicht abschließend entschieden, welche Unternehmen überhaupt als zukünftige Auftragnehmer in Betracht kommen.

#### 4.2.2. Lösungsansatz vernetzte Einzelverträge

Ganz überwiegend wird daher, auch in der internationalen Praxis, mit BIM-spezifischen Vertragsergänzungen für Standardverträge gearbeitet. Bekannt geworden sind etwa das so genannte Consensus DOCS 301 BIM Addendum<sup>22</sup>, das PPC 200 BIM Supplement, das AIA BIM Modeling and Digital Data Exhibit<sup>23</sup> oder das nec3-Use BIM with nec3 Contracts<sup>24</sup>. Die entsprechenden Vertragsergänzungen und die im internationalen Bereich gebräuchlichen Standardvertragsformulare haben eine unterschiedliche Regelungsdichte. Sie enthalten die wesentlichen vertragsrechtlichen Rahmenbedingungen für die Abwicklung eines Projektes in BIM, etwa zu Informationspflichten, zur Risikoallokation und Haftung sowie zu Urheberrechten. Wie schon der Einsatz von CAD-Techniken bei großen Projekten gezeigt hat und erst recht bei der Verwendung von Datenplattformen deutlich geworden ist, bedarf es Regeln für die BIM-gestützte Planungstätigkeit aller Projektbeteiligten, um einheitliche Planungsstandards durchzusetzen, Informationsverluste zu vermeiden und eine FM-gerechte Planungsablieferung zu sichern<sup>25</sup>. Die für alle Projektbeteiligten vorgegebenen Standards und Prozesse werden regelmäßig in einem einheitlichen Dokument verankert, welches allen Planungs- und Bauverträgen (einschließlich den Nachunternehmerverträgen) zu Grunde gelegt wird. Derartige zentrale Dokumente werden in der internationalen Vertragspraxis zum Teil als BIM-Execution-Plan oder zumeist als BIM-Protocol bezeichnet. Das jeweilige BIM-Addendum (also die jeweilige Vertragsergänzung) in den Standardverträgen schreibt dabei vor, dass ein BIM-Execution-Plan oder ein BIM-Protocol für alle Planungs- und Baubeteiligten zu Grunde zu legen sind. Die Auftragnehmer werden

17 Eschenbruch, BauR 2012, 1323.

18 Vgl. etwa Hinchey, Rethinking Conflict in Construction Project Delivery and Dispute Resolution, The International Construction Law Review 2012, 29 (35).

19 Heidemann, Project Management 2012, 37

20 Eschenbruch/Grüner: BIM – Building Information Modeling, NZBau 2014, 402 m.w.N..

21 Eschenbruch/Grüner: BIM – Building Information Modeling, a.a.O. m.w.N..

22 dazu Lowe/Muncey, Construction Lawyer Volume 2029, 2009, S. 1.

23 AIA Documents E 203TM - 2013.

24 ähnlich die JcT-Supplements, Fair Payment, Transparency and BIM.

25 Vgl. Eschenbruch, FS Kalusche (o. Fn. 1), S. 308 (310).

verpflichtet, die Einhaltung dieser zentralen Vertragsdokumente auch für ihre Nachunternehmer vorzuschreiben. Entsprechende zentrale Vertragsdokumente für alle Projektbeteiligten könnten im deutschen BIM-Kontext mit „BIM-Abwicklungsplan“ oder „BIM-Leitfaden“ bezeichnet werden<sup>26</sup>.

Die durch BIM erzwungene intensive Kooperation aller Projektbeteiligten führt zu einem System des Netzvertrags. Alle Projektbeteiligten werden über einen BIM-Execution-Plan oder ein BIM-Protocol miteinander verbunden. Die notwendige Kooperation hat deshalb Auswirkung auf die gesamte Vertragsstruktur zwischen den Beteiligten. Die ergänzenden Vertragsbestimmungen werden in zweckmäßiger Form auf Hauptverträge, Vertragsergänzungen und das BIM-Protocol verteilt. Am weitesten entwickelt ist die Protocol-Verwendung bei den Vertragsmustern des American Institute of Architects (AIA) oder des englischen Construction Industry Council (CIC). Die jüngsten Muster für den Einsatz von BIM-Protocols beinhalten eine beachtliche Regelungstiefe, aufgegliedert in mehreren Dokumenten. Während in den Anfängen die Protokolle mehr als Projektmanagement-Tool (ähnlich einem Bausprechungsprotokoll) verstanden wurden, haben sie inzwischen einen beachtlichen rechtlichen Regelungsgehalt. Insbesondere führt das Fortschreiben der Protocol-Dokumente gem. der Fortentwicklung des Modells auch zu einem Vertragsänderungsbedarf. Entsprechende Fortschreibungen können eine Anpassung aller Verträge, einschließlich der Subunternehmerverträge, mit sich bringen<sup>27</sup>.

#### 4.2.3. Notwendiger Vertragsinhalt vernetzter Einzelverträge

Nach den vorstehenden Ausführungen unter 4.2.1. und 4.2.2. dieses Beitrags bieten zweiseitige Austauschverträge zwischen dem jeweiligen Auftraggeber und den einzelnen Projektbeteiligten eine geeignete Grundlage für die Arbeit mit der BIM-Methode. Die notwendige engere und partnerschaftliche Zusammenarbeit erfordert jedoch eine stärkere Verzahnung der Projektbeteiligten. Eine feste vertragliche Vernetzung aller im Planungsprozess Beteiligten ist unumgänglich. Dies ist einerseits organisatorisch mit einer einheitlichen Datenplattform für alle Beteiligten sicherzustellen, andererseits vertragsrechtlich durch die verpflichtende Vorgabe eines einheitlichen Planungsprozesses (Planung-Workflows)<sup>28</sup>. Alle Projektbeteiligten müssen sich verpflichten, Informationen über eine zentrale Datenplattform auszutauschen, diese gegebenenfalls dort abzuholen und weiter zu bearbeiten. Sinnvoll ist die Aufstellung einheitlicher Richtlinien zur Informationsverarbeitung für alle Beteiligten.

Auch der Stufenplan digitales Planen und Bauen hält die Notwendigkeit einer entsprechenden zentralen Datenplattform fest:

*„Es ist eine gemeinsame Datenumgebung zur organisierten Aufbewahrung und zum verlustfreien Austausch der im Planungs- und Bauprozess erzeugten Daten zu schaffen, auf die alle Beteiligten zugreifen können. Sie ist Grundlage der im BAP aufgeführten Prozess“<sup>29</sup>.*

Dann erfordert die Planungsmethode BIM bei Einzelverträgen die bindende Verpflichtung aller Beteiligten auf einheitliche Planungsstandards. Erforderlich sind dabei sowohl technische wie auch rechtliche Vorgaben.

Zunächst hat der Auftraggeber in sog. Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (nach dem Stufenplan digitales Planen und Bauen „AIA“ genannt)<sup>30</sup> zu definieren, welche Informationen zu welchem Zeitpunkt zur Verfügung stehen sollen. Der Planungsprozess (mit Festlegung aller notwendigen Rollen, Funktionen, Abläufe, Schnittstellen, Interaktionen sowie der genutzten Technologien) wird im so genannten BIM-Abwicklungsplan („BAP“, zum Teil auch Projektabwicklungsplan, „PAP“ genannt) näher geregelt. Die im Stufenplan digitales Planen und Bauen vorgesehene Trennung der Dokumente für die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen und den BIM-Abwicklungsplan wird in der Praxis nicht immer vollzogen. Vielfach finden sich im BIM-Abwicklungsplan auch die notwendigen Detaillierungen zu den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen<sup>31</sup>.

26 Eschenbruch/Grüner: BIM – Building Information Modeling, NZBau 2014, 402 m.w.N..

27 Eschenbruch/Grüner: BIM – Building Information Modeling, a.a.O..

28 Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 2, Rn. 12.

29 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Stufenplan digitales Planen und Bauen, 2015 S. 10.

30 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Stufenplan digitales Planen und Bauen, 2015 S. 9.

31 Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 2 Rn. 17.

Der Stufenplan digitales Planen und Bauen fordert, dass zur Vermeidung von Marktbeeinflussungen keine bestimmten Softwareprodukte vorgegeben werden sollen, vielmehr lediglich die Eignung der beim Objekt- oder Fachplaner eingesetzten Software für die Nutzung des internationalen Austauschformats IFC gesichert sein muss.

Die so definierten technischen Anforderungen an die Informationsfülle und Verarbeitung sowie den PIM-Planungsprozess selbst können als einheitliche Vertragsanlage für alle Planungsprozess Beteiligten vorgegeben werden.

Auch die rechtlichen Anforderungen an den BIM-Planungsprozess können in einer einheitlichen Vertragsanlage zusammengefasst werden und damit gegenüber allen Vertragsbeteiligten mit Verweisung im jeweiligen Planungs- oder Bauvertrag zur (einheitlichen) Vertragsgrundlage gemacht werden. Bewährt hat sich dabei die Zusammenfassung der rechtlichen Regelungen in so genannten „BIM-BVBs“, welche die juristischen Anforderungen an die Abwicklung der Prozesse der neuen Planungsmethode an die Projektbeteiligten beinhalten.

Da die vorgenannten Anforderungen für alle Projektbeteiligten gleich sein müssen, entstehen auch bei dem Einsatz von Einzel- und Austauschverträgen einheitliche Vertragsdokumente für alle Vertragsparteien des BIM-Einsatzes die in gewisser Form ein Vertragsnetz begründen<sup>32</sup>.

### 4.3. Der Vertrag mit dem BIM-Manager

Die Anwendung der obigen Planungsmethode erfordert die Mitwirkung einer Reihe von Beteiligten für übergeordnete Management und operative Planungsaufgaben. Während den Objekt- und Fachplaner vornehmlich Aufgaben der BIM-Koordination zukommen, die nach deutschem Verständnis – international wird dies zum Teil anders gesehen – die praktische Umsetzung der BIM-Planungsmethode im Planungsprozess zugewiesen ist einschließlich der Durchführung von Kollisions- und Qualitätschecks, verbleibt eine zusätzliche Steuerungsaufgabe. Das ist die Aufgabe des so genannten BIM-Managers<sup>33</sup>.

Die Aufgabenstellung des BIM-Managers umfasst die strategische Beratung des Auftraggebers bei der Aufsetzung eines BIM-Planungsprozesses, Beratungsleistungen zu den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) sowie der Entwicklung des BIM-Abwicklungsplans einschließlich der Anwendungsfälle und der Level of Detail (LOD) und Vorgaben für die rechtliche Strukturierung des Planungsprozesses mit BIM. Der BIM-Manager überwacht den gesamten Prozess der Planung und teilautomatisierten Kollisions- und Qualitätskontrollen. Die Aufgaben eines BIM-Managers ähneln denjenigen eines Projektsteuerers. Es stellt sich also auch hier die Frage nach der dienst- oder werkvertraglichen Einordnung, wobei die Mitwirkung an der Erstellung eines einsatzfähigen Datenmodells für eine bauliche Umsetzung für die Annahme eines Werkvertrages spricht<sup>34</sup>.

## 5. BIM und die Honorarordnung der Architekten und Ingenieure (HOAI)

In Anlage 10.1 der HOAI 2013<sup>35</sup> wurde in der rechten Spalte die "3-D oder 4-D Gebäudemodellbearbeitung (Building Information Modelling, BIM)" als Besondere Leistung in die Leistungsphase 2 aufgenommen. BIM wird erstmals in der HOAI thematisiert. Die Eingliederung als Besondere Leistung nur in der LP 2 der Objektplanung - Gebäude greift deutlich zu kurz. Nach Sinn und Zweck der Regelung fällt hierunter auch die 5-D-Modellierung (3-D plus Zeit plus Kosten).

Geht man davon aus, dass die Anwendung der BIM-Methode den Planungsablauf nach den bisherigen Leistungsbildern komplett umstößt, ist die Anwendung von BIM als Besondere Leistung zu hinterfragen, denn Besondere Leistungen sind Leistungen, die über das im Allgemeinen zur Erfüllung des Architekten- oder Ingenieurvertrags Erforderliche (HOAI 2013 § 3 Abs. 2) hinausgehen, den normalen Planungsablauf gemäß Leistungsbild aber unangetastet lassen. Ansonsten müsste man erwägen, ob BIM eine ersetzende Besondere

32 Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 2 Rn. 21.

33 Eschenbruch/Elixmann, BauR 2015, 745; Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, Kapitel 2 Rn. 78 m.w.N..

34 Eschenbruch/Elixmann, BauR 2015, 745.

35 HOAI 2013 § 34, Anlage 10

Leistung ist, die das gesamte Leistungsbild ersetzt. Dies war vom Ordnungsgeber nicht gewollt. Bedenkenswert wäre statt dessen der vertragliche Ansatz, honorarseitig im Bereich der Grundleistungen konsequent abzubilden, wie sich bei prinzipiell unverändertem Planungsablauf (LP 1 Grundlagenermittlung, LP 2 Projekt- und Planungsvorbereitung, LP 3 System- und Integrationsplanung, LP 4 Genehmigungsplanung, LP 5 Ausführungsplanung usw.) die Gewichtung und Leistungszeiträume einzelner Grundleistungen (z. B. GL 2/e Erarbeiten der Vorplanung (...), Zeichnungen im Maßstab nach Art und Größe des Objekts; GL 2/e Bereitstellen der Arbeitsergebnisse etc.) verändern. Die früher oder umfangreicher zu erbringenden Leistungen können durch Erhöhung der HOAI-Honorare erfasst werden. Es wird erwogen, ob dies ein Anwendungsfall von § 7 Abs. 3 HOAI (Ausnahme) ist<sup>36</sup>. Ansonsten kann der Mehraufwand durch eine Honorierung als Besondere Leistung vergütet werden. Die später nicht mehr oder nur gekürzt zu erbringenden Leistungen können nach § 8 Abs. 2 HOAI geringer honoriert werden. Hierbei kann der Fall eintreten, dass das Planungshonorar insgesamt geringer wird, wenn Planungsteile an einen gesonderten BIM-Manager ausgelagert werden. Teilweise wird erwartet, dass die HOAI als zwingendes Preisrecht durch die BIM-Methode zusätzlich unter Druck gerät<sup>37</sup>. Es ist aber auch denkbar, dass die Effizienzsteigerungen und der mit der BIM-Methode erzielbare Mehrwert für den Auftraggeber zu einer Ausweitung des Gesamtbetrags der Honorare führen<sup>38</sup>. BIM ist jedenfalls nicht nur eine Besondere Leistung in LP 2 der Objektplanung – Gebäude, sondern eine Methode, die das gesamte Vorhaben, das heißt alle Leistungsphasen erfassen soll. Die Erstreckung auf alle Leistungsphasen ist von § 3 Abs. 3 Satz 2 HOAI gedeckt, denn Besondere Leistungen können auch für Leistungsphasen vereinbart werden, denen sie im Verordnungstext nicht zugeordnet sind. BIM ist zwar nur im Leistungsbild der Objektplanung – Gebäude (Anlage 10.1) ausdrücklich genannt. Dies ist allerdings auf alle anderen Leistungsbildern der HOAI übertragbar, denn die Aufzählung ist gemäß § 3 Abs. 3 Satz 1 HOAI nicht abschließend. Möglicherweise lag beim Ordnungsgeber die Annahme zugrunde, dass die umfassende Gebäudedatenmodellierung, wenn überhaupt in der HOAI zu verorten, jedenfalls eine Leistung des von seither mit Koordinierungs- und Querschnittsaufgaben betrauten Objektplaners ist. Dies gilt dann aber auch für die Objektplanung von Ingenieurbauwerken und Verkehrsanlagen. Im Übrigen ergibt die Anwendung eines stark integrierten BIM erst dann Sinn, wenn man die Fachplanung der Tragwerke und der Technischen Ausrüstung einbezieht. Jedenfalls ist die BIM-Methode an sich keine Grundleistung, da kein Bestandteil der linken Spalte des Leistungsbilds (Grundleistungskatalog), das heißt nicht gemäß § 3 Abs. 2 Satz 1 HOAI im Allgemeinen zur ordnungsgemäßen Auftragserfüllung erforderlich. BIM definiert ohne ausdrückliche Vereinbarung auch nicht die übliche Beschaffenheit des planerischen Werks im Sinne des § 633 Abs. 2 Nr. 2 BGB<sup>39</sup>.

## 6. Resümee

Mit Blick auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen, braucht die Einführung der BIM-Methode den Gesetzgeber nicht. Die Einführung der BIM-Methode stellt allerdings für Baujuristen eine Herausforderung dar, welche aber zu meistern ist. Um BIM erfolgreich umsetzen zu können, müssen Planer- und Bauverträge zukünftig miteinander vernetzt werden. In diesem Zusammenhang wird es aber – zumindest kurz- und mittelfristig – schwierig werden, "Mehrparteienverträge" in Reinform zu etablieren, die sich dadurch auszeichnen, dass es für ein Projekt nur einen einzigen Vertrag gibt, den alle Projektbeteiligten unterzeichnen. Vielmehr wird man mit BIM-spezifischen Vertragsergänzungen für Standardverträge mit Planern, Projektsteuerern, BIM-Managern und Ausführenden arbeiten und bei der Gestaltung dieser Verträge auf die in diesem Beitrag erwähnten Besonderheiten der neuen BIM-Methode abstellen müssen.

36 Eschenbruch/Malkwitz/Grüner/Poloczek, Maßnahmenkatalog vom 30.04.2014 zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung (...) - Gutachten zur BIM-Umsetzung - (im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung [BBSR] im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung [BBR]), S. 35.

37 Eschenbruch/Grüner: BIM – Building Information Modeling, a.a.O..

38 Liebich/Schweer/Wernik, Schlussbericht vom 03.05.2011 über die Auswirkungen von Building Information Modelling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie die Vertragsgestaltung (im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung [BBSR] im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung [BBR]), dort S. 39.

39 vgl. auch FA für Verwaltungsrecht Rainer Fahrenbruch, Dresden, IBR 2015, 1063.

# **BIM – der Holzbau kann es, der Praxisbeweis**

Philipp Zumbrunnen  
EURBAN Limited  
London, UK





# BIM – der Holzbau kann es, der Praxisbeweis

## 1. Was ist BIM?

BIM steht für „Building Information Modeling“ oder zu Deutsch Gebäudedatenmodellierung und beschreibt eine Methode der optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe von Software. Dabei werden alle relevanten Gebäudedaten digital erfasst, kombiniert und vernetzt. Das Gebäude ist als virtuelles Gebäudemodell auch geometrisch visualisiert. Building Information Modeling findet Anwendung sowohl im Bauwesen zur Bauplanung und Bauausführung als auch im Facilitymanagement.

BIM wird teilweise auch als „Building Information Management“ oder BIMM „Building Information Management and Modeling“ beschrieben. Da es sich bei BIM nicht einfach nur um ein Computermodell handelt, sondern vielmehr um einen Prozess.

Dies ist sehr wichtig da es nicht einfach nur um eine CAD-Anwendung geht, sondern um eine neue oder angepasste Arbeitsweise. Zeichnungen und Pläne werden in ihrer digitalen Form mit etlichen Zusatzinformationen versehen daher wird auch immer wieder der Begriff BuildingSMART verwendet.

Mit BIM werden die verschiedenen Projektbeteiligten verbunden, um Informationen leichter und verlässlicher auszutauschen. Die BIM-Plattform soll als gemeinsame Informations- und Arbeitsplattform verwendet werden.

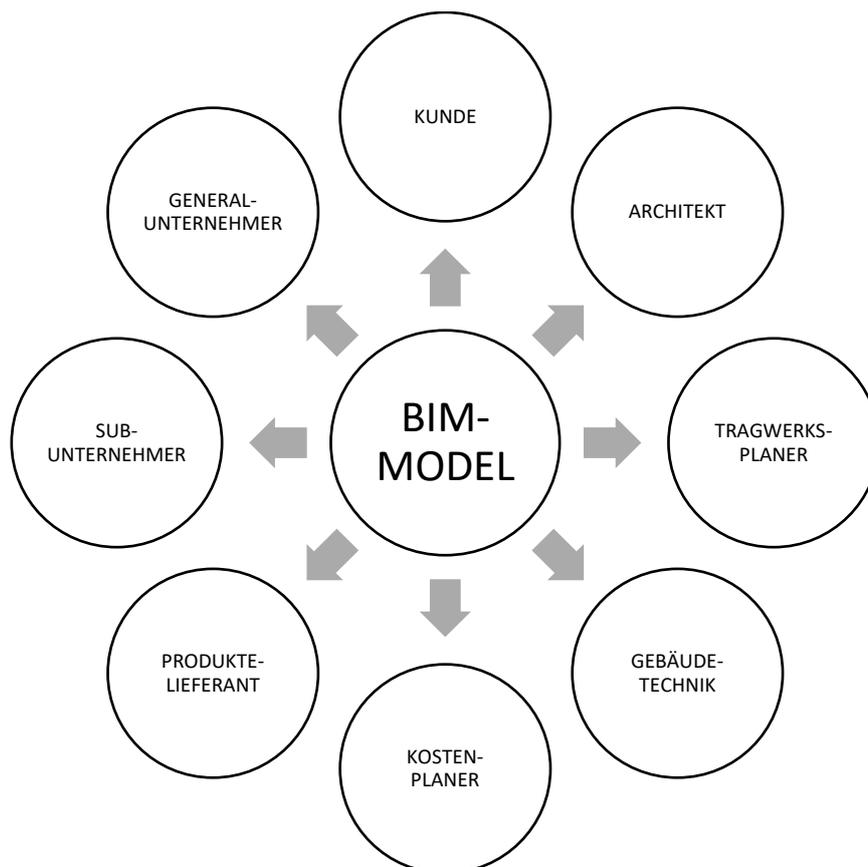


Abbildung 1: BIM als Plattform

## 1.1. Levels von BIM

Im Zusammenhang mit BIM wird immer wieder von verschiedenen Levels gesprochen, diese sind in der Abbildung 2 dargestellt und beschreiben hauptsächlich wie weit fortgeschritten die Kollaboration der verschiedenen Projektbeteiligten ist.

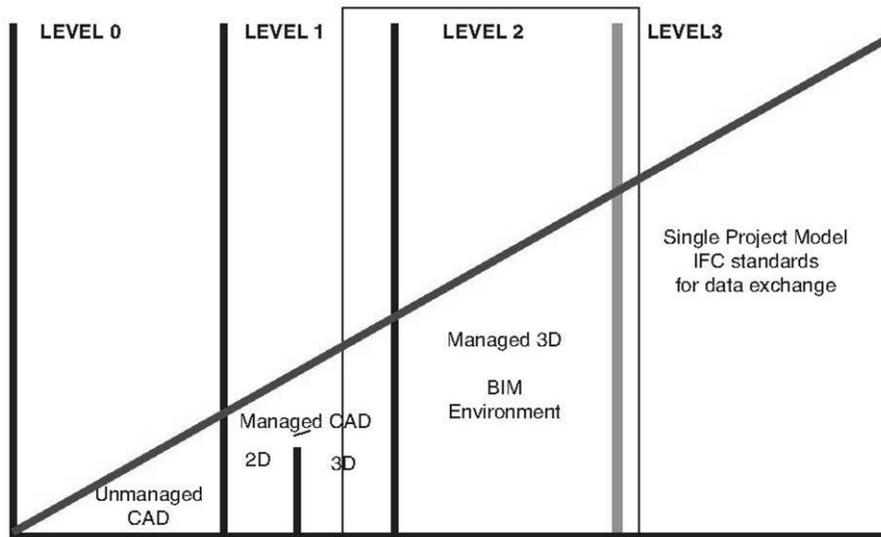


Abbildung 2: BIM-Levels

**Level 0** ist eigentlich nicht BIM, hier handelt es sich um einzelne 2D-CAD Zeichnungen und Pläne. Diese werden unabhängig voneinander in digitaler Form erstellt und es besteht keine Verlinkung oder Abhängigkeit zwischen den einzelnen Dateien. Diese Level wird hier nur aufgeführt, da die Digitalisierung die Basis für BIM darstellt.

**Level 1** ist der erste Schritt von BIM, Zeichnungen und Pläne werden im 3D-CAD erstellt. Auf dessen Basis werden, dann 2D Pläne erstellt. 2D und 3D können hier auch schon zu einem gewissen Masse miteinander verlinkt sein, müssen aber nicht. Eine komplette Verlinkung und Integration erfolgt erst bei Level 2. Jede am Projektbeteiligte Partei arbeitet hier in ihren eigenen Dateien und es erfolgt kein Austausch von 3D Dateien. Es werden immer noch traditionelle Planunterlagen erstellt und mit diesen kommuniziert. Daher wird es auch häufig als „Lonley BIM“ bezeichnet.

**Level 2** ist das erste richtige BIM, welches auch schon von gewissen Bauherren gefordert wird. Hier werden die Dateien miteinander verlinkt und Daten von anderen Projektbeteiligten werden integriert. Darum wird es auch als „Managed 3D“ bezeichnet. Daten werden innerhalb des Projektteams ausgetauscht aber jeder hat sein eigenes Modell daher wird dies „BIM Environment“ genannt. Es findet eine enge Kooperation zwischen den Mitgliedern des Projektteams statt aber auf einer eigen ständigen Basis. Je enger diese Zusammenarbeit ist desto näher rückt man an BIM Level 3 ran.

Beim Level 2 werden auch andere Softwares, wie zum Beispiel Statik Programme, in den Prozess mit eingebunden. Wichtig ist hier, dass ein verbindliches Protokoll zum Datenaustausch erstellt und befolgt wird.

**Level 3** und höher hier ist das Ziel, dass nur noch ein gemeinsames Live Modell besteht. Alle Beteiligten arbeiten zur gleichen Zeit in demselben Modell. Dies ist aber heute aus verschiedenen Gründen nicht oder nur sehr schwer möglich. Meist wird auf einem regelmäßig aktualisierten Modell gearbeitet. Dies bedarf einem strengen Protokoll und einer guten Koordination zwischen den beteiligten. Dies erfordert einen BIM-Koordinator, welcher diese Rolle übernimmt.

Beim Level 3 gibt es auch noch haftungs- und vertragstechnische Hürden, welche geklärt werden müssen bevor diese auch angewendet werden kann.

## 1.2. BIM-Arten

**3D BIM** ist die einfachste und meist verbreitet Form von BIM. Es ist die dreidimensionale Darstellung des Bauprojektes in digitalisierter Form. Alle Komponenten werden in 3D-CAD modelliert, wie es heute schon sehr üblich ist.

**4D BIM** hier wird der Bauablauf in das 3D-Modell integriert. Damit wird ersichtlich wann und wo welche Arbeit ausgeführt wird. Diese ermöglicht eine Optimierung und 3D-Darstellung des Bauablaufes. Dies wird heute vor allem für die Baustellenlogistik und zu Informationszwecken angewendet.

**5D BIM** die Kostenplanung wird in das 4D-Modell integriert um eine genauere Kostenplanung und Kostenkontrolle zu erhalten. Es soll auch die Auswirkungen von Änderungen oder Optimierungen auf die Kosten zeigen. Wird heute meist nur für einzelne Gewerke und nicht für das Gesamtprojekt angewendete.

**6D BIM** beinhaltet Information für die Wartung und den Betrieb des fertigen Gebäudes. Dies wird zur Unterstützung des Facility Managements gebraucht. Diese wird heute immer mehr von öffentlichen und professionellen Bauherren gefordert. Es ermöglicht den Betrieb und Unterhalten besser zu kontrollieren und optimieren.

## 1.3. Normen und Standards

Die Normierung und Standardisierung hinkt der Praxis leider noch hinterher. In Grossbritannien gibt es bis jetzt nur eine Norm (BS 1192-1) die sich mit dem Thema befasst. Diese ist aber sehr generell und regelt nur sehr oberflächlich das kollaborative Arbeiten.



Abbildung 3: BIM Normen / Standards

Weitere Dokumente, sogenannte „PAS Documents“, sind bereits im Umlauf. Hierbei handelt es sich um eine Art „Vornorm“. Diese gehen mehr in die Tiefe und sind spezifisch auf BIM ausgelegt.

Eines der Probleme bei der Normierung ist der Zeitfaktor und die Geschwindigkeit mit der die Industrie voranschreitet. Die Britische Regierung verlangt, dass ab April 2016 alle öffentlichen Bauprojekte nach den Standards von Level 2 BIM umgesetzt werden. Nur ist hier die Frage nach welchem Standard. Daher wird von mehreren Seiten mit Hochdruck

an der Ausarbeitung dieses Standards gearbeitet. Sehr gut ist hier, dass sich die Industrie aktiv bei der Ausarbeitung von Normen und Standards beteiligt.

Die grösste Herausforderung wird mit Sicherheit die europäische Harmonisierung sein. Da die verschiedenen Länder auf sehr unterschiedlichem Niveau bei der Umsetzung von BIM sind. Zudem sollte die Harmonisierung nicht nur Europa sondern die ganze Welt umfassen.

#### **1.4. Software und Schnittstellen**

Die Software und die Schnittstellen sind ein entscheidender Punkt für die erfolgreiche Umsetzung von BIM in der Praxis und zugleich auch eines der grössten Hindernisse.

Leider hat sich bis heute noch keine durchgängig funktionierende Schnittstelle durchgesetzt, welche dringend notwendig ist. Die verschiedenen Projektbeteiligten verwenden die unterschiedlichsten Programme und daher kann die Kommunikation nur über Schnittstellen erfolgen.

Die meist verbreitete und bekannteste Software für BIM ist mit Sicherheit REVIT von der Firma Autodesk, diese wird meist von Architekten und Ingenieuren verwendet. Jedoch verwenden diese auch immer mehr Generalunternehmer und Kostenplaner. Im Architekturbereich wird auch ArchiCad und Vektorworks sehr häufig verwendet. Die Haustechniker verwenden meist spezialisierte Programme oder auch immer häufiger REVIT.

Im Holzbau gibt es verschiedene Programme die eigentlich der BIM-Idee entsprechen, wie zum Beispiel Cadwork, Dietrichs oder HSB CAD. Diese Programme erfüllen die meisten Anforderungen die an ein Programm für die Arbeitsweise mit BIM gestellt werden.

Es besteht heute teilweise ein sehr grosser Druck, dass alle mit der gleichen Software arbeiten sollen, dies ist aber nicht möglich und auch nicht das Ziel von BIM. Es ist daher unerlässlich, dass eine gemeinsame und funktionierende Schnittstelle gefunden wird. Dies bedarf einer Kollaboration aller Softwarehersteller, damit diese auch von allen anerkannt und gepflegt wird.

Die heute meist verbreitete und am besten funktionierende Schnittstelle ist das IFC, welches genau für diese Zwecke entwickelt wurde. Leider wird sie nicht von allen Herstellern gleich aktiv benutzt.

Es gibt auch verschiedene Programme für die Zusammenführung und Kontrolle von IFC Dateien. Diese sind wichtig um die verschiedenen Dateien in ein Gesamtmodell zu bringen und eine sogenannte „Clash detection“ durchzuführen. Weit verbreitet ist hier die Software Solibri oder Navisworks von Autodesk.

Für die richtige Umsetzung von BIM brauchte es aber neben der CAD-Software noch viele andere Komponenten, wie zum Beispiel im Bereich Ausschreibung, Terminplanung, Datenbanken und vielen anderen. Es ist wichtig und immer wieder vor Augen zu führen BIM ist keine Art wie man Zeichnungen erstellt, sondern wie man ein Gebäude plant, baut und unterhält. Daher ist das Zusammenspiel und Kompatibilität der einzelnen Komponenten essenziell. Information ist nur sinnvoll wenn diese weitergegeben und verwendet werden kann.

## 2. BIM im Holzbau

- Wie steht es mit BIM im Holzbau?
- Sind wir bereit dafür?
- Was sind unsere Chancen?
- Was für Risiken bringt BIM für den Holzbau?

Diese und andere Fragen werden immer wieder gestellt, wenn es um BIM geht. Wir müssen auch zugeben, dass viele gar nicht wissen was BIM ist. Und es geht auch eine gewisse Angst umher in Bezug auf BIM.

Doch eigentlich sind wir im Holzbau schon sehr weit, was das Thema BIM betrifft. Der Holzbau ist anderen Handwerkern im Hinblick auf BIM voraus. Es wird ja auch schon seit einiger Zeit in vielen Betrieben eingesetzt aber meist ohne es zu wissen.

Die Verwendung von CAD/CAM ist im Holzbau weitverbreitet und dies entspricht in gewissen Zügen eigentlich auch BIM. Es handelt sich hier meist um ein Level 1 oder auch „Lonley BIM“ genannt. Auch werden schon immer häufiger 3D-Dateien mit anderen Gewerken ausgetauscht und koordiniert.

Daher kann man sagen wir können im Holzbau mit BIM arbeiten oder besser gesagt wir arbeiten schon damit.

### 2.1. Wo stehen wir heute?

Die Digitalisierung im Holzbau hat in den letzten Jahren extrem zugenommen und unsere Arbeitsabläufe haben sich geändert. Pläne werden nicht mehr von Hand im 2D Format auf Papier gebraucht. Wir verwenden vernetzte System und integrieren verschiedene Komponenten wie CAD/CAM, Terminplanung, ERP und andere.

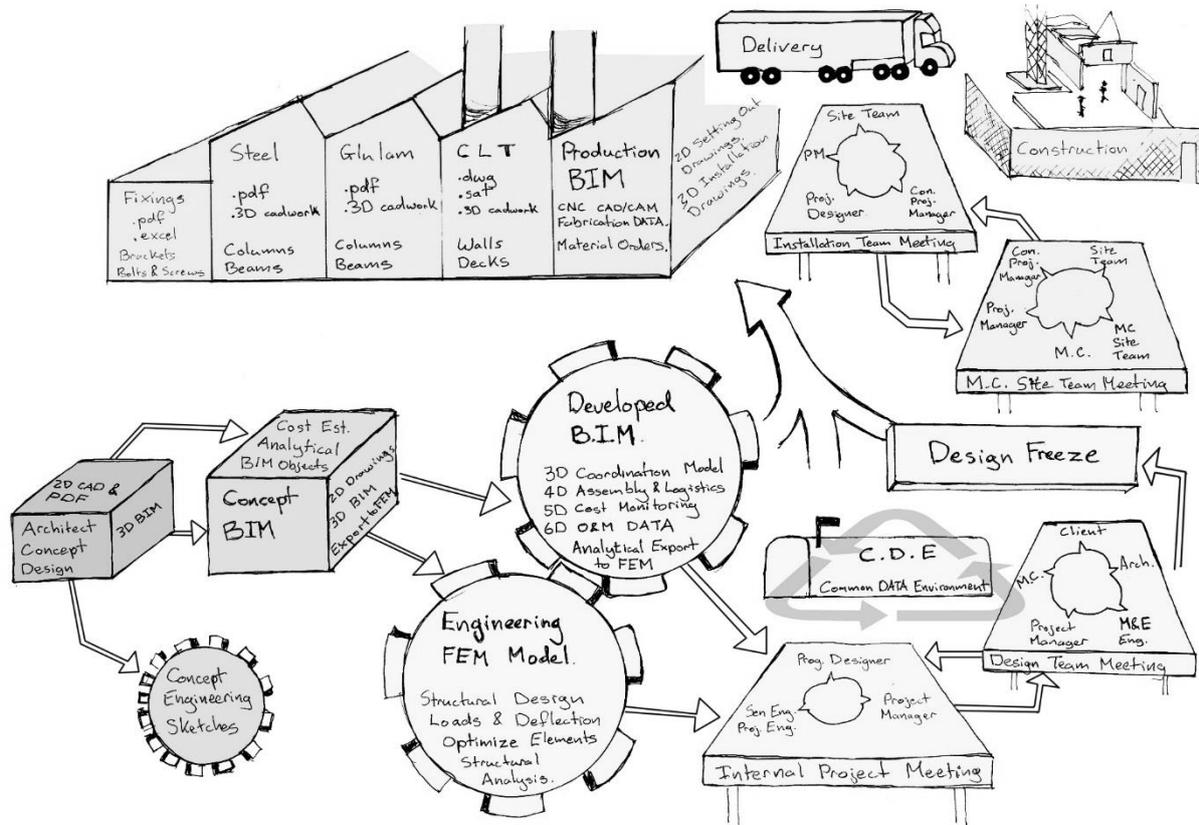


Abbildung 4: Arbeitsablauf von der Planung bis zur Montage

Unsere internen Prozesse entsprechen schon sehr dem BIM-Gedanken. Die Planung wird auf eine zentrale 3D-Datei abgestützt und möglichst alle Informationen werden darin eingebaut und auch wieder aus dieser rausgezogen. wir benutzen diese Information für mehr als nur um Pläne zu erstellen. Angebote werden heute bereits mit Hilfe von Daten aus 3D

Dateien erstellt, dies entspricht dem Gedanken von 5D BIM und der Integration der Kosten. Baustellenlogistik wird das Prinzip von 4D BIM verwendet, hier wird die Zeit als zusätzliche Ebene hinzugefügt. Die geschieht meist in einem geschlossenen System also im eignen Betrieb. Vermehrt werden aber auch Zulieferer direkt in dieses System miteingebunden und haben Zugriff auf diese Informationen.

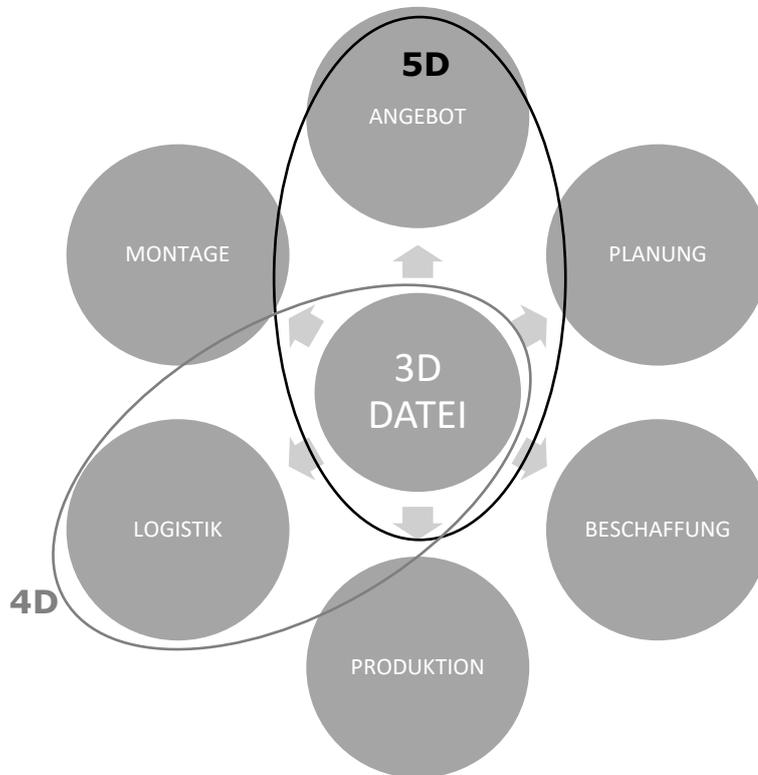


Abbildung 5: Einbindung der 3D Information

Das kollaborative arbeiten, welches eine der Grundideen von BIM ist, wird im Holzbau auch immer mehr angewendet. Dateien werden mit den Architekten und Haustechnikplanern ausgetauscht wo durch eine einfachere und schnellere Koordination entsteht. Aber wie bereits erwähnt ist dies auf Grund von fehlenden oder nicht optimalen CAD-Schnittstellen noch sehr umständlich. Hier besteht noch der grösste Bedarf der Entwicklung damit wir BIM komplett umsetzen können.

## 2.1. Wo liegen die Vorteile von BIM?

Das Arbeiten in 3D-Programmen ist im modernen Holzbau heute nicht mehr wegzudenken. Es bietet enorme Vorteile bei der Planung und Umsetzung von Bauprojekten und dies nicht nur bei grossen und komplexen Bauten. Auch bei kleineren Projekten kann die Produktivität erhöht werden.

Die 3D-Dateien werden mehr und mehr in die Arbeitsabläufe integriert. Maschinen können daraus direkt angesteuert werden und auch die Materialbeschaffung kann auf diesen basieren. So können Produktionsabläufe und Materialausnutzung optimiert werden. Viele Materiallieferanten können auch direkt mit diesen Daten weiterarbeiten wodurch die doppelten Arbeiten reduziert werden können.

Auch in der Planung können CAD- und Statik Programme mit einander verlinkt werden und Geometrien direkt ausgetauscht werden. Dies spart Zeit und reduziert mögliche Fehler. Dieser Austausch erfolgt heute schon ziemlich problemlos, da es sich meist um Programme spezifisch für den Holzbau handelt.

Der interne Planungsprozess wird durch die Verlinkung der 3D- und 2D-Dateien auch beschleunigt und die Kontrolle wird vereinfacht. Änderungen werden automatisch oder halbautomatisch in die anderen Dateien übertragen. Die 3D-Dateien werden heute auch vermehrt direkt auf der Baustelle für die Montage verwendet. Sei es für die Verwendung

mit einem Tachymeter oder direkt als CAD-Datei für das Montageteam. Hier besteht sicher noch enormes Entwicklungspotenzial durch die voranschreitenden Technologien im IT-Bereich. Die Verwendung von Tablets und Smartphones ist hier sicher erst am Anfang.

Die Koordination mit anderen Mitgliedern des Planungsteams kann durch die Verwendung auch vereinfacht und Beschleunigt werden. Teilweise hilft hier nur schon die Darstellung im 3D für die Diskussion und das bessere Verständnis. Der komplette Datenaustausch zwischen den Planern und Unternehmern birgt noch vielmehr Nutzen und sollte in Zukunft sicher verstärkt und gefördert werden.

## **2.2. Wo liegen die Risiken von BIM?**

BIM ist ein sehr mächtiges Werkzeug, es muss aber richtig angewendet werden. Gewisse Arbeitsweisen und Vorgänge müssen geändert oder angepasst werden. Zudem ist es wichtig, dass alle Beteiligten die Möglichkeiten und Grenzen von BIM kennen und verstehen. Leider wird das Wort BIM heute sehr viel benutzt ohne überhaupt zu verstehen was es wirklich bedeutet.

Heute wird häufig 3D-CAD mit BIM gleichgesetzt und die Erwartung ist, dass planen im 3D schon BIM ist. Eine vorhandene 3D-Datei bedeutet aber noch lange nicht das nach den Grundsätzen von BIM gearbeitet wird. Es gibt ganz verschieden Gründe wieso ein 3D erstellt wird und auch wie es verwendet wird. Zum einen werden heute 3D's erstellt die nur zur Visualisierung dienen. solche können meist nicht für das Bauen verwendet werden. Ein 3D-Datei, welche für die Produktion verwendet wird, hatte ganz andere Anforderung und einen anderen Detailierungsgrad. Dadurch entstehen Konflikte die nicht verstanden werden. Visualisierungen können sehr schnell erstellt werden und täuschen etwas vor, was in Wirklichkeit noch gar nicht so ist.

Eine weitere Herausforderung ist die Kompatibilität zwischen den verschiedenen Programmen und die Verwendung von Schnittstellen. Hier besteht noch sehr viel Entwicklungsbedarf und eine Zusammenarbeit der verschiedenen Hersteller. Leider wird er Markt heute von der Firma Autodesk mit ihrem Programm REVIT sehr stark dominiert. Dadurch steigt der der Druck von Kundenseite, dass alle mit diesem Programm arbeiten. Dies ist aber für den Holzbau nicht sehr praktikabel und auch nicht die Idee von BIM, es sollen verschiedene Programme zusammenarbeiten können. Dadurch könne die Programme auf die Bedürfnisse der Anwender angepasst werden. Ein einziges Programm wird niemals die gesamte Spanne abdecken können.

Um BIM umzusetzen und deren Vorteile richtig zu nutzen muss von Beginn weg eine Strategie erarbeitet werden und diese auch rigoros umgesetzt werden. Dies Bedarf der Einbeziehung aller Beteiligten. Es sollte auch ein sogenannter BIM-Koordinator bestimmte worden oder als separates Mietglied im Planungsteam beauftragt werden. Diese Kosten werden häufig eingespart oder man erwartet dies einfach so von den Planern. Unter diesen Voraussetzungen kann BIM nicht funktionieren. Es werden eine genaue Planung und Kontrollen für die Umsetzung benötigt.

BIM wird von der Kundenseite häufig als Möglichkeit gesehen Geld einzusparen. Es wird aber nicht beachtet, dass für die erfolgreiche Umsetzung andere Wege gegangen werden müssen. Es kann Geld eingespart werden aber die Planung muss viel früher und intensiver betrieben werden. Dies heisst, es muss mehr Geld zu Beginn des Projektes ausgegeben werden.

## **2.3. Was müssen wir verbessern?**

Für die Zukunft des Holzbaues wird es sehr wichtig sein, dass wir uns gerade im Bereich BIM weiterbilden und Spezialisten aus diesem Bereich in den Betrieb holen. Dies werden häufig Leute aus dem Architektur- oder Haustechnikbereich sein. Diese sind zwar keine Holzbauspezialisten aber sie verstehen unsere Partner im Planungsteam meist besser als wir Holzbauer. Der Erfolg von BIM hat nicht nur mit der CAD-Software und dem eigentlichen Prozess zu tun. Die richtige Zusammenarbeit ist hier der ausschlaggebende Punkt. Wir müssen uns mehr öffnen und unsere eigenen Teams mehr mit auswertigem Wissen verstärken.

Das Wissen über BIM muss in der gesamten Baubranche verstärkt werden damit die Möglichkeiten und Grenzen besser aufgezeigt und verstanden werden. Dies muss von allen Seiten vorangetrieben werden. Daher ist es wichtig, dass wir unsere Möglichkeiten und Grenzen selber sehr genau kennen und diese auch klar vermitteln können. Dies muss bereits zu Beginn eines Projektes geschehen um die Prozess der beteiligten auf einander abzustimmen.

Im Bereich Software muss sicherlich noch sehr viel getan werden um die bestehenden Hürden abzubauen. Es wird auch zunehmend wichtiger mit verschiedenen Softwares zu arbeiten. Da es Momentan noch nicht möglich ist alles mit unseren Holzbauspezifischen Programmen zu bewältigen. Wir müssen uns auch vermehrt mit unseren Softwareherstellern zusammensetzen und gemeinsam Lösungen suchen. Im CAD/CAM Bereich wurde dies schon sehr erfolgreich umgesetzt, es gibt also keinen Grund es hier nicht auch zu bewältigen.

Das vermehrte Arbeiten mit BIM wird sicherlich auch gewisse Arbeitsvorgänge verändern, dies sollte aber als Chance und nicht als eine Bedrohung wahrgenommen werden. Der gesamte Holzbau ist in einem Wandel schon auf Grund die grösseren und komplexeren Projekte die ausgeführt werden. Dies hat unumstritten einen Strukturwandel im Holzbau zur Folge, wir werden uns vermehrt den Grossen Generalunternehmern annähern und in gewissem Masse auch anpassen müssen.

### **3. FAZIT**

BIM ist mit Sicherheit eine grosse Herausforderung für die gesamte Bauindustrie. Der Holzbau muss sich aber nicht verstecken oder davor fürchten. Bereits heute erfüllen wird schon viele Prozesse von BIM und wenden diese auch an. Unser hohes Mass an Vorfertigung und Automatisierung entspricht dem Gedanken von BIM. Daher sind wir im Vergleich zu anderen in der Baubranche gut mit dabei. BIM ist für den Holzbau mehr eine Chance als ein Risiko.

BIM ist aber nicht ein Wundermittel und bedarf einer komplexen Koordination zwischen den Beteiligten. Hier besteht eines der Grössten Risiken. Der Prozess wird häufig nicht komplett verstanden und daher auch nicht richtig angewendet. Durch BIM können Kosten eingespart werden aber Kosten werden auch verschoben. Der Kostenaufwand am Beginn des Projektes wird grösser um später wieder eingespart zu werden. Dies muss von allen Beteiligten verstanden und umgesetzt werden.

BIM kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn es richtig angewendet wird. Es muss in die Schulung von bestehendem Personal investiert werden. Ausserdem müssen auch BIM-Spezialisten aus anderen Bereichen das Team verstärken. Es ist genau wie bei anderen automatisierten Prozessen, die Maschine ist nur so gut wie der Anwender.

**Kalkulation –**  
der industrielle Holzsystembau vor neuen  
Herausforderungen in Ausschreibung,  
Kalkulation, Mehrkostenanforderungen  
und -abrechnungen



# **Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung als Teil des BIM-Prozesses im modernen Holzbau**

Franz-Josef Cordes  
ORCA Software GmbH  
Neubeuern, Deutschland

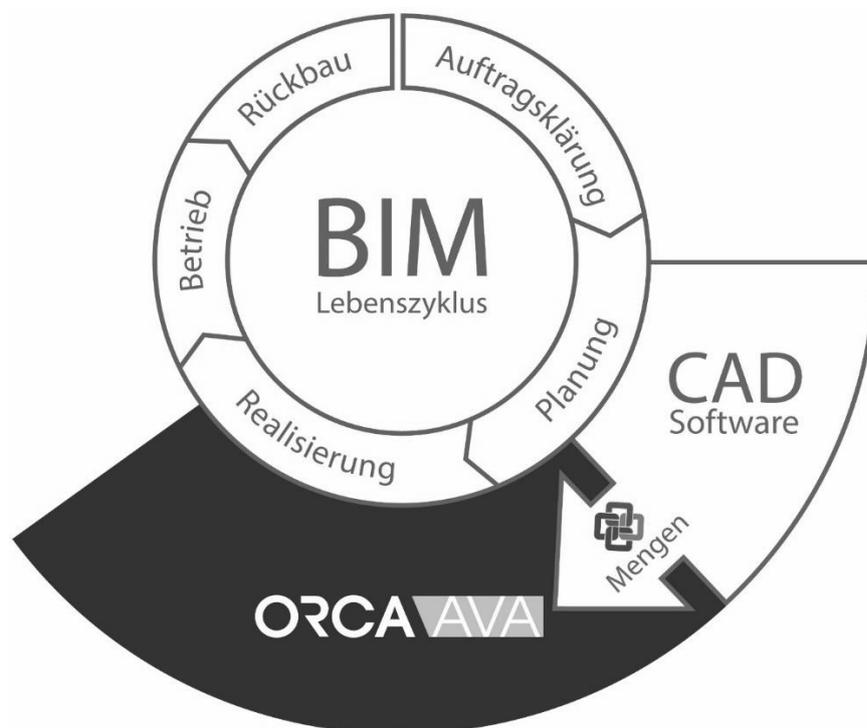




# Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung als Teil des BIM-Prozesses im modernen Holzbau

## 1. BIM trifft AVA

Das digitale Gebäudemodell mit allen relevanten Gebäudedaten dient beim Building Information Modeling als Grundlage aller Entscheidungen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes. Die Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung stellt einen kleinen, aber wichtigen Teil in diesem Prozess dar. Hier werden die erforderlichen Leistungen und Qualitäten endgültig und eindeutig beschrieben, kalkuliert und die Baukosten kontrolliert. Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf ist der korrekte Datenaustausch aller Beteiligten.



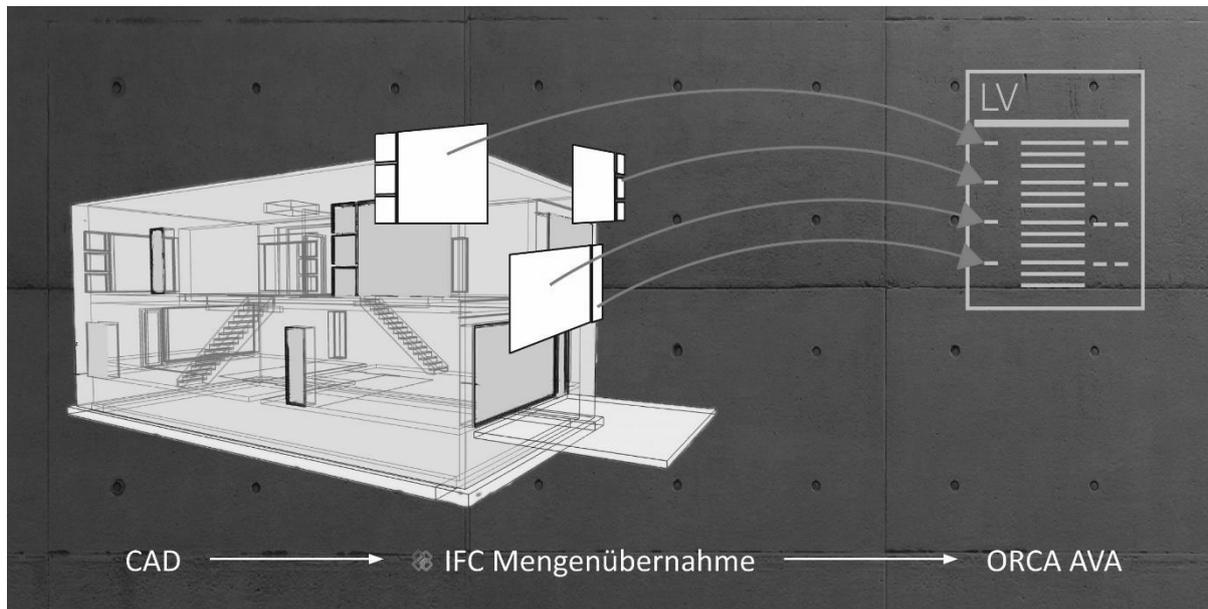
## 2. Der erste Schritt zu BIM

Um gemeinschaftliche Arbeitsabläufe zu ermöglichen und die korrekte Übermittlung der Gebäudeinformationen zu gewährleisten, ist die Kompatibilität der eingesetzten Softwarelösungen entscheidend. Während der verschiedenen Leistungsphasen werden die Bauwerksinformationen unterschiedlich dargestellt. Bei der Planung und der Ausführung werden Pläne, also graphische Darstellungen benötigt. Für die Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung müssen aus 3D-CAD Daten alphanumerische Informationen erzeugt und in die AVA Anwendung übergeben werden. Ein offener Standard dafür sind die Industry Foundation Classes (IFC).

## 3. Interpretation der IFC Klassen in ORCA AVA

Das 3D-Gebäudemodell einer CAD besteht aus Bauteilen als kleinste Einheit, z.B. Türen oder Wände, die einer Örtlichkeit im Objekt zugeordnet sind. Zur Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung müssen diese Bauteile Gewerken zugewiesen und in einzelne Positionen aufgegliedert werden. Diese Transformation geschieht über die ORCA IFC Mengenübernahme. Sie interpretiert die Struktur des IFC-Formats entsprechend. Über die IFC

Exporteinstellungen der CAD werden die Attribute eines Bauteils festgelegt. In der ORCA IFC Mengenübernahme entscheidet der Anwender, welche Mengen er in ORCA AVA übernimmt. IFC-Mengen können in den Programmteilen Projektstammdaten/Mengen, Kosten-schätzung/-berechnung, Ausschreibung und Abrechnung eingefügt werden.

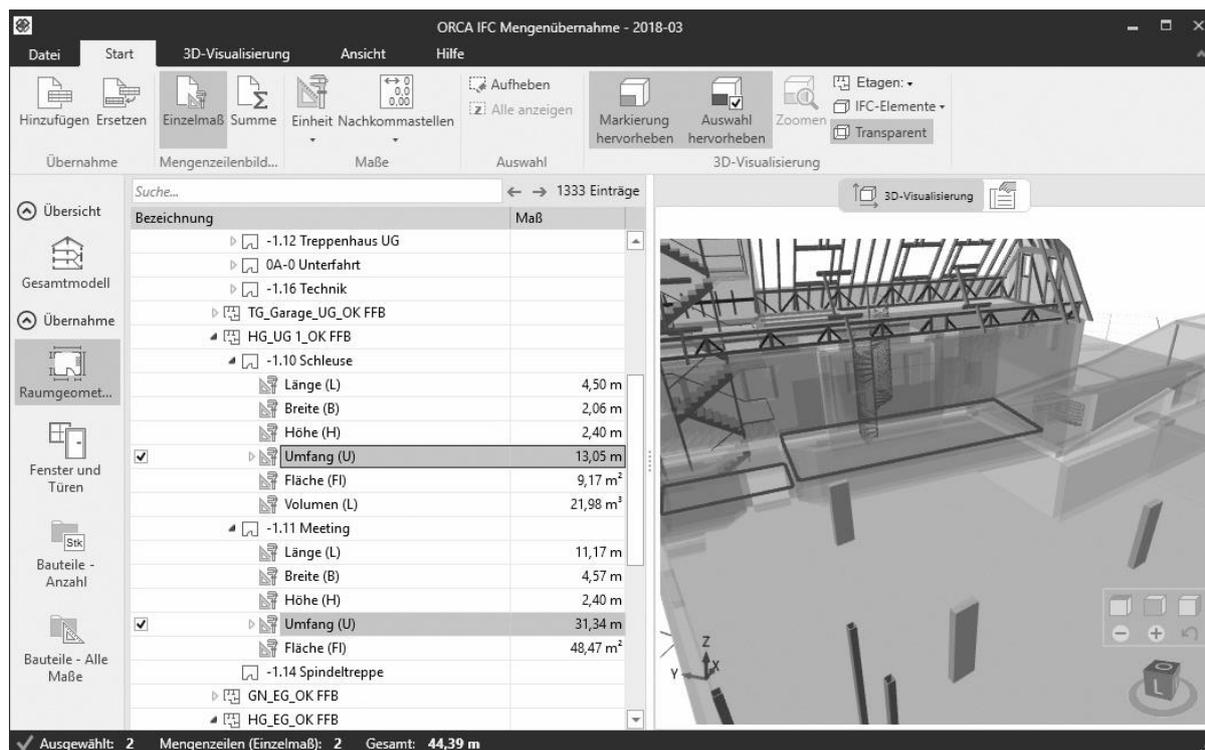


#### 4. Übersicht durch 3D-Visualisierung

In der ORCA IFC Mengenübernahme wird das Projekt als grafisches dreidimensionales Konstruktionsmodell dargestellt, das die Betrachtung aus allen Perspektiven erlaubt. Einzelne IFC Elemente können ein- bzw. ausgeblendet werden, was in komplexen Modellen für optimale Übersicht sorgt. Über die Funktionen im Ribbon kann das Modell in jede beliebige Größe und Lage gebracht werden. Die 3D-Visualisierung ist mit den Übernahmetabellen verknüpft, so dass eine Markierung im Modell schnell und einfach zum zugehörigen Bauteil führt. Auch der umgekehrte Weg ist möglich: Markierte Tabelleneinträge können durch farbliches Hervorheben oder Heranzoomen im Modell lokalisiert werden.

#### 5. Für die Ausschreibung interpretierte Sichten

Tabellen stellen die IFC-Daten übersichtlich als hierarchische Baumstruktur dar. Für die Übernahme von IFC-Mengen in die Ausschreibung werden unterschiedliche Sichtweisen des Modells angeboten. Dabei bestimmen die inhaltlichen Schwerpunkte die Auswahl der verfügbaren IFC-Daten. Der „digitale Dreikant“ Raumgeometrie ist eine räumlich-geschoss-orientierte Darstellung und zeigt übersichtlich sämtliche Raummaße, z.B. Wandlängen und Bodenflächen. In der Tabelle Fenster und Türen sind alle spezifischen Informationen wie räumliche Zuordnung, Maße und Öffnungsart zur Übernahme gelistet. Alle Bauteile sind generell einer konstruktiven Kategorie der IFC-Systematik zugeordnet, z.B. Balken, Dächer, Treppen, Fundamente. Sie können nach weiteren Kriterien untergliedert sein. Aus der Sicht Bauteile – Anzahl werden die Stückzahlen in ORCA AVA übernommen, z.B. der TGA Endgeräte. Aus der Tabelle Bauteile – Alle Maße wählt der Anwender aus allen zugeordneten Maßen individuell das benötigte aus, z.B. Breite, Volumen oder Gewicht. Die Tabellen ermöglichen übersichtliches Navigieren und erleichtern den Zugriff auf die enthaltenen IFC-Daten. In allen Sichten können die Anzeigen individuell konfiguriert werden, um die aktuell benötigten Daten in den Fokus zu stellen.



## 6. Mengenübernahme leicht gemacht

Die ORCA IFC Mengenübernahme bietet die möglichen Optionen passend zur Mengenauswahl an: für die Übernahme von Raummaßen oder Stückzahlen, für eine einzelne Menge oder mehrere Mengen aus verschiedenen IFC-Positionen. Bauteilgruppen, z.B. Außenfenster können verschieden gruppiert in ORCA AVA eingefügt werden: als jeweils eine LV Position je IFC-Position, als eine gemeinsame Position im LV mit optional gewählten Teilmengen pro IFC-Position oder als eine LV-Position mit Gesamtmenge. Einzelne IFC-Mengen werden am schnellsten per Drag&Drop nach ORCA AVA übergeben. In ORCA AVA behalten die Mengen ihren Bezug zur IFC-Datei, so dass ihre Herkunft jederzeit nachvollziehbar ist.

## 7. Fazit

Mit der ORCA IFC Mengenübernahme können Daten aus allen Anwendungen übernommen werden, die IFC-Dateien erzeugen können. ORCA AVA unterstützt durch vordefinierte Routinen und lässt darüber hinaus Raum für individuelle Arbeitsweisen.



# **Kalkulationsansätze im Holzbau Der Einsatz von Arbeitsablaufanalysen als Grundlage für Aufwandswerte**

Dieter Schlagbauer  
iC Consulente ZT Ges.m.b.H.  
Wien, Österreich





# Kalkulationsansätze im Holzbau

## Der Einsatz von Arbeitsablaufanalysen als Grundlage für Aufwandswerte

### 1. Bedeutung der Kalkulation

Die Kalkulation, auch Bauauftragsrechnung genannt, weicht von der Auftragsrechnung eines stationären Industriebetriebes ab. Besondere Merkmale wie auftragsbezogene Einzelfertigung, die besondere Form des Preiswettbewerbes und auch die Vergabe der Bauleistungen stellen eine klare Abgrenzung zu anderen Industriezweigen dar.<sup>1</sup>

#### 1.1. Kalkulation in der Ausbildung

Zu den Aufgaben der Kalkulation zählt die Kostenermittlung für Bauleistungen vor, während und nach der Leistungserstellung und deren Vergleich, sowie die dazugehörige Datenaufbereitung. Dies wird Studierenden der Bauingenieurwissenschaften bereits in einer der ersten Einheiten der bauwirtschaftlichen Ausbildung erläutert, und es wird auf die immense Bedeutung der Kalkulation hingewiesen:<sup>2</sup>

*„In der Bauwirtschaft bildet die Baukalkulation die Grundlage eines Angebotes und bestimmt nach der Auftragserteilung den erst viel später zu realisierenden Erlös für die Herstellung der angebotenen Bauleistung. Von ihr hängt daher primär der Erfolg der Baustelle als Produktionsstätte und in der Summe der Einzelbaustellen auch der gesamte Unternehmenserfolg ab.“*

Auch in der Meisterprüfungsordnung für Holzbaumeister der WKO<sup>3</sup> unter § 9 findet sich das Thema Kalkulation wieder:

*„(2) Die Prüfung im Gegenstand Projektumsetzung hat im Einzelnen folgende Arbeiten zu umfassen:*

- 1. Bemessung bestimmter Konstruktionsteile sowohl in statischer als auch bauphysikalischer Hinsicht unter Einschluss energiesparender und ökologischer Bauweisen,*
- 2. bestimmte Teile des Leistungsverzeichnisses und der Massenermittlung unter Berücksichtigung von Holzbau-Meisterarbeiten und Arbeiten anderer Gewerbe,*
- 3. Kalkulation bestimmter Bauleistungen (von Holzbau-Meisterarbeiten einschließlich der Berücksichtigung von Arbeiten anderer Gewerbe) und*
- 4. Projektmanagement, -steuerung und Bauablaufplanung.“*

Dies zeigt, dass neben der sorgfältigen Ausführung, die Angebotserstellung mit Leistungsverzeichnis und Massenermittlung sowie die Kalkulation der anzubietenden Leistung und die Kenntnisse über die ordnungsgemäße Abwicklung gleichwertige Themen sind.

In Zusammenhang mit diesen Überlegungen aus der Ausbildung können noch die Aussagen von Toffel<sup>4</sup> miteinbezogen werden, der ausführt, dass wirtschaftliches Bauen von einer Vielzahl von Einflüssen abhängig ist:

- *personelle*
- *räumliche*
- *zeitliche und*

<sup>1</sup> Vgl. Drees, Paul: Kalkulation von Baupreisen. Hochbau, Tiefbau, Schlüsselfertiges Bauen Mit kompletten Berechnungsbeispielen, 2011.

<sup>2</sup> Heck, Schlagbauer: BauWL-Skript 2009, TU Graz, 2009.

<sup>3</sup> WKO: Holzbau-Meister Befähigungsprüfungsordnung, vom 20.5.2015.

<sup>4</sup> Toffel: Von Claim-Brutstätten und Baukosten-Raketen in: Festschrift 1969 - 2009; 40 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 2009.

- *sachliche Einflüsse, die wiederum unterteilt werden können in*
  - *technische,*
  - *wirtschaftliche,*
  - *rechtliche und*
  - *soziale Einflüsse,*

*welche je nach den Gegebenheiten im konkreten Einzelfall die Wirtschaftlichkeit des Bauens mehr oder weniger beeinflussen können."*

Ziel einer jeden Kalkulation muss es also sein für die jeweilige Baustelle ein optimales Angebot unter Einbeziehung aller bedachten Randbedingungen, einer Berücksichtigung des eingeschätzten Risikos sowie eines Gewinns für das Unternehmen zu erstellen, welches auch unter den Marktbedingungen den Zuschlag erhält.

## 1.2. Arten der Kalkulation

Die Zuschlagskalkulation ist das übliche Verfahren in der Bauwirtschaft zur Berechnung des Preises. Dabei unterscheidet man in einzelne Verfahren der Zuschlagsberechnung: die Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlagssätzen, die Kalkulation über die Angebotssumme als auch die Prozesskostenkalkulation. Diese Verfahren unterscheiden sich nur im Grad der Erfassungstiefe der indirekten Kosten. Die Zuschläge können als dimensionsgebundene Größen (z.B. in €) oder dimensionslose Zuschlagsfaktoren (z.B. in %) auftreten. Wenn die Zuschläge feststehen kann mit der Ermittlung der Einheitspreise bzw. der Netto-Angebotssumme begonnen werden.<sup>5</sup>

Dies zeigt sich auch an dem aus der ÖNORM B 2061 ableitbare Kostengliederung:

Einzelkosten der Teilleistungen
• Lohnkosten
• Material- und Transportkosten
• Gerätekosten
• Kosten der Fremdleistungen
Gemeinkosten der Baustelle (bestehend aus)
• Zeitabhängige Kosten
• Zeitunabhängige Kosten
Herstellkosten
+ Geschäftsgemeinkosten
+ Bauzinsen
Selbstkosten
+ Wagnis
+ Gewinn
Einheitspreis

Abbildung 1: Kostengliederung entsprechend der ÖNORM B 2061

Dabei werden einerseits die Einzelkosten kalkuliert, die den zu kalkulierenden Leistungen direkt zugeordnet werden, zum anderen werden die Gemeinkosten über Zuschläge auf die einzelnen Leistungen umgelegt. Die Berechnung der Bauleistungen basiert in der Regel auf einem Leistungsverzeichnis, in dem die Einzelkosten der Teilleistungen den Positionen direkt zugeordnet werden können. Für Gemeinkosten der Baustelle, allgemeine Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn werden Zuschlagssätze gebildet und diese auf die Einzelkosten der Teilleistungen umgelegt.<sup>6</sup>

Neben der Zuschlagskalkulation gibt es noch die, weniger für Bauleistungen verwendeten Divisionskalkulation und Äquivalenzziffernkalkulation.<sup>7</sup> Die Divisionskalkulation kommt beispielsweise im Bereich der Fertigteilkalkulation zum Einsatz.

<sup>5</sup> Vgl. Girmscheid, Motzko: Kalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen; S. 223.

<sup>6</sup> Vgl. Proporowitz: Baubetrieb - Bauwirtschaft; S. 115.

<sup>7</sup> Vgl. Proporowitz: Baubetrieb - Bauwirtschaft; S. 115.

### 1.3. Grundlage der Kalkulation

Für die Erreichung der unternehmerischen Ziele bei entsprechendem Wettbewerb ist es erforderlich seine eigenen Aufwände gut einschätzen zu können und unter Zeitdruck bei der Erstellung des Angebotes die Objektspezifika einzuarbeiten.<sup>8</sup>

Um bereits nach einer ersten Sichtung der Unterlagen und einer Vorortbegehung eine erste interne Preisbewertung erstellen zu können sind Richtleistungsverzeichnisse eingesetzt. Sie sind objektunabhängig und werden nach Sparten gegliedert.<sup>9</sup>

Dabei werden Kennwerte und Aufwandswerte angewendet, die auf Basis realisierter Projekte und der dazugehörigen Aufzeichnungen ausgewertet, fortgeschrieben, erneuert bzw. aktualisiert und mit durchschnittlichen Leistungsansätzen hinterlegt werden. Dieses Richtleistungsverzeichnis kann aufgrund von Erfahrungswerten, Literaturquellen und einer Nachkalkulation erstellt werden.<sup>10</sup> Zudem können bei neuen Produkten gezielte Aufwandswerterhebungen eine Grundlage für zukünftige Kalkulationen bieten.

In diesem Zusammenhang stellt die im Februar 2017 vom Bundesministerium als Zusatzversion zur bestehenden Leistungsbeschreibung Hochbau (LBH 20) veröffentlichte Standardleistungsbeschreibung für Holzbau der LG 36<sup>11</sup> eine gute Grundlage für zukünftige Standardkalkulationen dar.

Weitere allgemein gültige Grundlagen und Bestimmungen<sup>12</sup> sind jene die von Projekt und Betrieb unabhängig sind. Dazu gehören unter anderem:

- ÖNORMEN (Verdingungs- sowie technische Normen): ÖN B2110, ÖN B2061, ÖN B22xx-Reihe
- Gesetzliche Bestimmungen wie Arbeits- und Sozialrecht, Dienstnehmerschutzverordnung, Bauordnung, Umsatzsteuerrecht, Umweltrecht, Gewerberecht, Vergabe- und Vertragsrecht und Baukoordinierung.
- Kollektivverträge
- Österreichische Baugeräteliste

All diese Unterlagen bieten eine Hilfestellung zur Kalkulation der Holzbauleistungen bei öffentlichen wie privaten Auftraggebern.

Wesentlichste Basis sind jedoch die Aufwandswerte bzw. Leistungsansätze für die zu erbringenden Bauleistungen, die als Grundlage erhoben werden müssen.

## 2. Erhebung von Aufwandswerten

Um Zeitansätze und weitere Informationen zur Leistungserbringung auf der Baustelle darstellbar zu machen, kann man sich der Analyse des Arbeitsstudiums nach REFA<sup>13</sup> bedienen.

### 2.1. Grundlagen des REFA-Analyse-Systems

In umfangreichen Nachschlagewerken von REFA<sup>14</sup> werden die theoretischen Grundlagen des Arbeitsstudiums dargestellt.

<sup>8</sup> Vgl. Oberndorfer; Kukacka: Preisbildung & Preisumrechnung von Bauleistungen, S. 21.

<sup>9</sup> Vgl. Wolkerstorfer, Lang: Praktische Baukalkulation, S. 13.

<sup>10</sup> Vgl. Wolkerstorfer, Lang: Praktische Baukalkulation, S. 13.

<sup>11</sup> HOLZBAU AUSTRIA: LBH LG 36 Holzbau wird öffentlich, onlineartikel: [http://www.holzbauaustria.at/index.php?id=111&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=6882&cHash=f15f16a39e81801f247be4d4006a0a83](http://www.holzbauaustria.at/index.php?id=111&tx_ttnews%5Btt_news%5D=6882&cHash=f15f16a39e81801f247be4d4006a0a83).

<sup>12</sup> Vgl. Oberndorfer; Kukacka: Preisbildung & Preisumrechnung von Bauleistungen, S. 22f.

<sup>13</sup> Der REFA - Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung ist Deutschlands älteste Organisation für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung. Durch REFA entwickelte Methoden bieten Hilfestellung für betriebliche Datenermittlung und zum Management. Er ist internationaler Anbieter für betriebliche Weiterbildung mit dem Verbandszweck eine „Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Ausbildung“ zu erreichen.

<sup>14</sup> REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre der Betriebsorganisation: Lexikon der Betriebsorganisation, Carl-Hanser, München 1993.

REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 1 Grundlagen, Carl-Hanser, München 1984.

*„Wesentlich für die REFA-Methodenlehre ist die Betrachtung von Arbeitssystemen in ihrer hierarchischen Struktur, von der einzelnen Arbeitsstelle bis zum Gesamtunternehmen. Dementsprechend gibt es elementare und unterschiedlich komplexe Arbeitssysteme.“<sup>15</sup>*

REFA beschreibt die Arbeitsaufgaben durch die folgenden sieben Systembegriffe: 1) die Arbeitsaufgabe, 2) der Arbeitsablauf, 3) die Eingabe, 4) die Ausgabe, 5) der Mensch, 6) die Betriebsmittel und 7) die Umwelteinflüsse.<sup>16</sup>

Die Arbeitsaufgabe beschreibt dabei das Ziel des Systems, wie z.B. die Montage von Elementen. Der Arbeitsablauf beschreibt die einzelnen Prozessschritte für die Erfüllung der Arbeitsaufgabe. Die Eingabe stellt den Einsatz aus Arbeitsgegenständen, den Arbeitern, Informationen und Energie dar, welche zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe in ihrem Zustand, ihrer Form oder ihrer Lage verändert werden sollen. Die Ausgabe stellt die veränderten Arbeitsgegenstände dar, wie z.B. gestelltes Wandelement. Arbeitsmittel (Mensch) und die Betriebsmittel stellen die Kapazitäten des Arbeitssystems dar. Zusätzlich wirkende Umwelteinflüsse auf das Arbeitssystem können als physikalische, chemische, biologische, organisatorische und soziale Einflüsse gegliedert werden und charakterisieren die Einwirkungen auf ein (funktionierendes) Arbeitssystem, wie beispielsweise Witterung.<sup>17</sup>

## 2.2. Beobachtungstiefe

Nach REFA kann der Arbeitsablauf für Beobachtungen in einzelne Ablaufabschnitte mit entsprechender Betrachtungstiefe unterschieden werden:<sup>18</sup>

Im Zuge der bisher durchgeführten Analysen mit Anwendung unterschiedlicher Beobachtungstiefen wird „Vorgang“ als die am besten geeignete Auswertungstiefe und der „Teilvorgang“ als am besten geeignete Beobachtungstiefe für eine detaillierte Betrachtung angesehen.<sup>19</sup>

*„Mit Vorgang wird der Abschnitt eines Arbeitsablaufes bezeichnet, der in der Ausführung an einer Mengeneinheit eines Arbeitsauftrages besteht. Der Vorgang wiederholt sich bei der Ausführung eines Auftrags n-mal. Ein Vorgang besteht im Allgemeinen aus mehreren Teilvorgängen, manchmal aber auch nur aus einer oder mehrerer Vorgangsstufen.“<sup>20</sup>*

Die Prozessschritte der Vorgänge werden auch bei der Berichterstattung der Baustelle als üblicherweise kleinste Einheit erfasst und werden so Grundlage der Nachkalkulation.<sup>21</sup>

*„Teilvorgänge bestehen aus mehreren Vorgangsstufen, die wegen der besseren Überschaubarkeit als Teil der Arbeitsaufgabe zusammengefasst werden.*

Bsp. Beton *mischen*<sup>22</sup>

REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984.

REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 3 Arbeitsgestaltung, Carl-Hanser, München 1984.

<sup>15</sup> Riedinger, Steinmetzger: Rationalisierung im Baubetrieb - Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Thesis, Wissenschaftliche Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, 1/2000. S. 5.

<sup>16</sup> Vgl. Riedinger, Steinmetzger: Rationalisierung im Baubetrieb - Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Thesis, Wissenschaftliche Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, 1/2000. S. 5

<sup>17</sup> Vgl. Riedinger, Steinmetzger: Rationalisierung im Baubetrieb - Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Thesis, Wissenschaftliche Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, 1/2000. S. 5. und vgl. Eder: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung, Masterarbeit TU Graz, 2014.

<sup>18</sup> REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 13f.

<sup>19</sup> Eine detaillierte Beschreibung aller Ablaufabschnitte findet sich in Schlagbauer, D.: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Dissertation TU Graz, Graz 2012 S. 43ff.

<sup>20</sup> REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 15.

<sup>21</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 15.

<sup>22</sup> REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 14f.

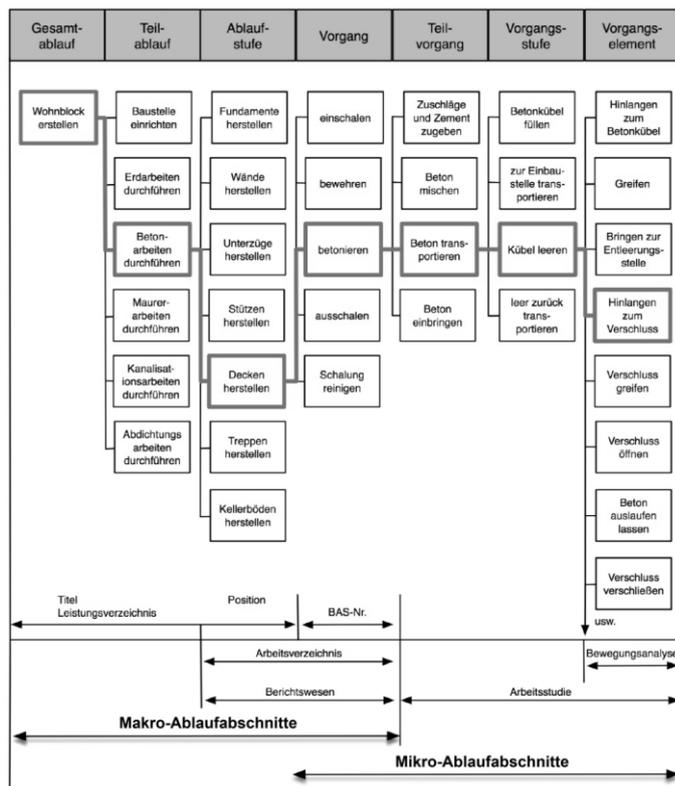


Abbildung 2: Gliederung des Arbeitsablaufs<sup>23</sup>

Teilvorgänge sind Gliederungsteile, die bei Gruppenzeitaufnahmen meist als kleinste Einheit erfasst werden. Da die Arbeiten auf Baustellen sehr oft in Gruppenarbeiten durchgeführt werden, ist die Aufzeichnung von Teilvorgängen ein sehr wichtiges Beobachtungskriterium.<sup>24</sup>

### 2.3. Beobachtungsmethode

Ergänzend zur Wahl der Beobachtungstiefe ist die Festlegung der Beobachtungsmethode erforderlich. REFA unterscheidet zwei grundsätzliche Aufnahmemethoden: (1) die Einzelzeitaufnahme (EZA) als Zeitmessmethode und (2) die Multimomentaufnahme (MMA) als Zählmethode.<sup>25</sup>

#### 2.3.1. Einzelzeitaufnahme (EZA)

Die Einzelzeitaufnahme (EZA) ist eine klassische Zeitmessmethode, bei der für den jeweiligen zu beobachtenden Arbeitsablaufabschnitt (in diesem Fall für einen „Vorgang“ oder „Teilvorgang“) die Zeit gemessen und festgehalten wird. Durch die Zusammenführung aller einzelnen Aufzeichnungen entsteht so ein „Abbild des Beobachtungszeitraums“.<sup>26</sup>

#### 2.3.2. Multimomentaufnahme (MMA)

Die MMA stellt ein Zählverfahren dar, bei dem in bestimmten Intervallen oder zu vorher festgelegten Zeitpunkten der Arbeitsablauf beobachtet wird. Hierbei wird der zum Zeitpunkt der Beobachtung vorgefundene (Teil-) Vorgang festgehalten.<sup>27</sup>

Eine Erfassung der Dauer des jeweiligen Vorgangs wird nicht vorgenommen. Über die Festlegung des Beobachtungsumfangs und der Anzahl der Beobachtungen kann eine

<sup>23</sup> REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 1 Grundlagen, Carl-Hanser, München 1984, S. 58.

<sup>24</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): a.a.O., S. 14f.

<sup>25</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): a.a.O., S. 53f und S. 65f.

<sup>26</sup> Schlagbauer: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Dissertation TU Graz, Graz 2012 S. 43ff.

<sup>27</sup> Schlagbauer: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Dissertation TU Graz, Graz 2012 S. 43ff.

Aussage zum Anteil des jeweiligen Vorgangs an der Gesamtbeobachtung mit entsprechender statistischer Genauigkeit erfolgen.<sup>28</sup>

Ein weiterer Vorteil dieser Beobachtungsmethode ist die gleichzeitige Aufnahme mehrerer Arbeiter ohne den Aufwand für die Datenaufzeichnung wesentlich zu erhöhen.<sup>29</sup>

Bei der MMA werden zwei unterschiedliche Methoden unterschieden:

1. klassische MMA: die Auswahl der Beobachtungszeitpunkte erfolgt zufällig, z.B. mit Hilfe der Stunden-Minuten-Zufallstafeln von REFA<sup>30</sup>
2. systematische MMA: es wird ein fixes Beobachtungsintervall (z.B. 2 Minuten) gewählt.<sup>31</sup>

### 2.3.3. Anwendung der Aufnahmemethoden

Die Einzelzeitaufnahme (EZA) ist dann gut geeignet, wenn nur eine Leistung oder eine Person beobachtet werden soll. Das Ergebnis ist die Messung der jeweiligen Zeitintervalle der Leistungsausführung bzw. der Arbeitseinsatz einer Person.

Bei nur einem Beobachter ist es jedoch nur begrenzt möglich Zeitaufnahmen für mehrere Personen oder Leistungen parallel durchzuführen, da die Gleichzeitigkeiten der Aufzeichnungen hier zu keiner geordneten Aufzeichnung führen.

Da die Arbeit im Bauwesen jedoch zumeist in Gruppen erfolgt, stellt die EZA nur ein bedingt brauchbares und daher sehr selten allein verwendetes Verfahren dar.<sup>32</sup>

Sollen mehrere Personen oder der gesamte Arbeitsablauf eines Arbeitstages festgehalten werden, so ist die Multimomentaufnahme (MMA) die bessere Wahl.

Bisherige Beobachtungen und Auswertungen haben zudem gezeigt, dass eine Kombination der beiden Beobachtungsmethoden zu einer umfassenden Betrachtung der Leistungserbringung führt und den erforderlichen Beobachtungsumfang nicht verändert, lediglich die Möglichkeit zusätzlicher Videoaufzeichnungen ist erforderlich. Hinsichtlich der Anwendung der Aufnahmemethoden wird die MMA direkt vor Ort durchgeführt und die EZA im Nachhinein auf Basis der Videoaufnahmen.

Dies hat den Vorteil, dass die Kamera während der MMA ohne Einfluss auf die Beobachtung bedient werden kann und eine Aufnahme auch bei wechselnden Arbeitsplätzen gut möglich ist. Im Gegenzug profitiert man auch bei der Anwendung EZA von den vorab auszuführenden Auswertungserkenntnissen der MMA, da man sich auf die erkannten Hauptleistungen oder -tätigkeiten bei der EZA fokussieren kann und so eine zielgerichtete Datenerhebung der EZA durchführen kann.

## 2.4. Beobachtungskategorien

Für eine spätere Auswertung nach REFA müssen die beobachteten Vorgänge nach bestimmten Kriterien geclustert werden. REFA bietet eine solche Kategorisierung<sup>33</sup> an, für Verwendung für Baustellenuntersuchungen mit eingegrenztem zu beobachtenden Aufgaben wurden die Definitionen der Unterkategorien abgewandelt. Dies betrifft zum Beispiel die Unterkategorie „Zusätzliche Tätigkeit“, welche nach REFA folgendermaßen definiert ist:

*„Um eine zusätzliche Tätigkeit handelt es sich, wenn deren Vorkommen oder Ablauf nicht vorausbestimmt werden kann.“<sup>34</sup>*

<sup>28</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S.65f.

<sup>29</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S.65f.

<sup>30</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 77.

<sup>31</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 65-86.

<sup>32</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 53f.

<sup>33</sup> Vgl. REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 3 Arbeitsgestaltung, Carl-Hanser, München 1984, S.20ff.

<sup>34</sup> REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): a.a.O., S. 20.

Im Gegensatz dazu wird die Unterkategorie „Zusätzliche Tätigkeit“ im weiterführend wie folgt verstanden:

*„Die Unterkategorie „zusätzliche Tätigkeiten“ umfasst Haupt- und Nebentätigkeiten, die nicht dem eigentlichen Arbeitsauftrag der beobachteten Person entsprechen (z.B. die Kranführertätigkeit eines Maurers).“<sup>35</sup>*

Somit ergeben sich nachfolgende Kategorien:

Tabelle 1: Einteilung der Vorgänge des Arbeitsablaufs nach Schlagbauer<sup>36</sup>

Kategorie [erste Ebene]	Unterkategorie [zweite Ebene]	Beschreibung
„Tätigkeit“		Die Kategorie „Tätigkeit“ umfasst alle durchgeführten Arbeiten, die mit der Leistungserbringung direkt oder indirekt in Verbindung stehen.
	„Haupttätigkeit“	Unter „Haupttätigkeit“ werden alle erhobenen Tätigkeiten zusammengefasst, die der Leistungserbringung einer direkt abrechenbaren Position dienen (z.B. Mauern, Betonieren, Schalung aufstellen, uä.).
	„Nebentätigkeit“	Im Gegensatz zu „Haupttätigkeiten“ können „Nebentätigkeiten“ nicht direkt abgerechnet werden, sondern sind zur Erbringung von „Haupttätigkeiten“ notwendig (z.B. Mörtel mischen, Gerät und Material vorbereiten, uä.).
	„Zusätzliche Tätigkeit“	Die Unterkategorie „zusätzliche Tätigkeiten“ umfasst Haupt- und Nebentätigkeiten, die nicht dem eigentlichen Arbeitsauftrag der beobachteten Person entsprechen (z.B. die Kranführertätigkeit eines Maurers).
„Unterbrechung“	„Ablaufbedingt“	Der Bereich der „Ablaufbedingten Unterbrechungen“ umfasst Pausen, die aufgrund des Bauverfahrens und des Bauablaufs notwendig sind.
	„Störungsbedingt“	„Störungsbedingte Unterbrechungen“ entstehen durch äußere Einwirkungen auf den Bauablauf, wodurch dieser unterbrochen wird.
	„Erholungsbedingt“	„Erholungsbedingte Unterbrechungen“ sind Pausen, die der Bauarbeiter infolge anstrengender Tätigkeiten selbstständig einlegt, einschließlich der vom Arbeitgeber vorgegebenen Vormittags- und Mittagspausen.
	„Persönlich bedingt“	„Persönlich bedingte Unterbrechungen“ entstehen infolge der persönlichen Bedürfnisse des Bauarbeiters, z.B. Rauchen, Toilettengang, Trinken, uä.
„Nicht erkennbar“		In die Kategorie „Nicht erkennbar“ werden jene Beobachtungen eingetragen, bei denen zum Beobachtungszeitpunkt der zu beobachtende Arbeiter nicht im Sichtbereich des Beobachters war und daher keine genaue Aussage über seine verrichtete Tätigkeit gemacht werden konnte.

Durch diese Veränderung in der Klassifizierung ist es möglich, dass im Rahmen der Ablaufbeobachtung stabile Daten für die weitere Anwendung der ausgewerteten Aufwandswerte für die zu erhebenden Bauverfahren zur Verfügung gestellt werden, da gerade die zusätzlichen Tätigkeiten je nach Baustelle und Arbeitsabfolge sowie äußeren Randbedingungen stark variieren können.

<sup>35</sup> Vgl. Schlagbauer: „Arbeitsbelastung und Arbeitsleistungskurven“ - Auswertung empirischer Untersuchungen der Tätigkeiten im Baumeistergewerbe in Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement (Hrsg.): Tagungsband 21. Assistententreffen der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik 2010, Eigenverlag, Wien 2010, S.207-237.

<sup>36</sup> Vgl. Schlagbauer: „Arbeitsbelastung und Arbeitsleistungskurven“ - Auswertung empirischer Untersuchungen der Tätigkeiten im Baumeistergewerbe in Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement (Hrsg.): Tagungsband 21. Assistententreffen der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik 2010, Eigenverlag, Wien 2010, S.207-237.

## 2.5. Weitere mögliche Erhebungsdaten

Neben den Tätigkeiten ist es zudem möglich die Belastungssituation zu messen, dabei kann einerseits die Herzfrequenz des einzelnen beobachteten Arbeiters automatisch aufgezeichnet und im Rahmen der Auswertung den Tätigkeiten zugeordnet werden oder andererseits auch die ergonomische Arbeitsposition anhand eines Formblattes (EAWS)<sup>37</sup> beurteilt werden.

Diese Daten helfen bei der Einschätzung der Arbeitsintensität und der die Leistungsausführung beeinflussenden Randbedingungen und sollten ebenso wie die Temperatur während der Beobachtung festgehalten werden.<sup>38</sup>

## 3. UNTERSUCHUNGSABLAUF

### 3.1. Vorbereitung vor der Untersuchung auf der Baustelle

Im ersten Schritt einer Untersuchung werden Vorgespräche mit den jeweiligen Geschäftsführern bzw. den Firmenchefs geführt. Darauf aufbauend hat es sich als zielführend erweisen Informationsgespräche über den Inhalt und den Ablauf mit den zuständigen Polieren und den Arbeitern vor Ort zu führen, wobei die Datensicherheit und -verwendung sowie die nicht individuellen Beurteilung der Ergebnisse und Darstellung von Unterbrechungen die Hauptthemen der beobachteten Mitarbeiter waren.<sup>39</sup>

Im Zuge der Baustellenbeobachtung sollte die Chance genutzt werden in Form von Gesprächen mit den Bauleitern und den Polieren die „weichen“ Faktoren (Arbeitsklima, Gruppendynamik, Belastungssituation, Zeitstress uä.) beurteilen zu können.

Herstellung Verbindung WHT 340	
Darstellung	Haupttätigkeit
	Bohren des Loches im Beton für das Versetzen der Ankerstange
	Verankern des Klebankers
	Vernageln des Winkels an die BSP-Wand

Abbildung 3: Tätigkeitsbeschreibung mit Foto<sup>40</sup>

<sup>37</sup> Schaub et al., The European Assembly Worksheet; in: Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2013, S.: 616-639.

<sup>38</sup> Anwendung bspw. dargestellt in: Schlagbauer, Ninaus: Leiternfreie Baustelle, BauPortal 03/2016, S.53-57

<sup>39</sup> Zusätzlich wurden nochmals die Richtlinien hinsichtlich der Auswertung der Daten in Bezug auf den Datenschutz dargestellt. Diese Information erfolgte mittels eines eigenen Probandeninformationsblattes, welches in Anlehnung an die Probandeninformationen, die bei Untersuchungen, die durch die Ethikkommission genehmigt werden müssen, zum Einsatz kommen.

<sup>40</sup> Kaiser: Bauablaufanalyse der Verbindungstechnik im Mehrgeschossigen Holzwohnbau mit speziellem Fokus auf die Aufwandsermittlung, Masterprojekt TU Graz, Graz, 2017

Als Zielführend erwies sich zudem eine genaue Kenntnis und Probebeobachtung der zu erhebenden Arbeitsabläufe, eine vorab durchgeführte Baustellenbegehung und die Betrachtung der Pläne des Objektes, die auch für die Leistungsermittlung in der späteren Auswertung erforderlich sind.

Als gute Grundlage, auch für den Fall des Einsatzes unterschiedlicher Beobachter, hat sich die Anfertigung von Fotos und Beschreibungen der Tätigkeiten erwiesen.

### 3.2. Datenerhebungsbogen

Der Datenerhebungsbogen bildet das Grundgerüst der gesamten Untersuchung. In diesem werden Daten direkt auf der Baustelle eingetragen und im Zuge der Auswertung mit weiteren Daten verknüpft.

Der grundsätzliche Aufbau basiert auf den von REFA veröffentlichten MMA-Aufnahmebögen<sup>41</sup>

Das Diagramm zeigt den Aufbau eines leeren Datenerhebungsbogens. Er ist in drei Hauptbereiche unterteilt:

- Grunddaten:** Enthält Felder für Baustelle, Datum, AN-Kürzel, Beginn, Ende und Phase.
- Modul 1: Multi-Moment-Aufnahme:** Ein Zeitstrahl mit 55 Minuten (5-Minuten-Schritte) und Spalten für Haupt- und Nebentätigkeiten sowie Unterbrechungen.
- Modul 3: Wetterdaten:** Enthält Felder für Witterungsbedingungen wie Luftgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Windrichtung, Windstärke, Wolkenverhältnisse und Körperempfindung.

Abbildung 4: Leerer Datenerhebungsbogen<sup>42</sup>

Das Bild zeigt ein handschriftlich ausgefülltes Beispiel für einen Datenerhebungsbogen. Die Daten sind wie folgt:

- Grunddaten:** Baustelle: 30.01.2008; Datum: 30.01.2008; AN-Kürzel: W1202; T11K Nr.: A1; Beginn: 7:00 U; Ende: 12:00 U; Phase: Pause; Ausführung: MUESEN.
- Tätigkeiten:** Haupttätigkeit: Mauern; Nebentätigkeit: Nachrichten Auf. Wegräumen; Vorbereitende Tätigkeiten: Besprechung, Planbespr.
- Wetterdaten:** Luftgeschw. bei Luft: 0; Temp: 3,4; Windrichtung: S; Windstärke: 3; Wolkenverhältnisse: 3/7; Körperempfindung: 3.

Unter dem Bogen sind handschriftliche Notizen zu sehen, die auf die Datenerhebung und die Baustellensituation eingehen.

Abbildung 5: Beispielhaft befüllter Datenerhebungsbogen<sup>43</sup>

Bereits aus diesem Beispiel ist ersichtlich, dass eine gute Vorbereitung aber auch eine rasche Nachbearbeitung der Baustellenbeobachtung erforderlich sind und der dafür erforderliche Zeitaufwand nicht unterschätzt werden sollte, mit entsprechenden Softwarelösungen aber zielgerichtet unterstützt werden kann.

<sup>41</sup> REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): REFA in der Baupraxis; Teil 2 Datenermittlung, Carl-Hanser, München 1984, S. 77.

<sup>42</sup> Schlagbauer: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Dissertation TU Graz, Graz 2012 S. 90

<sup>43</sup> Schlagbauer: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Dissertation TU Graz, Graz 2012 S. 92

Dies zeigt auch die Angabe des Umfanges aus einer Masterarbeit der TU Graz:

*„Die Baustellenaufnahme startete durch den Beobachter bzw. Verfasser am 12.05.2014 und endete am 21.05.2014, wobei die reinen Montagearbeiten des Holzbaus auf der Baustelle erst am 13.05.2014, aufgrund witterungsbedingter schlechter Verhältnisse des Vortages, starteten.*

*Die dabei zusammengetragenen Datenmengen umfassen:*

- je AK und Arbeitstag zwei A3-Blätter zur MMA – gesamt 84 Blätter
- ca. 500 GB Videomaterial“

## 4. Auswertung aktueller Bauvorhaben

Am Beispiel einer Datenerhebung wird die Auswertung der Aufwandswerte beschrieben:

*„Die Grundlage für die Aufwandswernermittlung liefert die Datenstruktur des DEB, aus welchem die einzelnen Datenmengen den vorher festgelegten, zu bestimmenden Aufwandswerten zugeteilt werden. Somit basiert die Auswertung der Aufwandswerte auf einer detaillierten Zusammenstellung der Ergebnisse der Multimomentaufnahme.*

*Anfallende Zeiten aus Tätigkeiten und Ereignissen, die zwar in den einzelnen DEB notiert wurden aber mit der eigentlichen BSP-Montage nicht korrelieren, sind aus den montage-spezifischen Ermittlungen der Aufwandswerte auszugrenzen, wie beispielsweise Mittags-pausen, da sie auf gesetzlichen Regelungen beruhen und auch lohnwirksam sein können.*

*Da diese aber meist außerhalb des Arbeitsgeschehens liegen, sind sie nicht in die Aufwandswernermittlung miteinzubeziehen.*

*Die Aufwandswerte der einzelnen Arbeitsabläufe werden einerseits als  $AW_{netto}$  und  $AW_{brutto}$  ausgegeben, wobei in den  $AW_{netto}$  die tatsächlichen Haupttätigkeiten und in den  $AW_{brutto}$  sowohl die Tätigkeiten, als auch die Unterbrechungen und die vom Beobachter nicht erkennbaren Tätigkeiten jeder einzelnen beschriebenen AW-Position miteinfließen.“<sup>44</sup>*

### 4.1. Auswertung MMA

Aus den Multimomentaufnahmen lassen sich im Zuge der Auswertungen Verteilungen der beobachteten Tätigkeiten und Unterbrechungen ermitteln. Damit können auch die Brutto- und Nettoaufwandswerte bestimmt werden.

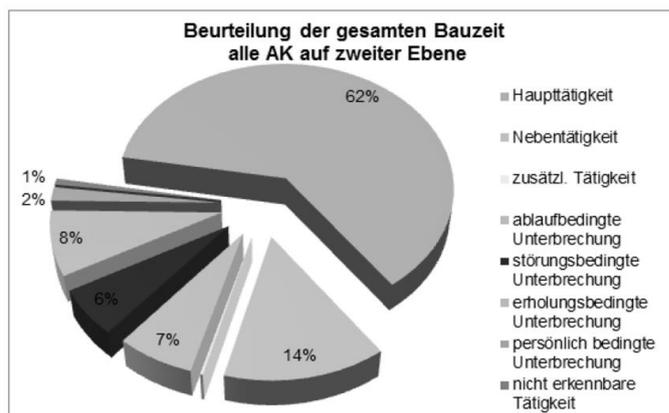


Abbildung 6: Beispielhafte Auswertung der Verteilung von Tätigkeiten und Unterbrechungen<sup>45</sup>

Für die Bestimmung der Aufwandswerte ist zudem die Beschreibung der enthaltenen Arbeitsschritte erforderlich, in diesem Beispiel wurden „Vorgänge“ als kleinste Einheit erhoben und Aufwandswerte für Ablaufstufen gebildet:

<sup>44</sup> Eder: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswernermittlung, Masterarbeit TU Graz, 2014, Seite 159.

<sup>45</sup> Eder: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswernermittlung, Masterarbeit TU Graz, 2014, Seite 172.

AW <sub>i</sub> Position	Beschreibung
1. Stellen der Außenwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anbringung der Anschlagmittel</li> <li>Hebevorgang des BSP-Elementes</li> <li>Positionierung des BSP-Elementes</li> <li>Entfernung der Anschlagmittel</li> </ul>
2. Verschrauben der Außenwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verschraubung AW-AW</li> <li>Verschraubung AW-IW</li> </ul>
3. Stellen der Innenwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anbringung der Anschlagmittel</li> <li>Hebevorgang des BSP-Elementes</li> <li>Positionierung des BSP-Elementes</li> <li>Entfernung der Anschlagmittel</li> </ul>

Abbildung 7: Darstellung der in den Ablaufstufen enthaltenen Vorgänge<sup>46</sup>

Die Auswertung der MMA erfolgt durch Ermittlung der Häufigkeiten der Notierung. Aufbauend darauf kann zudem die Verteilung der einzelnen Notierungen für einzelne Arbeitstage, einzelne Arbeiter über den gesamten Untersuchungszeitraum oder alle Beobachteten Arbeiter über den gesamten Beobachtungszeitraum ausgewertet werden.

Das Ergebnis der Auswertung kann wie in der nachstehenden Abbildung für jede Ablaufstufe detailliert dargestellt werden:

Beurteilung nach REFA						
Wohnanlage						
Tätigkeit: Verschrauben der Außenwand	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	565	9,42	75%	160,86	<b>AW netto</b>	<b>0,06</b>
Nebentätigkeiten +	75	1,25	10%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	50	0,83	7%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	40	0,67	5%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	2%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [Zeit]	190	3,17	25%	160,86	AW zusätzl	0,02
Σ [Zeit] Verschrauben der Außenwand	755	12,58			<b>AW brutto</b>	<b>0,08</b>

Abbildung 8: Aufwandswerte für Verschraubungen<sup>47</sup>

### 4.2. Auswertung EZA

Die Auswertung der EZA liefert je Messung eine Dauer. Da eine einzelne Messung sehr große Abweichungen enthalten kann, sollten die Tätigkeiten, die mittels EZA analysiert werden mehrfach im Beobachtungszeitraum beobachtet werden.

Danach kann über Mittelwertbildung oder andere statistische Methoden zur Bestimmung eines Wertes aus verschiedenen Messergebnissen ein Ergebniswert ermittelt werden.

Beurteilung nach REFA								
1.Obergeschoss								
Tätigkeit: Verbindungsherstellung WHT 340	bohren [min]	verankern [min]	nageln [min]	Σ [min]	Σ [Std]	Stück [Stk]	Mittelwert [Std]	AW [Std/Stk]
Messung 1	3,0256	0,2442	0,2691	3,5389	0,06	1,00	0,0542	0,0542
Messung 2	5,0456	0,2663	0,2825	5,5944	0,09			
Messung 3	1,1746	0,2035	0,2809	1,659	0,03			
Messung 4	3,5146	0,3193	0,2425	4,0764	0,07			
Messung 5	1,2572	0,2683	0,2956	1,8211	0,03			
Messung 6	2,3116	0,2577	0,2646	2,8339	0,05			

Abbildung 9: Aufstellung EZA für eine Verbindungsherstellung<sup>48</sup>

<sup>46</sup> Eder: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswernermittlung, Masterarbeit TU Graz, 2014, Seite 160.

<sup>47</sup> Eder: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswernermittlung, Masterarbeit TU Graz, 2014, Seite 175.

<sup>48</sup> Kaiser: Bauablaufanalyse der Verbindungstechnik im Mehrgeschossigen Holzwohnbau mit speziellem Fokus auf die Aufwandsermittlung, Masterprojekt TU Graz, Graz, 2017

### 4.3. Möglichkeiten der weiteren Auswertungen

Neben der Betrachtung und Anwendung der Einzelergebnisse für nachfolgende Kalkulationen sind Vergleiche zwischen Messreihen gleicher Tätigkeiten mit unterschiedlichen Randbedingungen eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Arbeitsablaufbeobachtung, aus der man im Nachhinein wichtige Informationen zu Auswirkungen äußerer Einflussgrößen aber auch der ablaufbedingten Vorgaben erhalten kann.

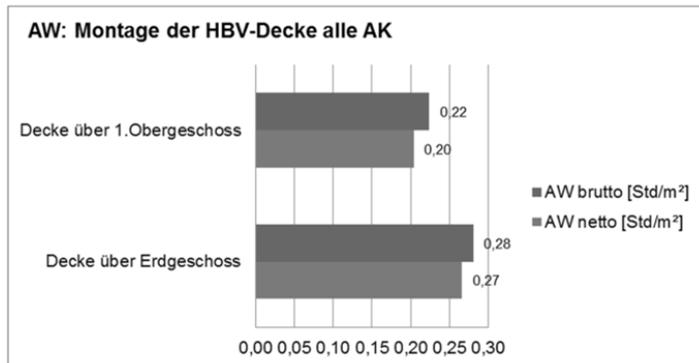


Abbildung 10: Aufwandswerte für Verschraubungen<sup>49</sup>

### 4.4. Anwendung der Ergebnisse im K7-Blatt

Nach erfolgter Arbeitsablaufanalyse können die Ergebnisse im K7-Blatt verwendet werden:

Arbeit: Holzbau			
Versetzen und Montieren inkl. Nacharbeiten			
Aufwandswert AW <sub>Brutto</sub> pro Mann	0,22 Std / m <sup>2</sup>	siehe REFA - Analyse	
Montageteamzusammensetzung 5 Mann (Gesamtaufwandswert)			
K3: Mittellohn	34,8 € / Std		
AW <sub>Brutto</sub> x ML = 0,22 Std / m <sup>2</sup> x 34,8 € / h =			7,76 € / m <sup>2</sup>

Abbildung 11: Ausschnitt K7-Blatt<sup>50</sup>

## 5. Erkenntnisse und Ausblick

Wesentlichste Grundlage für eine exakte und aussagekräftige Datenerfassung ist, dass vor Beginn der Aufnahme mit dem ausführenden Unternehmen ein ausführliches Gespräch über die aufzunehmenden Arbeitsvorgänge und die zu erhebenden Tätigkeiten zu führen und die Tätigkeiten im Einzelnen vorab zu betrachten.

Damit können die Datenerfassungsbögen bestmöglich vorbereitet werden und die Arbeitsschritte mit reduzierten Unklarheiten aufgenommen werden.

Festzuhalten bleibt aber, dass die Beobachtung auf der Baustelle zwar erheblich erleichtert wird, Unklarheiten während und nach der Datenaufzeichnung aber dennoch auftreten kann und wird und es daher auch immer ein Potenzial für Unvorhergesehenes gibt.

Auch die Abstimmung des Beobachtungsintervalls bei MMA und die Anzahl der Wiederholungen der EZA bei gleichen Tätigkeiten beeinflusst die Datenerhebungsqualität. Zudem beeinflussen Beobachtungsdauer und Anzahl auch die statistische Aussagekraft der Ergebnisse bzw. können Ausreißer weniger ins Gewicht fallen.

Für Kalkulationsansätze im Holzbau gibt es aktuell nur wenige, meist firmeninterne Kennzahlen. Dies zeigen auch die in den letzten Jahren beauftragten und zuvor bereits zitierten Untersuchungen im Rahmen von Masterarbeiten oder Projektarbeiten.

<sup>49</sup> Leitenbauer: Kalkulatorischer Verfahrenvergleich und Bauablaufanalyse mit Fokus auf Holz-Beton-Verbunddecken im Geschossholzbau, Masterarbeit, TU GRAZ, Graz 2015, Seite 167

<sup>50</sup> Leitenbauer: Kalkulatorischer Verfahrenvergleich und Bauablaufanalyse mit Fokus auf Holz-Beton-Verbunddecken im Geschossholzbau, Masterarbeit, TU GRAZ, Graz 2015, Seite 191

Die in anderen Baubereichen oft umfangreichen Studien zu Aufwands- und Leistungswerten mit detaillierten Analysen sind im Holzbau in der Praxis daher nicht gegeben.

Produzenten und Montagefirmen im Holzbau kalkulieren derzeit augenscheinlich mit firmeninternen Ansätzen. Diese sind meist nicht öffentlich zugänglich und damit schwer vergleichbar und verwertbar sind.

Ziel einer bauwirtschaftlichen Weiterentwicklung im Holzbau sollte es sein, dass aussagekräftige Richtwerte und Tabellenwerke bezüglich der Aufwandswerte für die Kalkulation von Holzbauten zu schaffen, die es auch dem AG bzw. seinen Konsulenten ermöglicht eine Plausibilisierung der angebotenen Preise vornehmen zu können.

Dafür sind weitere Ablaufanalysen und Arbeitszeitaufzeichnungen von Referenzbauten erforderlich, um so die ermittelten Werte weiter zu plausiblen und letztendlich Standardwerte für die Kalkulation zu generieren.

Auch die kürzlich überarbeitete standardisierte Leistungsbeschreibung für den Holzbau leistet diesbezüglich einen Beitrag, jedoch ist es dafür erforderlich, dass diese in den ausschreibenden und ausführenden Bereichen zum Einsatz kommen und so auch in Holzbauausschreibungen eindeutige, vollständige und neutrale Textierungen verwendet werden. Dies bedeutet eine Effizienzsteigerung auf Seiten der Ausschreibung wie auch bei den anbietenden Unternehmen mit der Anwendungsmöglichkeit einer Standardkalkulation für eine erste Preisermittlung im Zuge der Angebotserstellung.



**Kooperationsmodelle –**  
Möglichkeiten und Herausforderungen  
zukünftiger Zusammenarbeitsformen



# Integrales Planen und Bauen in der Praxis

Elisabeth Aberger  
Direktion Bayern, Ed. Züblin AG  
München, Deutschland





# Integrales Planen und Bauen in der Praxis

## 1. Warum integral Planen und Bauen?

Der Holzbau unterscheidet sich aufgrund der besonderen Eigenschaften des Baustoffes seit jeher vom konventionellen mineralischen Massivbau. Durch die zunehmende Vorfertigung im Holzbau müssen früh grundlegende Entscheidungen getroffen und alle Beteiligten in den Planungsprozess involviert werden, was dem Grundgedanken einer integralen Planung entspricht. Was bedeutet es aber integral zu planen und zu bauen? Wieviel Optimierungspotenzial ergibt sich dabei für den Holzbau und welche Maßnahmen sind notwendig damit der integrale Planungsprozess den linearen konventionellen Prozess ablöst?

### 1.1. Linearer Planungsprozess

Der bislang vorherrschende Planungsprozess im Bauwesen ist ein linearer Prozess, bei dem die einzelnen Planungsphasen nacheinander erfolgen. Die Planung wird in den meisten Fällen durch die Vergabe von der Produktion und der Ausführung getrennt, wodurch das Wissen der ausführenden Firmen nicht in die ersten Planungsphasen einfließen kann.<sup>1</sup>

Durch die Vielzahl an, von verschiedenen Planungsbeteiligten, wie zum Beispiel dem Architekten, dem Tragwerksplaner oder dem Haustechnikplaner, erstellten, Dokumenten, können sich Fehler und Lücken in der Planung ergeben, die in späteren Phasen zu Überarbeitungen und somit zu Mehrkosten, Verzögerungen und im schlechtesten Fall zu möglichen Nachträgen und zu juristischen Aufarbeitungen führen.<sup>2</sup>

Im linearen Planungsprozess werden detaillierte Kostenschätzungen, Energieverbrauchsanalysen oder ausführbare Details erst sehr spät im Planungsverlauf erstellt, oft erst dann, wenn Planungsänderungen nur mit erheblichen Mehrkosten, oder gar nicht mehr umzusetzen sind. Diese Änderungen führen nicht nur zu Mehrkosten und Zeitverzögerungen, sondern auch meist zu Kompromissen im ursprünglichen Entwurf.<sup>3</sup>

Der lineare Planungsverlauf ist gekennzeichnet durch zahlreiche Schnittstellen. An diesen Schnittstellen zwischen den einzelnen Projektphasen werden Informationen an nachfolgende und vorhergehende Fachdisziplinen bzw. Fachplaner oftmals nicht informationsverlustfrei weitergegeben. Dabei treten je nach Projektfortschritt und Komplexität sowie der Anzahl an Beteiligten und der zur Verfügung stehenden Planungszeit vermehrt Informationsverluste auf. Zum einen, weil oft nicht alle Informationen von einem Fachplaner an den nächsten weitergegeben werden, zum anderen durch begrenzt weiterverwendbare Datenformate. Projektwissen geht dabei in großen Mengen verloren und die Chance auf eine optimale Projektabwicklung wird somit minimiert.<sup>4</sup>

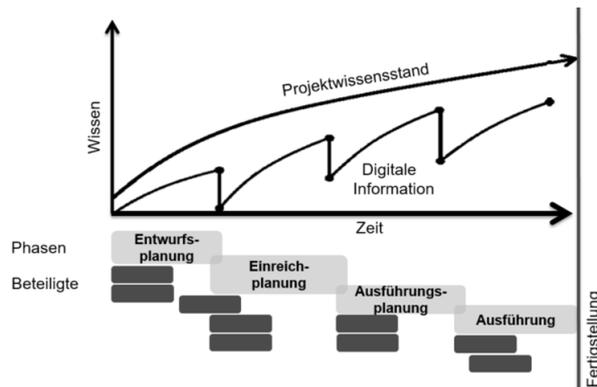
---

<sup>1</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 80, Kapitel 3.1

<sup>2</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 144, Abb. 4-36, Teil 1

<sup>3</sup> EASTMAN, C.: BIM handbook. S. 2

<sup>4</sup> Vgl. BORRMANN, A. et al.: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 3-4

Abbildung 1: Linearer Planungsprozess <sup>5</sup>

## 1.2. Integraler Planungsprozess

Der integrale Planungsprozess findet im Bauwesen aktuell noch selten Anwendung. Im integralen Planungsprozess werden Planungsphasen vorgezogen und finden teilweise parallel statt. Durch eine vorgezogene Vergabe (z.B. Totalunternehmer Vergabe) werden Planung und Ausführung nicht strikt getrennt, wodurch das Wissen der Produkthersteller und der ausführenden Firmen bereits in frühen Planungsphasen in den Planungsprozess miteinbezogen wird. Dadurch entfällt eine Überarbeitung der Entwurfsplanung (Re-Design-Phase) durch die ausführenden Firmen.<sup>6</sup>

Durch die Beratung der ausführenden Firmen schon in den ersten Planungsphasen eines Projektes, wird eine präzise Leistungsbeschreibung erstellt, die später als Basis für den endgültigen Vertragsabschluss dient. Der Bauherr ist an die Firmen, die mit der Beratung beauftragt sind, nicht gebunden, kann sie aber, sofern sie seine Erwartungen erfüllen auch für die Ausführung beauftragen.<sup>7</sup>

Der Bauherr definiert, wie auch im linearen Planungsprozess, im ersten Schritt die Ziele und erstellt ein Bedarfsprogramm für das zu erstellende Bauwerk, das er an die Planer, den Betreiber, die ausführenden Firmen und die Produkthersteller übergibt. Die ausführenden Firmen und die Produkthersteller werden durch eine kooperative Planung sehr früh in den Planungsprozess integriert und können ihr Wissen in das Projekt einfließen lassen.<sup>8</sup>

Diesen kooperativen Gedanken unterstützend bzw. diesem im Bauwesen als neu einzustufenden Ansatz folgend, werden in einem sog. Gebäudeinformationsmodell, auch Building Information Model (kurz: BIM) genannt, alle Informationen über das Bauvorhaben zentral in dreidimensionalen Modellen gespeichert. Das Bauvorhaben wird so vorab virtuell gebaut, bevor es in der Realität zur Umsetzung gelangt. Dies bewirkt einerseits eine Steigerung der Qualität sowie andererseits eine Senkung der Bauzeit und der zugehörigen Kosten für die Umsetzung des Projektes.<sup>9</sup>

Die ausführenden Firmen setzen das bereits virtuell simulierte Bauobjekt im Anschluss an die Planungsphase in ein reales Objekt um und übergeben nach Baufertigstellung die für den Betrieb relevanten Daten für die Bauwerksnutzung an den Betreiber. Durch die zentrale Speicherung der Daten in einem Modell und der daraus resultierenden Minimierung des Informationsverlustes, sowie der vorgezogenen Integration der Planungsbeteiligten und dem Entfall der Re-Design-Phase kommt es diesem Grundgedanken folgend zu einer früheren Fertigstellung des Bauwerks.<sup>10</sup>

<sup>5</sup> Ed. Züblin AG (in Anlehnung an BORRMANN, A. et al. (Hg.): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 3)

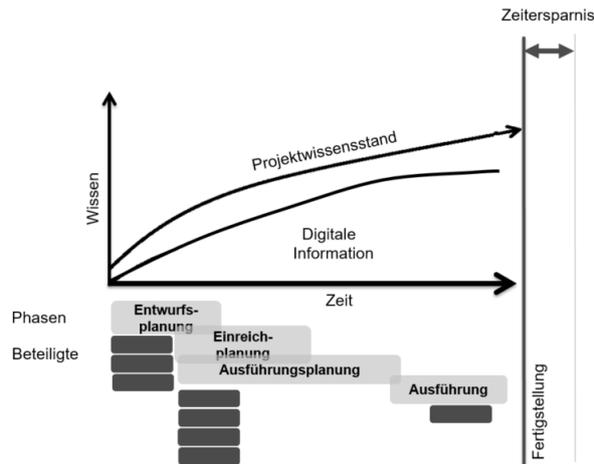
<sup>6</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 145

<sup>7</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 145

<sup>8</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 145

<sup>9</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 145

<sup>10</sup> Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau mit BIM und Lean Management. S. 145

Abbildung 2: Integraler Planungsprozess <sup>11</sup>

Dieser Prozess ist als stark integrativ einzustufen und der Austausch der Daten ist an dieser Stelle modellbasiert. Durch die zentrale Speicherung der Informationen im Modell werden Fehler und Lücken in der Planung reduziert, die sonst üblicherweise zu Mehrkosten, Verzögerungen und zu Nachträgen führen würden. Im integralen Planungsprozess werden detaillierte Kostenschätzungen, Energieverbrauchsanalysen oder ausführbare Details bereits zu einem Zeitpunkt im Planungsverlauf erstellt, zu dem die Planungsänderungen mit geringen Mehrkosten umzusetzen sind. Somit werden Mehrkosten und Zeitverzögerungen, welche üblicherweise auf die Planungsabläufe zurückzuführen wären, teils stark reduziert und eine kompromisslose Umsetzung des Entwurfs gewährleistet. An den Schnittstellen zwischen den einzelnen Projektphasen und Planungsbeteiligten werden Informationen direkt über das Modell an nachfolgende Fachdisziplinen weitergegeben. Informationsverluste werden somit minimiert, die Chancen auf eine optimale Projektabwicklung werden erhöht.<sup>12</sup>

### 1.3. Planungsprozesse im Vergleich

Der im Bauwesen vorherrschende lineare Planungsprozess unterscheidet sich wesentlich vom integralen Planungsprozess. Erfolgen im linearen Planungsprozess die Planungsphasen nacheinander, so werden sie im integralen Planungsprozess vorgezogen und verlaufen parallel, um die einzelnen Planungsbeteiligten frühzeitig in den Prozess zu integrieren.

Das nachfolgende Bild verdeutlicht den Unterschied zwischen dem integralen, BIM-gestützten und dem konventionellen linearen Planungsprozess im Hinblick auf Kosten- und Gestaltungseinflüsse. Der Einfluss auf die Gestaltung und Kosten des Gebäudes ist zu Beginn der Planung am höchsten. Umgekehrt verhält es sich mit den Kosten durch Planänderungen. Die Aufwände für Änderungen in der Planung sind zu Beginn des Planungsprozesses am niedrigsten und steigen zum Ende hin an. Der integrale BIM-gestützte Planungsprozess kann durch die Vorverlagerung der Planungsphasen eine wirtschaftlichere Bearbeitung des Projektes ermöglichen, dadurch dass die Ausarbeitungen durch Miteinbeziehen der anderen Fachplaner bzw. das Know-how der Auftragnehmer abgestimmter und vollständiger sind.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Ed. Züblin AG (in Anlehnung an BORRMANN, A. et al. (Hg.): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 3)

<sup>12</sup> Vgl. EASTMAN, C.: BIM handbook. S. 2

<sup>13</sup> Vgl. BORRMANN, A. et al. (Hg.): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 6 (nach Patrick MacLeamy 2014)

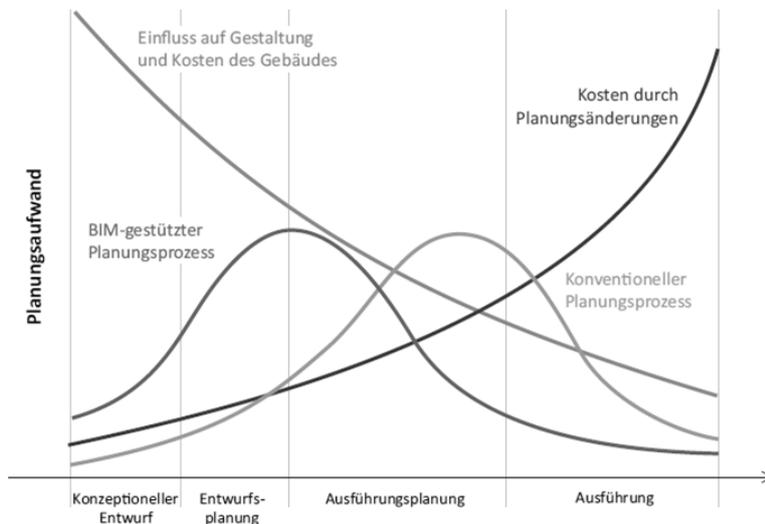


Abbildung 3: Vergleich zwischen konventionellem linearem und integralen BIM-gestützten Planungsprozess<sup>14</sup>

#### 1.4. Methoden der integralen Planung

Der Leitfaden für integrale Planung<sup>15</sup> der Technischen Universität Wien beschreibt ein 3-Säulen-Modell zur Realisierung eines integralen Planungsprozesses. Wie im nachfolgenden Bild dargestellt, kann eine integrale, interdisziplinäre Planung, die auf Kooperation und Kollaboration basiert lediglich durch eine optimale Verknüpfung aller am Planungsprozess Beteiligten (Menschen) und dem Planungsprojekt (Gebäudequalität) durch verschiedene Hilfsmittel (Werkzeugsynapse) realisiert werden. Diese Synapsen sind einerseits soziale Tools, welche die Kommunikation unter den Planungsbeteiligten unterstützen. Dies geschieht bspw. mittels Kick-Off Meetings, Workshops, Kollaborations- und Kommunikationsplattformen, Moderationen und Mediationen. Andererseits stellen computergestützte Werkzeuge diese Synapsen dar, wie zum Beispiel Lebenszyklusanalysen (englisch: Life Cycle Assessment; kurz: LCA), Lebenszykluskostenberechnungen (englisch: Life Cycle Costing; kurz: LCC) oder Gebäudeinformationsmodellierung bzw. Management (englisch: Building Information Modeling bzw. Management; kurz: BIM).<sup>16</sup>

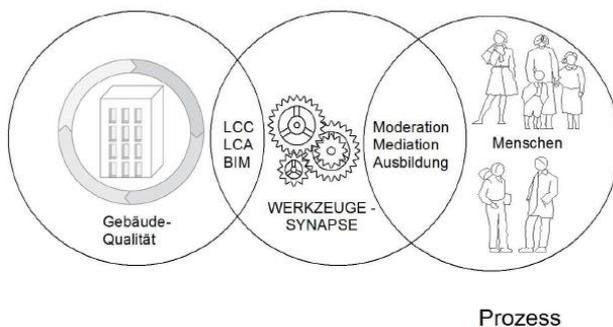


Abbildung 4: 3-Säulen Modell der integralen Planung<sup>17</sup>

Aus der vorangegangenen Grafik wird deutlich, dass BIM lediglich ein Teilbereich des Prozesses einer integralen Planung darstellt und nicht allein, sondern in einer gesamtheitlichen Anwendung der Werkzeuge die Potenziale eines integralen Planungsprozesses ausgeschöpft werden können.

<sup>14</sup> BORRMANN, A. et al. (Hg.): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 6 (nach Patrick MacLeamy 2014)

<sup>15</sup> KOVACIC, I.: Integrale Planung – Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn.

<sup>16</sup> Vgl. KOVACIC, I.: Integrale Planung – Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn. S. 5 - 6

<sup>17</sup> KOVACIC, I.: Integrale Planung – Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn. S. 5

Die im Jahr 2015 in Österreich veröffentlichte ÖNORM A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2“<sup>18</sup> definiert den Begriff Building Information Modeling (BIM Level 3) als folgenden Prozess:

*„Vollständig integraler, gemeinschaftlicher Prozess der Modellierung eines virtuellen Gebäudemodells in Übereinstimmung mit der Ausführung für die Datenpflege über den gesamten Lebenszyklus, in einem gemeinsamen zentralen Datenmodell unter Einarbeitung von Sachdaten für weitere Informationen, die als zusätzliche Dimensionen beschrieben werden.“*<sup>19</sup>

Fälschlicherweise wird BIM oftmals auch ausschließlich auf die 3D-Modellierung reduziert. Aus der Begriffsdefinition der ÖNORM geht jedoch deutlich hervor, dass es vorrangig um die Informationen und deren durchgängige und verlustfreie Verwendung im Lebenszyklus eines Gebäudes geht. Dabei inbegriffen sind einerseits der Entwurf und die Planung sowie andererseits die Ausführung bis hin zur Bewirtschaftung und den Umbau oder Abbruch des Gebäudes.<sup>20</sup>

Die grundlegenden Informationen werden dabei nicht in einzelnen Dateien, wie bspw. Zeichnungen oder Tabellen gespeichert, sondern vollständig in einem digitalen Gebäudeinformationsmodell abgebildet, wodurch eine erneute Eingabe von Informationen und die damit verbundene Fehleranfälligkeit entfallen und die Produktivität und Qualität der Arbeit erheblich gesteigert werden kann.<sup>21</sup>

## 2. Wie viel Optimierungspotenzial ergibt sich für den Holzbau?

Trotz zahlreicher Veröffentlichungen zum Thema integraler Planung und deren Methoden, wie beispielsweise dem Management von Gebäudeinformationen, sind die Informationen über integrales Planen und Bauen in Bezug auf den Holzbau spärlich. Um Einblick in die aktuelle Planungspraxis sowie die Anwendung integraler Planungsprozesse im Holzbau zu erhalten, wurden im Zuge des Masterprojektes „Planungsprozesse im Holzbau“<sup>22</sup> sowie der Diplomarbeit „Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau“<sup>23</sup> Experten aus Praxis und Forschung mittels qualitativen Fragebogen konsultiert, um einen Einblick in die Herausforderungen in der aktuellen Planungspraxis sowie die Anwendung von integralen Planungsmethoden im Holzbau zu erhalten.

Die hohe Beteiligung an der Befragung mit einer Rücklaufquote von 56% lässt darauf schließen, dass der integrale Planungsprozess ein aktuelles und wesentliches Thema derzeit und künftig in der Holzbau-Branche darstellt. Die 34 Teilnehmer der Befragung entstammen den Bereichen der Planung, Ausführung sowie Forschung und Entwicklung, und gehören zu 73% dem KMU-Sektor an. Des Weiteren sind die Befragten vorwiegend im Holzbau tätig und kommen zu 91% aus dem DACH-Raum. Die Experten haben durchschnittlich 15 Jahre Erfahrung in der Planung und Ausführung von Holzbauten sowie im Durchschnitt fünf Jahre Erfahrung mit BIM vorzuweisen. 17% der Befragten im Holzbau haben bereits zwischen 11 und 20 Jahren BIM-Erfahrung.

<sup>18</sup> Austrian Standards Institute, ÖNORM A 6241-2 (2015-07-01): Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM

<sup>19</sup> Vgl. Austrian Standards Institute, ÖNORM A 6241-2 (2015-07-01): Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM. S. 4

<sup>20</sup> Vgl. Austrian Standards Institute, ÖNORM A 6241-2 (2015-07-01): Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 iBIM S. 4

<sup>21</sup> Vgl. BORRMANN, A. et al. (Hg.): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. S. 3

<sup>22</sup> ABERGER, E.: Planungsprozesse im Holzbau. Masterprojekt

<sup>23</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit

## 2.1. Probleme im Planungsprozess im Holzbau

Die Planungsphasen im Holzbau wurden auf das Risiko hinsichtlich der Informationsverluste und Verzögerungen im Planungsverlauf näher untersucht. Die nachfolgende Grafik verdeutlicht, dass die größten Risiken für Informationsverluste an den einzelnen Phasenübergängen zu finden sind. Detailliert betrachtet besteht damit ein Zusammenhang zwischen dem Risiko für Informationsverluste und jenen für Verzögerungen. Beide Risiken treten besonders zwischen der Phase der Ausführungsplanung und der Ausschreibung in den Vordergrund.

In welchen Bereichen sehen Sie das höchste Risiko für einen Informationsverlust von Planungsdaten bzw. für Verzögerungen speziell im Planungsprozess im Holzbau? [n=34]

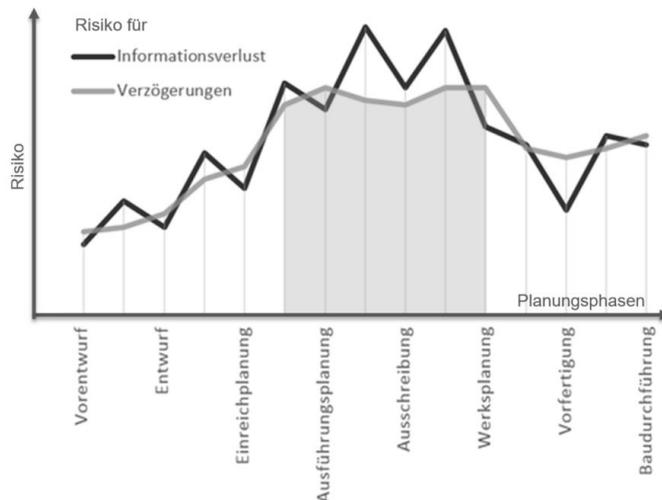


Abbildung 5: Risikobewertung für Informationsverluste von Planungsdaten und für Verzögerungen im Planungsprozess im Holzbau <sup>24</sup>

Um diese Informationsverluste und die damit zusammenhängenden Zeitverzögerungen zu reduzieren müssen die Daten zentral verwaltet werden (beispielsweise durch die Verwendung eines Building Information Models) und die Beteiligten früh in den Planungsprozess integriert werden (Frontloading/Integrale Planung).

Die Befragung der Experten zeigt, dass 56% der Teilnehmer der Ansicht sind, dass Informationsverluste durch eine integrale Planung wesentlich reduziert werden können.

## 2.2. Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau

BIM als eine von vielen Methoden der integralen Planung erfährt aktuell sehr hohes Interesse in der Baubranche. Dennoch ist die Begriffsdefinition bislang sehr unscharf.

Während unter BIM 48% der befragten Teilnehmer die Arbeitsmethode der Gebäudeinformationsmodellierung, das sog. Building Information Modeling verstehen, sehen 30%, vorrangig das Modell bestückt mit Informationen, das sog. Building Information Model und nur 9% das Management von Gebäudeinformationen, das sog. Building Information Management. Fälschlicherweise wird BIM oftmals ausschließlich auf die 3D-Modellierung reduziert. Aus der Begriffsdefinition der ÖNORM geht jedoch deutlich hervor, dass es vorrangig um die Informationen und deren durchgängige und verlustfreie Verwendung im Lebenszyklus eines Gebäudes geht. BIM als das Management von Informationen wird oft vernachlässigt.

<sup>24</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 76, Bild 4.2

Was verstehen Sie unter dem Begriff BIM? [n=23]



Abbildung 6: Definition des Begriffs BIM <sup>25</sup>

Der Einsatz von BIM konzentriert sich aktuell im Holzbau, gemäß den Angaben der Experten, vor allem auf die Phasen zwischen dem Entwurf und den Kostenermittlungsgrundlagen (über 40%). Am geringsten in der Baudurchführung und der Nutzung, wobei gerade hier große Potenziale liegen würden. In Zukunft sollen besonders die Phasen der Ausführungs- und Detailplanung (+50%) sowie die Phasen der Kostenermittlung und der Ablaufplanung (+47%) und der Ausschreibung (+40%) verstärkt BIM-basiert bearbeitet werden.

Setzen Sie aktuell BIM in den Phasen ein bzw. würden Sie BIM gerne zukünftig in diesen Phasen einsetzen?

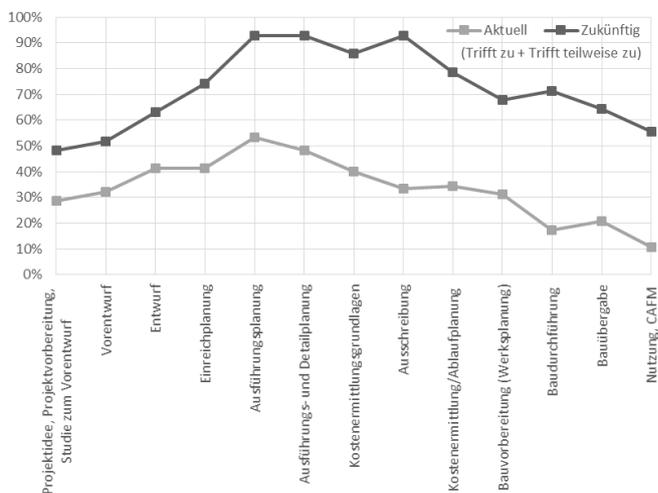


Abbildung 7: Zusammenfassende Darstellung der aktuellen und zukünftig geplanten BIM Anwendung in den einzelnen Planungsphasen <sup>26</sup>

### 2.3. Potenziale und Hemmnisse von BIM im Holzbau

Das größte Potenzial in der Anwendung von BIM sehen 78% der befragten Experten in der erhöhten Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Planungsinformationen. Während 59% der Experten eine Steigerung der Planungsqualität als große Chance für die Bauwirtschaft empfinden, um die Gewinnmarge zu erhöhen, sehen 58% eine exakte Mengenermittlung und umfassende Kostenschätzung sowie eine Steigerung der Planungsqualität als großes Potenzial an.

Welche der folgenden Punkte schätzen Sie als die größten Potenziale in der Anwendung von BIM? [n=34]

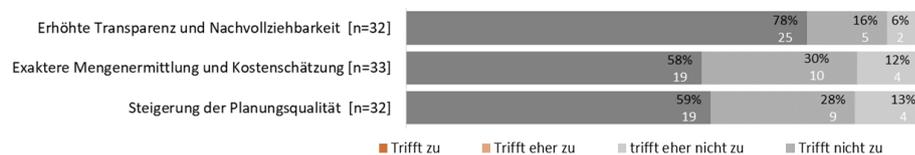


Abbildung 8: Potenziale in der Anwendung von BIM <sup>27</sup>

<sup>25</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 98, Bild 5.16

<sup>26</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 126, Bild 5.55

<sup>27</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 127, Bild 5.56

Die Vorteile von BIM sind nach Einschätzung der Experten am besten im Bürobau und im Industrie- und Gewerbebau nutzbar. Jeweils 72% der Experten sehen an dieser Stelle das größte Potenzial einer BIM-Anwendung, gefolgt von 71% bei öffentlichen Bauten und 66% bei mehrgeschossigen Wohnbauten. Nach Ansicht der Experten stellen die Komplexität und die Größe, sowie eine Replikation der Projekte wesentliche Faktoren für eine Entscheidung für die Anwendung von BIM dar.

In welchem Bereich sehen Sie das größte Potenzial von BIM im Holzbau?

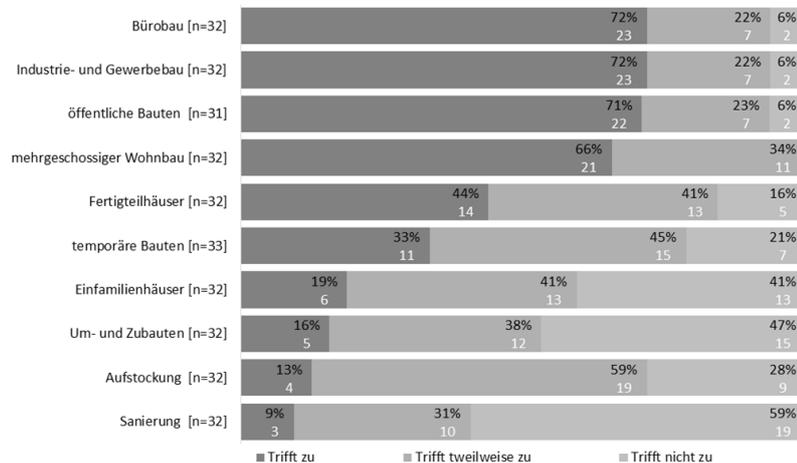


Abbildung 9: Potenziale in den einzelnen Bereichen der Bauindustrie <sup>28</sup>

Den Potenzialen stehen ebenso Hemmnisse gegenüber. 52% der befragten Experten sehen das fehlende fachkundige Personal in der Planung und Ausführung und 50% die fehlenden verbindlichen Richtlinien als die größten Hemmnisse in der Anwendung von BIM. Ebenso erkennen 47% der Befragten die fehlende Vergütung und unzureichende Vertragsgestaltung als besonderes Hindernis an.

Welche sehen Sie als die größten Hemmnisse gegenüber der Anwendung von BIM?



Abbildung 10: Hemmnisse in der Anwendung von BIM <sup>29</sup>

## 2.4. Vergleichende Betrachtung

Die Ergebnisse der Expertenbefragung im Holzbau wurden mit Studien im Bauwesen allgemein verglichen. Als Grundlage für den Vergleich dienten die vom Fraunhofer-Institut im Jahr 2015 durchgeführte BIM-Studie „Digitale Planungs- und Fertigungsmethoden“ <sup>30</sup> und das im Jahr 2017 veröffentlichte Digitalisierungsbarometer <sup>31</sup> der Hochschule Luzern.

Als gängigste Planungsmethode im Holzbau wird aktuell von 81% der Befragten die 3D-Modellierung eingesetzt. Das entspricht einer 25% höheren Anwendung als jener im Bauwesen allgemein, in welcher aktuell 2D-Zeichnungen als die gängigste Planungsmethode vorherrscht. Des Weiteren wird eine parametrische Modellierung im Holzbau von 28% der Befragten eingesetzt, was einer fast fünfmal so häufigen Anwendung im Vergleich zum Bauwesen allgemein entspricht.

<sup>28</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 128, Bild 5.57

<sup>29</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 130, Bild 5.59

<sup>30</sup> Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation: Digitale Planungs- und Fertigungsmethoden. Ergebnisse der BIM-Studie für Planer und Ausführende

<sup>31</sup> SCHMIDIGER, M.; KOVACIC, I.; PETZOLD, F.: Digitalisierungsbarometer 2017. Die Immobilienbranche im digitalen Wandel

Die BIM-Anwendung im Holzbau ist im Vergleich zum Bauwesen allgemein derzeit gemäß den Untersuchungen höher. Während im Holzbau 50% aller Projekte zumindest teilweise BIM-basiert umgesetzt werden, sind es im Bauwesen allgemein lediglich 35%. Obwohl zwischen den Untersuchungen eineinhalb Jahre liegen, ist festzustellen, dass BIM-gestützte Prozesse im Holzbau bereits länger angewendet werden und deshalb weiterverbreitet sind.

Die Aufbereitung der Daten für die Fertigung erfolgt im Holzbau am häufigsten durch den direkten Import von 3D-Daten (48%) oder durch eine Konvertierung der Daten für die eigentliche Anlage (33%). Diese Methoden werden im Bauwesen allgemein vergleichsweise wenig angewandt (13 bzw. 5%). An dieser Stelle herrscht derzeit die Erstellung neuer Modelle (29%) vor, gefolgt von der Verwendung analoger Pläne für die Fertigung (23%). Generell ist die Anwendung digitaler Planungs- und Fertigungsmethoden im Holzbau weiterverbreitet als im Bauwesen allgemein.

Im Vergleich zum Bauwesen allgemein herrscht im Holzbau ein hoher Anteil an IFC als Datenaustauschformat vor. Fast zehnmal öfter wird im Vergleich zum Bauwesen allgemein im Holzbau IFC als Format des Austausches verwendet. Die am häufigsten verwendeten Austauschformate sind bei den unterschiedlichen Bauweisen jedoch deckungsgleich. So werden im Bauwesen allgemein und im Holzbau meist Dateien in PDF-, DWG-, DXF- und Office-Formaten ausgetauscht. Auftretende Schnittstellenprobleme im Zusammenhang mit dem Datenaustausch werden im Holzbau kritischer gesehen als im Bauwesen allgemein. Während fast ein Drittel der Befragten im Bauwesen allgemein keine Schnittstellenprobleme feststellen, sind es im Holzbau lediglich 2%. Besonders die Schnittstelle zur Fertigung sieht ein Drittel der Befragten im Holzbau als besonders problematisch an. Im Bauwesen allgemein stellen dies lediglich 7% der Befragten fest. Die größten Probleme werden im Bauwesen allgemein, wie auch im Holzbau, in den unterschiedlichen Software-Standards und den fehlenden Austauschformaten gesehen.

Generell ist im Holzbau eine positive Stimmung gegenüber integralen Prozessen festzustellen. 21% der Teilnehmer sind der Ansicht, dass sich der integrale Planungsprozess in den nächsten 2 bis 5 Jahren durchsetzen wird. 45% der Experten denken, dass dies in 5 bis 10 Jahren und 24%, dass es in 10 bis 15 Jahren der Fall sein wird. Jeweils 3% der Befragten sind der Ansicht, dass es 15 bis 20 Jahre bzw. mehr als 20 Jahre dauern wird oder auch nie stattfinden wird. 88% der Experten stehen der Entwicklung des integralen Planungsprozesses jedoch positiv gegenüber und rechnen mit einer Etablierung innerhalb der nächsten 15 Jahre.

Wann glauben Sie wird sich der integrale Planungsprozess gegenüber dem linearen Planungsprozess durchgesetzt haben? [n=33]



Abbildung 11: Einschätzung der Dauer bis zur Durchsetzung des integralen Planungsprozesses gegenüber dem linearen Planungsprozess<sup>32</sup>

### 3. Case Study: Wie plant und baut die Züblin integral?

Seit mehr als 20 Jahren entwickelt Züblin eine Partnering-Methode, genannt teamconcept, die den Erfolg zur gemeinsamen Sache macht. Sie standardisiert die Bedingungen für gelingende Kooperation – ohne „Hidden Agendas“. teamconcept ist dazu da, fairer und aufrichtiger Zusammenarbeit Tür und Tor zu öffnen.

<sup>32</sup> ABERGER, E.: Building Information Modeling als Methode des integralen Planungsprozesses im Holzbau. Masterarbeit S. 140, Bild 5.65

### 3.1. Grundsätze des teamconcept

teamconcept ist eine Partnering-Methode mit dem Ziel, komplexe Bauprojekte stressfreier, verbindlich und partnerschaftlich umzusetzen. Dafür werden die Interessen aller Projektbeteiligten schon von Beginn an einbezogen. Klare Rahmenbedingungen, verbindliche Spielregeln und gemeinsame Ziele schaffen Sicherheit und sorgen dafür, die Kosten und Termine gemeinsam unter Kontrolle zu halten.

Als zweistufiges Modell mit Preconstruction- und Construction Phase deckt das teamconcept den Zyklus von Planung, Optimierung des Bausolls und Bauvorbereitung über Bauausführung bis zur Übergabe integral ab.

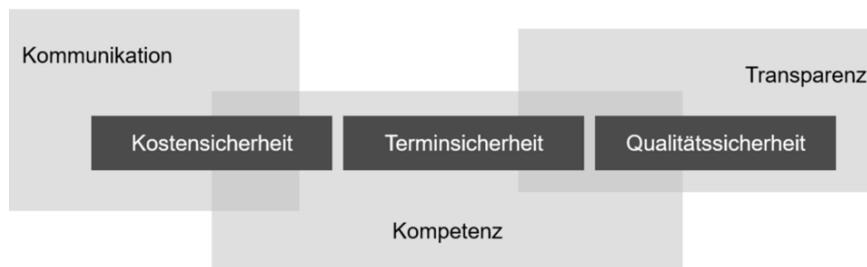


Abbildung 12: teamconcept Prinzipien <sup>33</sup>

Komplexe Bauvorhaben in ein schlüssiges Projekt zu übersetzen, ist nur die halbe Miete – die Pflicht sozusagen. Die Kür besteht darin, sämtliche Prozesse erstens gelingen zu lassen und zweitens reibungslos zu verbinden. Um dieses Ziel zu erreichen, sichert teamconcept den Weg dorthin dreifach ab:

#### 1. Frühe Einbindung aller relevanten Kompetenzen

Im teamconcept kooperieren alle maßgeblichen Akteurinnen und Akteure von Anfang an. So werden entscheidende Optimierungschancen rechtzeitig erkannt und wirken sich bestmöglich auf die Wertschöpfung des Kunden, Kosten und Termine aus.

#### 2. Erfolgskritische Prozesse des Projekts klar identifizieren und definieren

Mit maßgeschneiderten Hilfsmitteln (sog. open tools) verfügt teamconcept über einen flexiblen „Werkzeugkasten“. Seine Modularität stellt sicher, dass erfolgreiche Prozessverläufe optimal planbar sind.

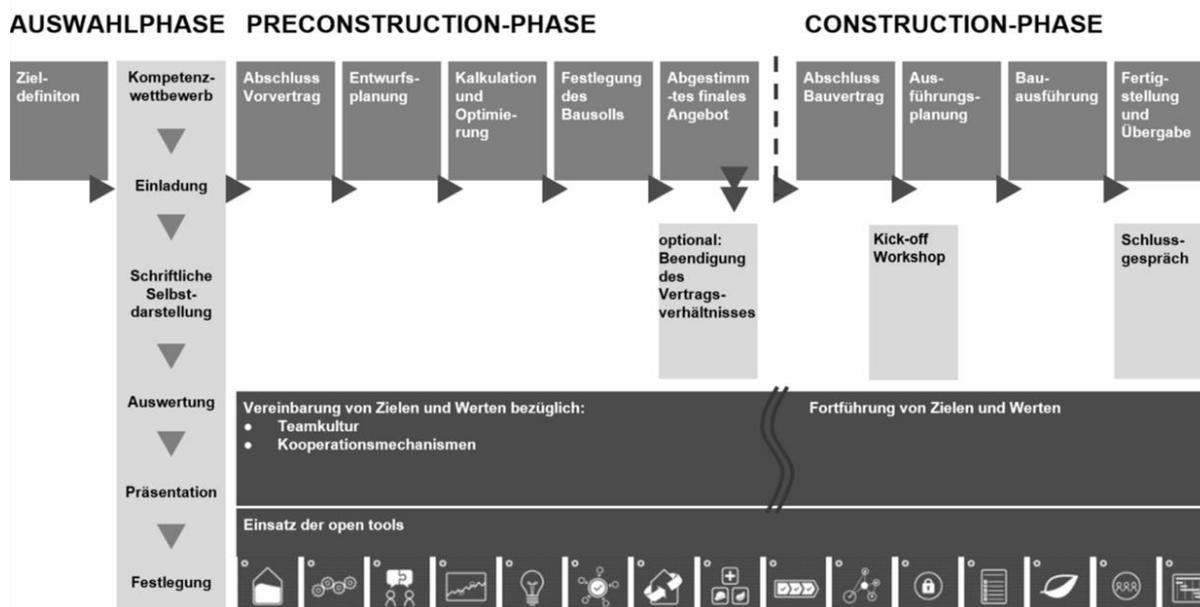
#### 3. Vertrauensvolle Kommunikation und uneingeschränkte Transparenz

Verbindliche Regeln und verlässliche Prozesse sind unverzichtbar – aber es braucht das Team, das sie engagiert umsetzt. Teambildungs-Maßnahmen sind fester Bestandteil aller teamconcept-Projekte.

### 3.2. Anwendung teamconcept

Das teamconcept ist in der Praxis ein zweistufiges Vertragsmodell mit einer Preconstruction-Phase und der folgenden Construction-Phase.

<sup>33</sup> <http://www.zueblin-teamconcept.de>

Abbildung 13: teamconcept Phasen <sup>34</sup>

In der Auswahlphase initiiert der Auftraggeber einen Kompetenzwettbewerb nach seinen festgelegten Kriterien. Er lädt potentielle Unternehmen ein, an diesem Wettbewerb teilzunehmen. Während in Skandinavien ein schriftlicher Wettbewerbsbeitrag üblich ist, werden im deutschsprachigen Raum überwiegend Präsentationsgespräche mit den Unternehmen geführt. Im Gegensatz zum Preiswettbewerb zieht der Auftraggeber mehrere Wertungskriterien zur Auswahl heran. Die persönliche Präsentation der Unternehmen entscheidet maßgeblich über den Erfolg, sodass preisliche Komponenten im Auswahlverfahren eine untergeordnete bis gar keine Rolle spielen. Der Auftraggeber wählt am Ende aus mehreren Bewerbern den am besten geeigneten Bauunternehmer aus. Die Preconstruction-Phase beginnt.

In der Preconstruction-Phase liegt der Schwerpunkt auf der Definition des Bausolls, die mit Planungsworkshops und Optimierungen einhergeht. Optimierungen bedeuten dabei nicht nur, Kosten einzusparen, sondern auch Lösungen zu suchen, die dem Kunden höhere Erträge bei vertretbaren Mehraufwendungen sichern. Transparente Prozesse der Kalkulation und Terminplanung unterstreichen den open-book-Charakter. Die vertragliche Vereinbarung zur Preconstruction-Phase bildet den Rahmen der Zusammenarbeit und bietet beiden Vertragsparteien eine Ausstiegsoption. Neben der gemeinsamen Bausoll-Definition werden Mechanismen der Konfliktregelung für die Construction-Phase vereinbart. Preconstruction-Phasen dauern im Regelfall 6-12 Monate.

In der Construction-Phase erfolgt die Realisierung des Projekts unter den gemeinsam vereinbarten Bedingungen. Der Auftraggeber kann dabei zwischen verschiedenen Vergütungsmodellen wählen. teamconcept setzt nicht zwingend ein GMP-Modell (Garantierter Maximalpreis) voraus. Kick-off Workshops lassen das Team enger zusammenwachsen. Schwerpunkt der Construction-Phase ist neben der Ausführungsplanung die Bauausführung.

### 3.3. open tools

Auf der Grundlage erfolgreicher teamconcept-Praxis wurden verschiedene Werkzeuge (sog. open tools) entwickelt. Die 15 open tools beschreiben das Leistungsbild von ZÜBLIN für den Kunden und die gemeinsame Zusammenarbeit in Preconstruction- und Construction-Phase. Sie definieren eindeutig und transparent, welche Verfahren zu optimalen Ergebnissen führen. Dabei sind sie in der Anwendung flexibel und nicht auf eine Vorgehensweise beschränkt.

<sup>34</sup> <http://www.zueblin-teamconcept.de>

Abbildung 14: open tools <sup>35</sup>

Beispielhaft werden im Weiteren die drei Tools Collaboration, Risk Management und Building Information Modeling näher beschrieben.

**Collaboration** (engl. für Zusammenarbeit) beschreibt die gemeinsame Zusammenarbeit auf webbasierten Dokumentenmanagementsystemen. Ziel ist die lückenlose Projektdokumentation und die Organisation von Entscheidungen mit Hilfe von Workflows. E-Mails beispielsweise werden in den dazugehörigen Prozess überführt. Das vermeidet die übliche Doppelablage von Dokumenten und spart Projektkosten. Das Einbetten von Dokumenten in Prozesse und vordefinierte Workflows bietet nicht nur verständliche Arbeitsstrukturen für den Ersteller, sondern auch umfassende Informationen über den Status des Prozesses, Verantwortlichkeiten und zugehörige Fristen. Es vereinfacht Entscheidungen und Ergebnisse durch eine verlässliche, durchgängige und übersichtliche Projektdokumentation. Die Nachverfolgbarkeit aller Vorgänge bietet ein hohes Maß an Transparenz für alle Beteiligten und sichert gleichzeitig Vertraulichkeit. Die Werkzeuge nutzen bewährte Instrumente, um alle Kommunikations-, Dokumentations- und Archivierungsanforderungen eines Projektes zu erfüllen. Das Ergebnis ist ein effizienteres Handeln aller Beteiligten, geringere Kosten, verminderter Zeitaufwand und lückenloser Informationsfluss.

**Risk Management** bietet ein besonders präzises und seit Jahren bewährtes Instrumentarium, um Chancen aktiv zu verfolgen und den Einfluss störender Faktoren möglichst gering zu halten. Die Hauptpfeiler des C&R-Managements bestehen darin, alle am Planungs- und Bauprozess Beteiligten in das System einzubeziehen, alle Chancen und Risiken zu identifizieren und zu bewerten sowie entsprechende Maßnahmen zur Realisierung von Chancen bzw. Minimierung von Risiken zu entwickeln.

**Building Information Modeling (kurz:BIM)** ist ein Prozess, der die modellbasierte Sicherung der Baubarkeit, sowie die optimale Steuerung der Planungs- und Bauprozesse zum Ziel hat. Diese Optimierung wird erreicht durch die Verwendung von 5D®-Modellen von der Planung bis zur Dokumentation. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis der Kundenanforderungen (AIA), ein darauf basierender BIM-Abwicklungsplan sowie geeignete Hard- und Software. Die intensive Abstimmung der Schnittstellen zwischen den Planungsbeteiligten wird durch das BIM-Management wahrgenommen.

### 3.4. Vertragsmodelle

Während der Preconstruction-Phase regelt die teamconcept-Vereinbarung die Zusammenarbeit der Beteiligten. Wesentliche Leistungen sind die transparente und verbindliche Kostenermittlung, Terminplanung, Baustelleneinrichtungs- und Logistikplanung sowie die Optimierung des Projekts und seiner Planung. Das Bausoll wird gemeinsam von Bauherrenseite, Planenden und ZÜBLIN erarbeitet und festgelegt. Die teamconcept-Vereinbarung bildet die Grundlage für die spätere Beauftragung mit der Projektrealisierung. Die Vergütung der Preconstruction-Phase erfolgt i. d. R. pauschal.

<sup>35</sup> <http://www.zueblin-teamconcept.de>

Im Project Alliancing wird die Leistungsbeschreibung gemeinsam von Bauherrenseite, Planenden und ZÜBLIN erarbeitet. Die Vergütung erfolgt im open book-Verfahren als gemeinsames Vergütungssystem für alle. Bonus-Malus-Regelungen beeinflussen die Vergütung auf Basis des tatsächlich erbrachten Nutzens. Die umfassende Transparenz fördert das Engagement aller Beteiligten im Sinne von „best for project“-Entscheidungen.

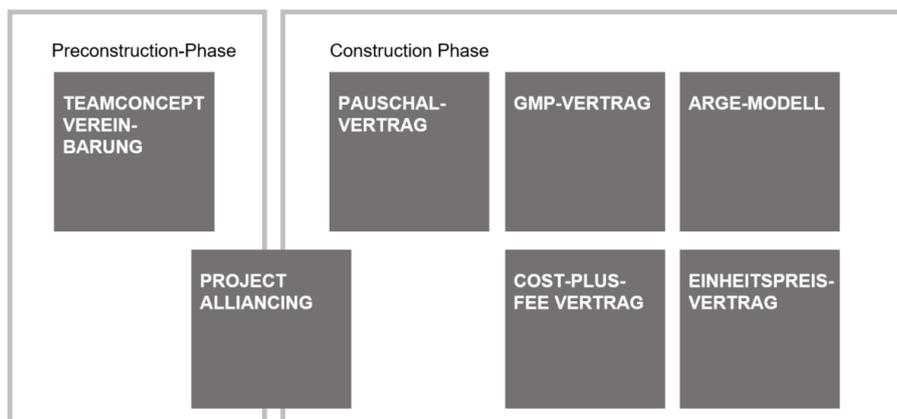


Abbildung 15: Vertragsmodelle <sup>36</sup>

Für die Construction-Phase bieten sich verschiedene Vergütungsmodelle an. Neben dem Pauschalvertrag, dem ARGE-Vertrag und dem Einheitspreis-Vertrag, eignet sich besonders ein Garantierter Maximalpreis-Vertrag (kurz GMP) sowie ein Cost-plus-Fee-Vertrag. Der GMP-Vertrag beispielsweise gewährleistet hohe Transparenz und Variabilität und wird von Kunden aktiv nachgefragt. Abgerechnet wird durch den Nachweis der bezuschlagten, nach oben gedeckelten Herstellkosten. Unterschreitungen des garantierten Maximalpreises kommen beiden Partnern zugute. Das schafft Anreize zur Kostenoptimierung auf beiden Seiten. Diese können durch gemeinsame Nachunternehmervergaben im open book-Verfahren realisiert werden. Das setzt eine aktive Rolle des Auftraggebers und die Mitwirkung an den Vergaben voraus. Als Vertragsbasis fungiert beim GMP-Vertrag das Leistungsverzeichnis oder eine funktionale Leistungsbeschreibung.

Beim Cost-plus-Fee Vertragsmodell ist das offengelegte Kalkulationsleistungsverzeichnis Grundlage der Leistungserbringung. Ihr Umfang kann während der Ausführung flexibel angepasst werden. Die Nachunternehmervergaben erfolgen gemeinsam im open book-Verfahren. Die hohe Kostentransparenz des Vertragsmodells ermöglicht einen zügigen Projektbeginn mit wenig Vorlauf. Die Vergütung erfolgt auf Basis nachgewiesener Herstellkosten zzgl. Generalunternehmerzuschlag (Fee). Das Vertragsmodell eignet sich gut für Umbaumaßnahmen, wo das Bausoll vorab nicht endgültig feststeht.

Die teamconcept Vertragsmodelle bieten ein breites Spektrum an Vergütungsmodellen, für die wir überwiegend Referenzen vorweisen können. Sie orientieren sich dabei am Kundenbedürfnis: hohe Flexibilität, weitgehende Begleitung des Vergabeprozesses oder frühzeitiger Kostensicherheit. Sie unterstützen die zielgerechte und lösungsorientierte Kooperation und ergänzen unsere Partnering-Methode, integral zu planen und zu bauen.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Für die weitere Entwicklung einer integralen Planung sind in der Baubranche treibende Kräfte erkennbar. Im Weiteren werden die Probleme und Potenziale integraler Planungsprozesse eruiert und im Anschluss Handlungsfelder und Maßnahmen für eine erfolgreiche Implementierung definiert.

<sup>36</sup> <http://www.zueblin-teamconcept.de>

## 4.1. Probleme und Potenziale

Der Planungsprozess im Holzbau, wie auch im Bauwesen allgemein ist geprägt von hohen Risiken für Informationsverluste und Verzögerungen im Planungs- und Bauverlauf. Diesen Risiken würden eine integrale Planung und die Anwendung von BIM entgegenwirken, allerdings sind die Kenntnisse und die Erfahrungen im Bereich integraler Prozesse im Bauwesen bislang sehr gering.

Durch eine ausschließliche Änderung der Werkzeuge und einer Beibehaltung der konventionellen Prozesse kann gemäß den Untersuchungsergebnissen die erhoffte Optimierung nicht stattfinden. Wird weiterhin in konventionellen linearen Planungsprozessen gearbeitet und daran festgehalten, dass durch die Einführung neuer Werkzeuge eine Reduktion der Planungszeit und eine Erhöhung der Planungsqualität stattfindet, wird die Enttäuschung aufgrund der nicht eintretenden Erwartungen groß sein. Planungsaufwände, besonders zu Projektbeginn, werden sich weiterhin erhöhen und erhoffte Mehrwerte werden ausbleiben. Erst wenn von den Beteiligten verstanden wird, dass Methoden wie BIM lediglich in Kombination mit einem integralen Planungsprozess gewinnbringend eingesetzt werden können, können die Potenziale vollständig ausgeschöpft werden.

## 4.2. Handlungsfelder und Maßnahmen

Die sich aus der Analyse der Probleme ergebenden Handlungsfelder können in die drei Bereiche Aufklärung, Aus- und Weiterbildung und Standardisierung unterteilt werden, die nach Einschätzung der Experten, jeweils unterschiedliche Maßnahmen fordern.

Integral zu planen bedeutet eine Änderung in den Vertragsgestaltungen, ein gemeinschaftliches Planen von Anbeginn des Projektes sowie eine Einbeziehung aller Planungsbeteiligten in den ersten Phasen. Dies bedarf eines Kulturwandels im Bauwesen, eines Umdenkens der Bauherren im Sinne der Bereitschaft, Entscheidungen frühzeitig zu treffen und einer kooperativen Grundeinstellung von Seiten aller in der Planung und Ausführung Beteiligten. Durch eine gezielte Aufklärung soll das Grundwissen über integrale Planungsprozesse bei den Bauherren und den Planern verbreitet werden um dadurch eine Akzeptanz für die neuen Prozesse zu schaffen.

Die Aus- und Weiterbildung der Planungsbeteiligten stellt dabei eine wesentliche Optimierungsmöglichkeit dar. In der Ausbildung aller am Bau Beteiligten müssen die Methoden der integralen Planung insofern eingebunden werden, sodass die Kommunikations- und Planungswerkzeuge beherrscht werden, um Informationsverluste im Planungsverlauf weitestgehend zu minimieren und eine gemeinschaftliche Arbeitsweise innerhalb des Projektes zu ermöglichen. Um dabei Verständnis für die jeweils anderen Bereiche bzw. Branchen zu schaffen und so eine zukünftige gemeinschaftliche Projektzusammenarbeit zu fördern, sollten im Zuge der Fachausbildungen verstärkt fachbereichsübergreifende Projekte Einzug in den Lehrplan der Aus- und Weiterbildungsstätten erhalten. Methoden des integralen Planungsprozesses sollten dabei nicht als separate Fächer gelehrt, sondern als übergreifende Disziplinen in allen Fächern integriert werden. Zusätzlich sollten holzbauspezifische Themen künftig vermehrt in die Ausbildung der einzelnen Fachplaner eingebunden werden.

Das Handlungsfeld der Standardisierung fordert Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen. Auf Planungsprozessebene müssen baustoff-spezifische integrale Planungsprozesse entwickelt werden, sowie Klarheit über die Zuständigkeiten im Planungsablauf geschaffen werden. Des Weiteren sind eine Beschreibung der Bearbeitungstiefen und der Detaillierungsgrade sowie die Schaffung von vertraglichen Grundlagen und verbindlichen Richtlinien essentiell.

Zusätzlich zur Anpassung der Ausbildung und einer Standardisierung auf Planungsprozessebene ist eine Normierung auf Produkt- und Bausystemebene zwingend erforderlich. Optimierungsmöglichkeiten werden an dieser Stelle im Besonderen in der Standardisierung von Bauteilen sowie im Ausbau der Attributdefinitionen für Holzbauprodukte im sog. ASI-Merkmalserver gesehen. Erst durch diese Maßnahmen kann die Komplexität der Planung künftig bearbeitbar und damit eine einheitliche Sprache geschaffen werden.

Auf Softwareebene müssen die Datenschnittstellen ausgebaut werden. Das Arbeiten in Open-BIM-Umgebungen muss künftig eine hürdenfreie Option der Zusammenarbeit bilden. Das Austauschformat IFC muss dafür weiter ausgebaut und unmissverständliche Modellierleitfäden erstellt werden.

### **4.3. Ausblick und Resümee**

Die zahlreichen Entwicklungen der letzten Jahre im modernen Holzbau bewirken, dass heute vermehrt mit Holz gebaut wird. Neue Möglichkeiten im Bereich der Konstruktion und Vorfertigung machen den Baustoff Holz neben seinen ressourcenschonenden Eigenschaften zu einem immer beliebter werdenden und immer häufiger eingesetzten Baumaterial.<sup>37</sup>

Durch die stetig steigende Vorfertigung und den Einsatz digitaler Fertigungsmethoden im Holzbau haben sich in den vergangenen Jahren die Baustellenprozesse wesentlich geändert. Ebenso müssen sich daher durch den Einsatz neuer digitaler Planungsmethoden zwangsläufig auch die Planungsprozesse ändern. Die Potenziale digitaler Methoden in der Planung können nicht vollständig ausgeschöpft werden, solange die konventionellen Planungsprozesse beibehalten und lediglich die Werkzeuge hierfür ausgetauscht werden.

Integrale Prozesse müssen hierfür erst definiert und damit einhergehend vertragliche Grundlagen sowie verbindliche Richtlinien geschaffen werden. Ob der integrale Planungsprozess den linearen gänzlich ablösen wird, gilt es abzuwarten. Die befragten Experten im Holzbau sind der Ansicht, dass dieser Wandel bereits innerhalb der nächsten 15 Jahre stattfinden wird. Dem gegenüber stehen die schwer veränderbaren Strukturen der allgemeinen Baubranche sowie die zum Großteil fehlende Bereitschaft für Veränderungen auf Seiten zahlreicher Planungsbeteiligter.

Wie die Untersuchungen zeigen, verlangt aktuell im Holzbau bereits jeder zehnte Bauherr BIM-Leistungen von seinen Planern. Es ist anzunehmen, dass diese Forderungen nach BIM in Zukunft weiter steigen werden.

Aufgrund dieser steigenden Nachfrage werden die Aus- und Weiterbildungsstätte vermehrt Fachkräfte mit dem erforderlichen Know-how ausbilden und vermehrt Maßnahmen für eine verbreitete Anwendung von integralen Prozessen getroffen werden.

Für eine genormte Umsetzung sind wesentliche Maßnahmen notwendig. Diese Maßnahmen und Handlungsfelder sind zu priorisieren und ein Umsetzungsplan zu generieren.

Die Potenziale integral zu Planen und zu Bauen liegen auf der Hand. Es gab und gibt eine Reihe positiver Entwicklungsmöglichkeiten, welche es weiter zu nutzen gilt. Integrales Planen und Bauen kann in Zukunft zu einer Optimierung der Planungsprozesse auch im Holzbau führen. Allerdings müssen hierfür die Rahmenbedingungen, sowie die Akzeptanz aller geschaffen bzw. weiter ausgebaut werden, damit die Holzbranche als Vorreiter die Umsetzung integraler Prozesse im Bauwesen begleiten und anführen kann.

<sup>37</sup> Vgl. KAUFMANN, H.; KRÖTSCH, S.; WINTER, S.: Atlas Mehrgeschossiger Holzbau S. 7



# Holzbau 4.0: individuelle Standardmodule

Lukas Schiffer  
Tjiko  
Rosenheim, Deutschland





# Holzbau 4.0: individuelle Standardmodule

## 1. Produktivität steigern, ohne Werte zu verlieren

### 1.1. Status quo

Im Deckblatt einer Studie von McKinsey<sup>1</sup> zum Thema «construction» wird plakativ angegeben, dass die Produktivität im Bausektor über die letzten 20 Jahre nur um 1 % gestiegen ist.

Als Lösungsvorschläge mit bis zu 60 % Steigerungspotential werden folgende Punkte aufgeführt:

- Anpassung von Regulierungen
- Neue Wege der Vertragsgestaltung
- Angepasste Architektur
- Verbesserung der Lieferketten und dadurch der Konditionen
- Optimierung der Baustellenarbeit
- Durchdringung von Technologie und Innovation
- Umschulen von Arbeitskräften

### 1.2. Bewertung

Produktivität ist das Verhältnis von produzierten Gütern zu den benötigten Produktionsfaktoren. Allgemein wird leider oft die Produktqualität herabgesetzt oder die Produktionsfaktoren ausgebeutet, um vermeintlich die Produktivität zu steigern.

«Anpassung von Regulierungen» und «Angepasste Architektur» können im Bausektor sinnvoll sein, um kurzfristige Engpässe zu puffern. Jedoch, gerade in hochentwickelten und dicht bebauten Ländern haben die Normen und Regulierungen einen historischen Hintergrund und eine entsprechende Daseins-Berechtigung.

«Neue Wege der Vertragsgestaltung» sind sicherlich ein sinnvoller Weg, um Produktivität im Rahmen der Prozessoptimierung zu steigern.

«Verbesserung der Lieferketten und dadurch der Konditionen» in Form von gesteigertem Umfang gefährdet die Agilität, was vor allem in Bezug auf kleinere Baustellen eher einen Produktivitäts-Rückschritt bedeuten könnte.

Dies trifft nicht auf eine **industrielle Produktionsanlage** zu. Hier ließe sich auch bei großem Umfang die Produktivität erhalten, oder gar steigern.

«Optimierung der Baustellenarbeit» und «Umschulen von Arbeitskräften» sind beides Punkte, die bereits optimiert wurden. Die Realität auf der Baustelle steht der Theorie entgegen.

Zu guter Letzt der wohl interessanteste Punkt: «Durchdringung von Technologie und Innovation». **Nur so** kann Produktivität wirklich gesteigert werden. Volkswirtschaftlich ist dies schon lange belegt: die einzige relevante Variable in der mathematischen Herleitung von Wachstum ist der technische Fortschritt. (unter der Annahme, dass die eingesetzten Produktionsmittel aktuell optimal genutzt werden, funktioniert dieser Vergleich)

---

<sup>1</sup> Quelle: McKinsey Global Institut; Reinventing construction: a route to higher productivity; Februar 2017

## 2. Tjiko's Innovationen

Tjiko plant für das Jahr 2019 eine Industrie 4.0-Fertigung für Badezimmer-Module in Losgröße 1. Diese Badezimmer werden als Zuliefer-Produkte für mehrgeschossige Holzbauten angeboten und benutzungsfertig in die Baukonstruktion eingehoben.

Als Ausblick sind zukünftig unter anderem Küchen-Module geplant.

Neben tiefgreifenden Prozessinnovationen werden digitale Tools entwickelt, die auf der technologischen Seite das Konzept möglich machen.



Abbildung 1: Prototyp Fertigbad

### 2.1. Standardisierung & serielle Bauweise

Die Module und deren Grundrissvarianten werden in einem Produktkatalog dargestellt. In diesem sind ausreichend Variationen vorhanden, sodass der Planer mit Sicherheit einen passenden Grundriss für jede Wohneinheit findet. Die gesamte Planung der Produkte ist in diesem Stadium abgeschlossen und die Produzierbarkeit ist sichergestellt; die Bäder können «eins-zu-eins» umgesetzt werden.

Aktuell werden Bäder fast immer individuell geplant, was unserer Erfahrung nach zu häufigen Fehlern bei hohem Aufwand führt. Die Planungsleistung kann auf diese Weise skaliert werden.

### 2.2. Spezialisierung

Vor allem im Planungsprozess müssen Architekten sich im gesamten Wertschöpfungsprozess auskennen, oder sie müssen sich in neue Themenfelder einarbeiten. Tjiko ist Spezialist vorerst für Badezimmer und deckt die volle Kompetenz ab. Auf dieses Know-How kann sich der Architekt per Gütesiegel verlassen.

### 2.3. Grundriss-Konfigurator

Gestaltungsmöglichkeiten, welche für jedes Produkt angeboten werden, können in einer Konfigurations-Software umgesetzt werden. Dort können die genauen Abmaße, Spiegelungen der Grundrisse, Positionen von Fenster und Türen und weitere technische Details angepasst werden. Eine parallele Kostenkalkulation für den Listenpreis nach Losgröße 1 ist ebenfalls integriert. Durch die unkomplizierte Anwendbarkeit auf einer Web-Oberfläche können bereits in der Entwurfsplanung Kosten und Möglichkeiten exakt abgewogen, sowie Änderungen erfasst werden.

Diese unkomplizierte Arbeitsweise erspart zeitaufwendiges «Hin und Her» und es werden Prozesszeiten reduziert. Alle nötigen Informationen und Pläne können zu jeder Zeit auf Knopfdruck abgerufen werden.

## 2.4. Einrichtungs-Konfigurator

Käufer einer Eigentumswohnung erhalten mit Ihrem Kaufvertrag einen digitalen Zugang zum jeweiligen Badezimmer (bzw. der Konfigurations-Software). Hier können sie das Bad mit Fliesen, Armaturen, Sanitärgegenständen und Badmöbeln individuell gestalten. Zu jeder Zeit können hierbei der Kostenrahmen und eine hochwertige Visualisierung abgefragt werden.

Diese Herangehensweise ist für den Endkunden sehr unkompliziert und spart dem Bau-träger das individuelle Festlegen von Schnittstellen mit Subunternehmern, sowie Unklarheiten bei der Gewährleistung.

## 2.5. Industrielle Vorfertigung

Tjiko fertigt die Bäder industriell vor, 95% der Wertschöpfung erfolgen im Werk.

Die Produktivität am Bau ist sehr stark abhängig von der Verfügbarkeit der Baumaterialien und langen Transportwegen; unzureichend ausgebildete Handwerker wurden bereits in der Einleitung erwähnt. Industrielle Vorfertigung und eine entsprechend intelligente Planung können dies zu einer Produktivitätssteigerung im Bauprozess von bis zu 40 % führen.

Viel entscheidender ist jedoch, dass dadurch die Bauleitung und die Qualitätsüberwachung in die Fabrik verlagert werden können. Zudem werden die Bauzeiten erheblich verkürzt, was gerade im innerstädtischen Bereich ein erheblicher Vorteil sein wird.

## 3. Prozesse

Der Planer, bzw. Architekt stellt eine Anfrage an die Tjiko-Kundenbetreuung, ob die Bad-Module technisch und logistisch für sein Bauprojekt in Frage kommen. Als Grundlage hierfür dient der Produktkatalog, bzw. die Online-Grundriss-Konfiguration. Der Kunde legt durch die Auftragsbestätigung den Ausführungszeitraum und die Anzahl der jeweiligen Produkte fest. Hierdurch wird bereits ein bindender Vertrag geschlossen. Anschließend können im Rahmen der Ausführungsplanung letzte Änderungen im Konfigurator vorgenommen werden. Dem Kunden werden nun für jede Wohneinheit Konfigurations-IDs mit Zugang zu der Gestaltungs-Software ausgehändigt. Die Vertriebs-/ Visualisierungssoftware gibt den Bauherren die Möglichkeit, im Rahmen eines Beratungsgesprächs mit dem Endverbraucher das individuelle Bad zu konfigurieren und zu visualisieren. Der Endverbraucher hat zudem die Option, die Konfiguration von zu Hause aus vorzunehmen. Nach der Gestaltung des Bads gibt die Konfigurations-Software die Daten in einem standardisierten Format aus. Dort sind die verwendeten Komponenten, wie Armaturen, WC, Waschbecken, Fliesen, etc. mit genauer Position dokumentiert. Dieses Format ist auf die interne Organisation so abgestimmt, dass Materialbestellung und Produktions-, sowie Logistikplanung automatisch angestoßen und umgesetzt werden können (Industrie 4.0). Am Ende der Produktion erfolgt die Kontrolle, bzw. die Qualitätsprüfung. Die Modul-Bäder werden Just-in-Time auf die Baustelle geliefert und installiert. Wartung und Service werden von externen, zertifizierten Sanitärunternehmen durchgeführt.

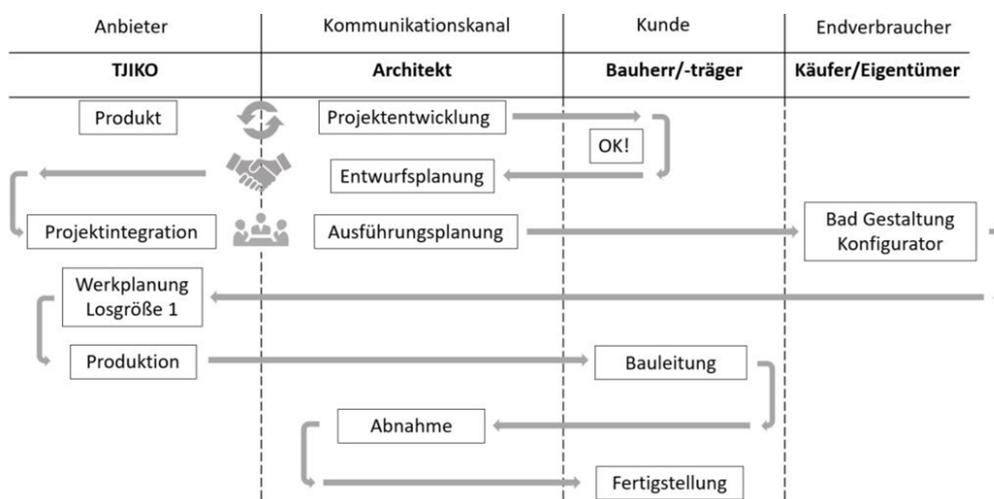


Abbildung 2: Prozesse

## 4. Potentiale

Durch die maximierte Vorfertigung kann der Kunde die Bauzeiten verkürzen und den Bauleitungsaufwand minimieren. Vor Allem jedoch entsteht Planungssicherheit in Bezug auf Kosten und Zeitablauf. Erst durch das individuelle Angebot werden Fertigbäder zu einer echten Alternative gegenüber bauseits gefertigten Badezimmern. Die daraus resultierenden Kostenvorteile liegen bei ca. 25% pro Badezimmer:

<b>Kostenvergleich zwischen Modulbädern und bauseits gefertigten Bädern</b>			
10 Wohneinheiten, 5,5 m <sup>2</sup> Nettonutzfläche			
		bauseits gefertigtes Bad	Modul-Fertigbad inkl. Transport
<b>Produkt- preis</b>		<b>9.209,74 €</b>	<b>9.500,00 €</b>
	Entwurfsplanung	300,00 €	150,00 €
	Ausführungsplanung, Ausschreibung	1000,00 €	300,00 €
	Bauleitung	1.200,00 €	200,00 €
	Abnahme	700,00 €	100,00 €
	kalkulatorische Zinersparnis durch frühere Endabnahme		-82,19 €
	Umsatzsteigerung durch freie Kapazitäten bei früherer Endabnahme		-153,85 €
	Baustelleneinrichtung durch Verkürzung der Bauzeiten		-600,00 €
	<b>Summe</b>	<b>12.409,74 €</b>	<b>9.413,96 €</b>

Abbildung 3: Kostenvorteil durch Tjiko Bäder

## 5. Produktivität nutzen um Werte zu schaffen

Die Holzbau-Branche ist durch ihre Vorreiterposition in Bezug auf Digitalisierung und Vorfertigung prädestiniert für maximale Produktivität. Die Wertschöpfungskette wird immer weiter komprimiert, dies kann in Bezug auf gesellschaftliche Akzeptanz Konfliktpotential mit sich bringen. Dementgegen steht, dass die Produkte vielfältiger, angepasster und kostengünstiger werden.

Entscheidend für den nachhaltigen Erfolg ist, dass sich aus dieser Entwicklung eine stark Werte-orientierte Bauweise ergibt. Die Holzbau-Branche sollte sich weiterhin geschlossen für ansprechende und zeitlose Architektur, lange Gebäude-Lebenszyklen und ideale Arbeitsbedingungen einsetzen – im Bausektor ein Alleinstellungsmerkmal.

# Die Rolle des Tragwerksplaners im Holzbau – eine kritische Betrachtung

Josef Koppelhuber  
Tragwerksplaner Holzbau  
Rottenmann, Österreich





# Die Rolle des Tragwerksplaners im Holzbau – eine kritische Betrachtung

## 1. Einleitung

Der Holzbau unterscheidet sich gegenüber anderen Bauweisen (zB. mineralischem Massivbau) durch seinen hohen Vorfertigungsgrad. Dieser fordert eine detaillierte Planung mit einer frühzeitigen Einbindung aller an der Planung Beteiligten. Neben dem Architekten und anderen Fachplanern wie Bauphysiker, HKLS- und Elektroplaner, Brandschutzplaner ist im Holzbau auch der Tragwerksplaner in der frühzeitigen Projektphase einzubeziehen.

Da das Wissen und die Erfahrung der Architekten im Umgang mit dem Baustoff Holz oft noch unzureichend sind, hat der im Holzbau fachkundige und erfahrene Tragwerksplaner Aufgaben zu übernehmen, die über die reine Statikerleistung hinausgehen.

## 2. Was ist ein Tragwerksplaner?

Der Tragwerksplaner entwirft und berechnet das Tragwerk von Gebäuden und Ingenieurbauwerken (z.B. Brücken).

Das Tragwerk ist das statische Gesamtsystem der Tragglieder (z.B. bei einem Wohnhaus die Dachsparren, Pfetten, Decken, Stützen, Wände und die Fundierung).

Ziel der Tragwerksplanung ist es, die erforderliche Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit einer Konstruktion während einer geforderten Lebensdauer sicherzustellen. Die Umsetzung dieser Aufgabenstellung erfolgt in einer Statischen Berechnung, die auf den Regeln der Baustatik beruht. Deshalb wird der Tragwerksplaner auch als **Statiker** bezeichnet.

Der Tragwerksplaner berechnet üblicherweise nach Normen (=allgemein anerkannte Regeln der Technik) einzelne Tragglieder eines Gebäudes (z.B. den erforderlichen Querschnitt eines Deckenträgers). Er hat aber auch die Verbindungen der einzelnen Tragglieder untereinander festzulegen (z.B. wie schließt der Deckenträger an die Stütze an). Der Tragwerksplaner berechnet prinzipiell Tragwerke unabhängig vom Material, er lernt in seiner Ausbildung die Berechnung von Tragwerken aus Stahl, Holz und Beton. In einer Spezialisierung während des Studiums entscheidet er sich jedoch meistens für ein Material, dem er sich verstärkt widmet.

## 3. Leistungsphasen der Tragwerksplanung

Ein Bauprojekt läuft in mehreren Projektphasen ab, parallel dazu läuft auch die Tragwerksplanung in mehreren Leistungsphasen ab. Diese Phasen sind im von Prof. Lechner erstellten Leistungsmodell Tragwerksplanung (LM.TW) für Österreich bzw. in der HOAI für Deutschland festgelegt. In diesem Modell, das oftmals als Grundlage für die Definition der Planungsleistungen und ihrer Abgrenzung herangezogen wird, wird auf die Besonderheiten der Baustoffe nicht eingegangen. Das Modell definiert 9 Leistungsphasen, die sich in Österreich begrifflich geringfügig von deutschen Modell unterscheiden, inhaltlich aber nur geringe Unterschiede aufweisen.

Tabelle 1: Leistungsphasen der Objektplanung gemäß LM.VM 2014 und HOAI  
 Vgl. LECHNER, H.: Modelle, Strukturen, Phasen (LPH) – Integrierte Planeraussage (IPLA) – Entscheidungen, Änderungen (ÄEV) – Planen und Bauen im Bestand (PBiB). In: LM.VM.2014 – ein Vorschlag für Leistungsmodelle + Vergütungsmodelle für Planerleistungen. S. 5

Leistungsphasen der Objektplanung		
	LM.VM.2014	HOAI
Leistungsphase 0	Projektvorbereitung	
Leistungsphase 1	Grundlagenanalyse	Grundlagenermittlung
Leistungsphase 2	Vorentwurf	Vorplanung
Leistungsphase 3	Entwurfsplanung (Systemplanung)	Entwurfsplanung
Leistungsphase 4	Einreichplanung	Genehmigungsplanung
Leistungsphase 5	Ausführungsplanung	Ausführungsplanung
Leistungsphase 6	Ausschreibung (LVs) und Mitwirkung bei der Vergabe	Vorbereitung der Vergabe
Leistungsphase 7	Begleitung der Bauausführung	Mitwirkung bei der Vergabe
Leistungsphase 8	Örtliche Bauausführung und Dokumentation	Objektüberwachung und Dokumentation
Leistungsphase 9	Objektbetreuung	Objektbetreuung

Das Leistungsmodell enthält Grundleistungen und optionale Leistungen, die zusätzlich zu vereinbaren sind.

Das Modell ist baustoffneutral, für den Holzbau, der aufgrund seines hohen Vorfertigungsgrades bereits zu einem früheren Zeitpunkt wesentliche detailliertere Informationen in der Planung benötigt, ist es in seiner Einteilung nicht vollinhaltlich anwendbar.

Im Folgenden möchte ich auf die erforderlichen Leistungen der Tragwerksplanung in der Planung eines Holzbaus eingehen und die Problematik für die Tragwerksplanung im Holzbau aufzeigen, die sich bei der Abgrenzung der Leistungen nach diesem Modell ergeben. Nach der Grundlagenanalyse beginnt die Planung mit dem **Vorentwurf** (LPH 2) des Architekten. Der Tragwerksplaner (im Idealfall bereits beauftragt) berät den Architekten über die Möglichkeiten aus statisch-konstruktiver Sicht (wirtschaftlich). Weiters gilt es das Tragkonzept zu erarbeiten und skizzenhaft darzustellen. In dieser Phase werden wesentliche konstruktive Festlegungen getroffen (Säulenraster, Deckenspannrichtungen,...). Diese Festlegungen benötigen umfangreiche Kenntnis und Erfahrung im Holzbau, um ein wirtschaftliches Tragwerk zu entwerfen. In dieser Phase auf den Tragwerksplaner zu verzichten, setzt umfangreiche Kenntnis im Holzbau auf der Architektenseite voraus.

In der LPH 3 – **Konstruktionsentwurf** – wird die Tragwerkslösung erarbeitet – gemeinsam und in Abstimmung mit dem Architekten und den anderen Fachplanern wie Bauphysiker, HKLS und Elektroplaner, Brandschutzplaner.

Es erfolgt die Statische Berechnung und Bemessung der maßgeblichen Konstruktionselemente in der sog. „Vorbemessung“ bzw. „Vorstatik“ (wird oft bis zur Ausführung nicht mehr geändert). Die Querschnitte der Haupttragelemente werden festgelegt, es sind aber auch die wichtigsten Anschlussbildungen (speziell im Holzbau) zu definieren. Hier zeigt sich ein großer Unterschied zum mineralischen Massivbau (Betonbau), wo in

dieser Planungsphase die Abmessungen in überschlägigen Vorbemessungen, oftmals aber auch nur aufgrund von Abschätzungen oder Erfahrungswerten festgelegt werden. Die Möglichkeit, die Tragfähigkeit des jeweiligen Bauteils mit entsprechender Bewehrung (Eisen) zu steuern, hat der Holzbau nicht. Im Holzbau sind die Anschlüsse der Bauteile untereinander oft für die Bemessung der einzelnen Tragglieder maßgebend und daher bei der Ermittlung der Querschnitte bereits mitzudenken und mitzukonzipieren (z.B. Fachwerkknoten).

D.h. der Holzbau braucht zu einem früheren Zeitpunkt als der mineralische Massivbau einen höheren Detailierungsgrad. Die klassische Trennung der Statischen Berechnung in die sog. „Stabstatik“ bis zur Ausschreibung und die „Detailstatik“ im Zuge der Ausführung funktioniert im Holzbau nicht.

Die LPH 4 - **Einreichplanung bzw. Genehmigungsplanung** – sieht das Aufstellen der prüffähigen Statischen Berechnung für die behördliche Genehmigung vor. Sie wird in Österreich nur teilweise gefordert (z.B. in Wien), abhängig auch von den Schadensfolgeklassen.

In LPH 5 – **Ausführungsplanung** – werden die Ergebnisse der vorangegangenen Phasen überarbeitet, in Abstimmung mit allen Fachplanern (Änderungen eingearbeitet). Es wird die Ausführungsstatik erstellt, und es sollten Konstruktionspläne mit Leitdetails erarbeitet werden. So sieht es das Leistungsmodell vor.

Konstruktionspläne im Holzbau (vom TWPL erstellt) beinhalten neben den Querschnittsangaben die wichtigsten Anschlussdetails und bilden eine wertvolle Grundlage für die Ausschreibung. Nur mit detaillierten Angaben können vergleichbare Ergebnisse in der Ausschreibung erzielt werden. Darüber hinaus reduzieren sich die Angriffsflächen für Nachforderungen.

Da diese Konstruktionspläne jedoch einen erheblichen Aufwand bedeuten, werden sie oftmals nicht erstellt, nicht beauftragt bzw. stillschweigend nicht gefordert (auch wenn im Leistungsumfang angeführt). Auch weil das Anfertigen von Konstruktionsplänen mit Angaben von Anschlussdetails umfangreiche Kenntnis und viel Erfahrung im Holzbau erfordert. Es wird dadurch die detaillierte Planung auf die ausführende Firma abgewälzt, mit allen Nachteilen für die Planung und den Bauherrn (Änderungen, Kosten,...).

Im Wettbewerb des Holzbau-Statikers mit dem Nicht-Holzbau-Statiker, der oftmals das Anfertigen der Konstruktionspläne (eilvernehmlich mit dem Bauherrn) einspart, entsteht dadurch ein Wettbewerbsnachteil.

Die Konstruktionspläne des TWPL sollen eine Grundlage für die Werkplanung darstellen, die durch die ausführende Firma (Holzbaufirma) erstellt wird. Erst die Werkplanung stellt die Konstruktion ausführungsfähig dar, aus ihr werden die Abbundzeichnungen der einzelnen Bauteile erstellt (bzw. auch Elementierungen).

Im Zuge der Werkplanung sind vom Tragwerksplaner Holzbau weitere, oft auch zahlreiche Verbindungen vorzugeben, die von der Holzbaufirma in die Werkplanung eingearbeitet werden.

In der LPH 6 – **Ausschreibung** – sind im Holzbau zusätzlich zu den Querschnittsangaben die Verbindungen (auch mengenmäßig) festzulegen (Stahlteile, Schraubenverbindungen). Solche Angaben können jedoch nur bei detaillierter Durcharbeitung der Statik (Detailstatik) ausreichend genau festgelegt werden.

Die Ausschreibung erfolgt jedoch häufig (aus Zeitgründen, ...) vor der Ausführungsplanung (also LPH 6 vor LPH 5), also ohne detaillierte Angaben. Auch in der Tragwerksplanung erfolgt hier häufig eine Trennung der Statikerleistung, die Stabstatik bis zur Ausschreibung und danach die Detailstatik, die dann oft von der ausführenden Firma erstellt wird. Die LPH 7 unterscheidet sich in Österreich von Deutschland. Während in Österreich die

LPH 7 – **Begleitung der Bauausführung** – die Überprüfung und Freigabe der Unterlagen (Werkplanung) der ausführenden Firma beinhaltet (als Grundleistung), umfasst die LPH 7 in Deutschland – **Mitwirkung bei der Vergabe** – das Mitwirken bei der Prüfung der Angebote (als optionale Leistung).

Die LPH 8 – **Mitwirkung örtliche Bauaufsicht** – sieht im Holzbau die ingenieurmäßige Kontrolle der Ausführung des Tragwerks auf Übereinstimmung mit den geprüften statischen Unterlagen als optionale Leistung vor.

### **Problematik in der Gliederung der Leistungsphasen der Tragwerksplanung im Holzbau:**

- Im Leistungsmodell Tragwerksplanung wird auf die Besonderheiten des Baustoffs Holz zu wenig eingegangen, es sind im Holzbau detailliertere Leistungen zu einem früheren Zeitpunkt und auch umfangreichere Leistungen erforderlich.
- Die Abgrenzung der einzelnen Phasen (und auch ihrer Vergütung) entspricht nicht den Erfordernissen im Holzbau (Stabstatik, Detailstatik).

## **4. Der Tragwerksplaner Holzbau**

Was kennzeichnet den Tragwerksplaner Holzbau? Was unterscheidet ihn vom allgemeinen Tragwerksplaner?

Der Tragwerksplaner Holzbau

- ist ein Fachmann im Bereich des Holzbaus, sowohl in statischer Sicht als auch in materialtechnischer Sicht (Schwinden, Quellen)
- versteht die Grundzüge der Bauphysik (Schallschutz, Brandschutz) und die Auswirkung der unterschiedlichen Bauweisen auf die Bauphysik.
- kennt die vielfältigen Systeme und deren statische Möglichkeiten (z.B. Wände als tragende Scheiben,...)
- kennt die Grenzen der Systeme (Stützweiten, Anschlussmöglichkeiten,...) und vertritt auch die Entscheidung, das Tragwerk bzw. Teile nicht in Holz umzusetzen.
- Er denkt die Varianten der ausführenden Firmen voraus und weiß diese technisch und wirtschaftlich einzuordnen (Varianten oft nur anders, aber nicht besser).
- er wird frühzeitig in den Planungsprozess eingebunden.

## **5. Die Rolle des Tragwerksplaners im Holzbau**

Welche Rolle der Tragwerksplaner Holzbau im Planungsprozess einnimmt bzw. spielen kann, hängt eng zusammen mit

- dem Zeitpunkt seines Eintritts in die Planung bzw. ab welcher Leistungsphase er beauftragt wird.
- mit seiner Position im Planungsprozess.

Hier kann man grob betrachtet zwischen 2 Rollenbildern unterscheiden:

### **1. Der Tragwerksplaner als Erfüllungsgehilfe.**

Der Tragwerksplaner Holzbau wird erst im Zuge der Ausführungsplanung hinzugezogen. Entweder muss er die Ergebnisse eines allgemeinen Tragwerksplaners aus der Entwurfsphase (Vorbemessung) verifizieren bzw. umsetzen oder er berechnet und konzipiert aufgrund von Abschätzungen und Erfahrungswerten der Planer. Auch wird er oft erst von der ausführenden Firma beauftragt (Druck durch kalkulierte Konstruktion). Sehr häufig kommt es bei dieser Konstellation zu Umplanungen und dadurch zu Kostenerhöhungen in der Planung. Der Tragwerksplaner wird in dieser Konstellation als notwendiges „Übel“ („Rechenknecht“) angesehen und als nicht gleichwertiger Partner im Planungsprozess betrachtet.

### **2. Der Tragwerksplaner als Planungspartner**

Der Tragwerksplaner Holzbau sitzt idealerweise bereits ab der Entwurfsphase am Tisch und wird als gleichwertiger Partner im Planungsprozess wahrgenommen. Auf Augenhöhe mit dem Architekten wird gemeinsam die Bauaufgabe entwickelt (auch mit anderen Fachplanern).

Voraussetzung für die partnerschaftliche Zusammenarbeit ist das gegenseitige Verständnis für die Anliegen bzw. Probleme des Planungspartners. Die Bauaufgabe in Form des Architektenentwurfs wird nicht nur durchgerechnet, sondern es werden gemeinsam Lösungsmöglichkeiten und Varianten entwickelt, an deren Ende eine Entscheidung für das «beste» Holztragwerk stehen soll.

In vielen Projekten hat sich bereits diese gute partnerschaftliche Zusammenarbeit bewährt. Der größere Zeitaufwand dafür setzt aber bei unverändertem Honorar viel Idealismus des Tragwerksplaners voraus.

## **6. Wünsche für die Tragwerksplanung Holzbau**

Die Tragwerksplanung im Holzbau hat zu einem früheren Zeitpunkt wesentlich detaillierter im Vergleich zum mineralischen Massivbau zu erfolgen. In der gesamten Planungsphase ergibt sich dadurch ein wesentlich höherer Aufwand für den Tragwerksplaner, der in den Honoraren berücksichtigt werden soll.

Anpassung der Leistungsphasen im Leistungsmodell Tragwerksplanung (LM.TW) bzw. in der HOAI – und ihrer Vergütung- erforderlich.

In der Ausschreibung der Statikerleistung ist der Leistungsumfang oft nur allgemein definiert («Statik»), es ist eine genaue Definition der geforderten Leistungen und auch der nicht geforderten erforderlich, um vergleichbare Angebote zu erhalten.

Es sind unwiderrufliche Entscheidungen der Bauherrn in den einzelnen Planungsphasen erforderlich, zu spät oder nicht getroffene Entscheidungen verursachen Umplanungen zu einem späteren Zeitpunkt, die sehr kostenintensiv sein können. Dies ist dem Bauherrn zu kommunizieren.

Der Tragwerksplaner sollte als Partner im Planungsprozess eines Holzbaus angesehen werden.

In diesem Sinne wünsche ich uns eine gute Zusammenarbeit zum Wohle des Holzbaus.



# ValueNet – Neuartige Geschäftsmodelle in der Holzbau-Dienstleistung

Bernd Gusinde  
Timber Concept GmbH  
Weißensberg, Deutschland







## 2. Neue Herausforderungen beim Bauen

### 2.1. Zukunft des Wohnens

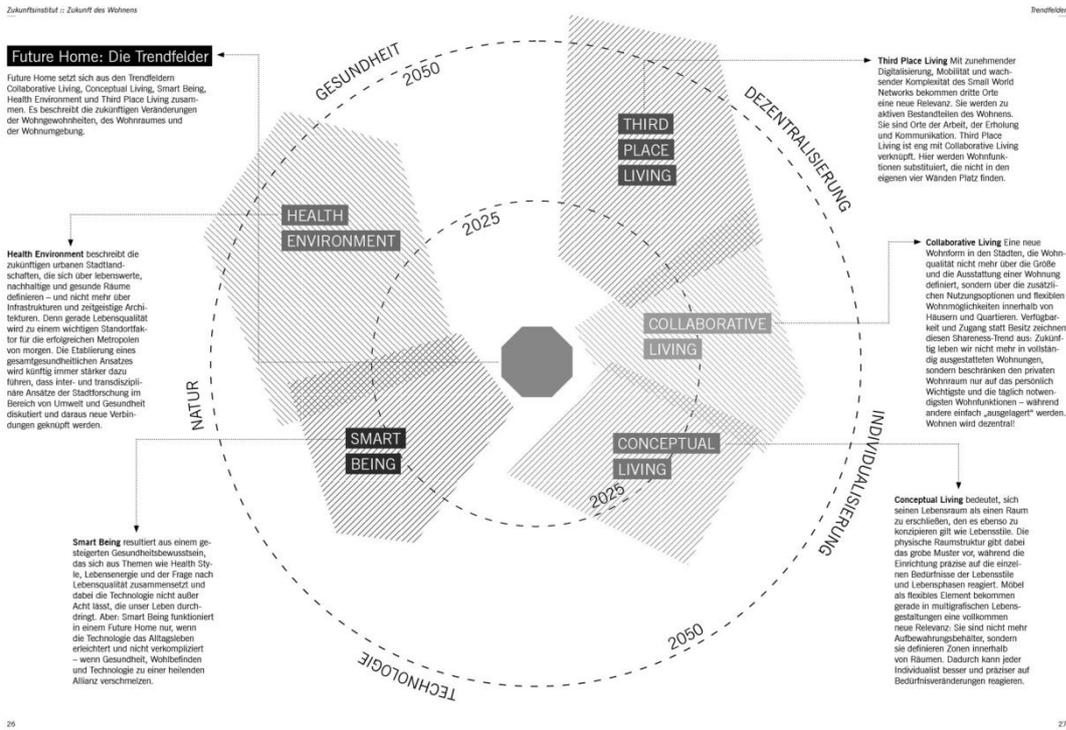


Abbildung 2: Die Trendfelder beim Wohnen der Zukunft  
 Quelle zukunfts|institut: www.zukunftsinstitut.de

### 2.2. Industrie 4.0

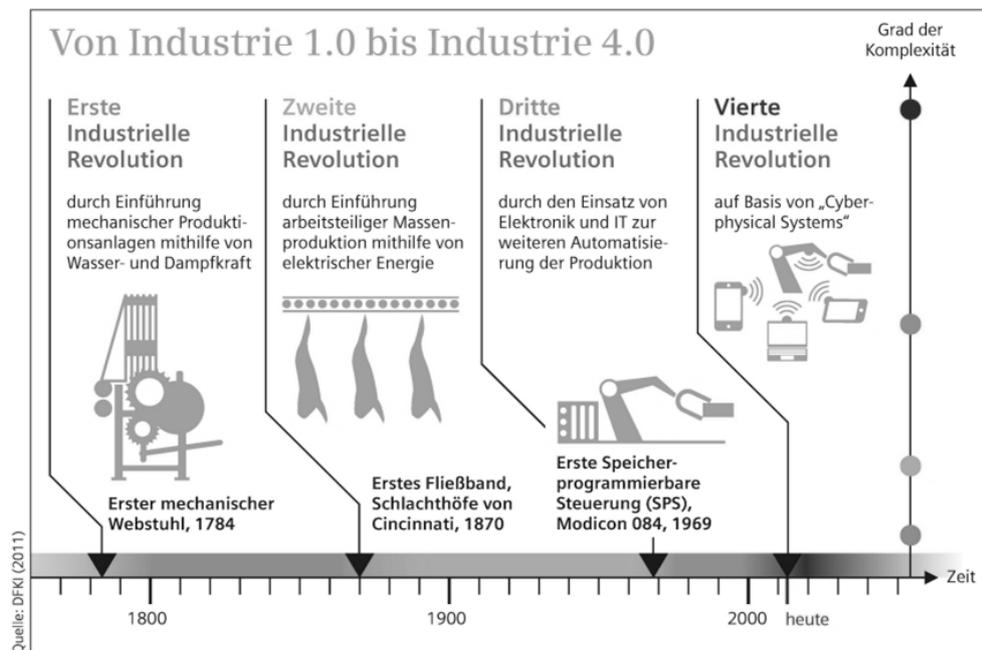


Abbildung 3: Entwicklungsstufen hin zur „Industrie 4.0“  
 Quelle: DFKI

### 3. Die Taktgeber der Zukunft

#### 3.1. Building Information Modelling - BIM

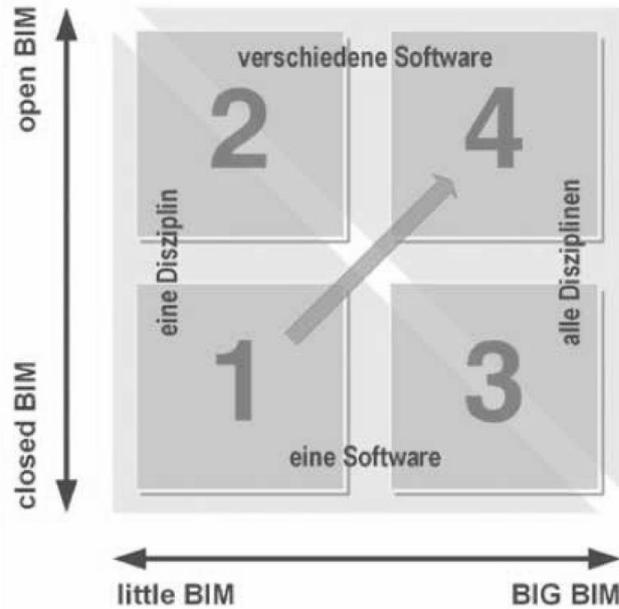


Abbildung 4: BigOpenBIM bietet den größten Mehrwert  
Quelle Fraunhofer IRB Verlag BIM Kompendium

### IFC – Levels of Maturity

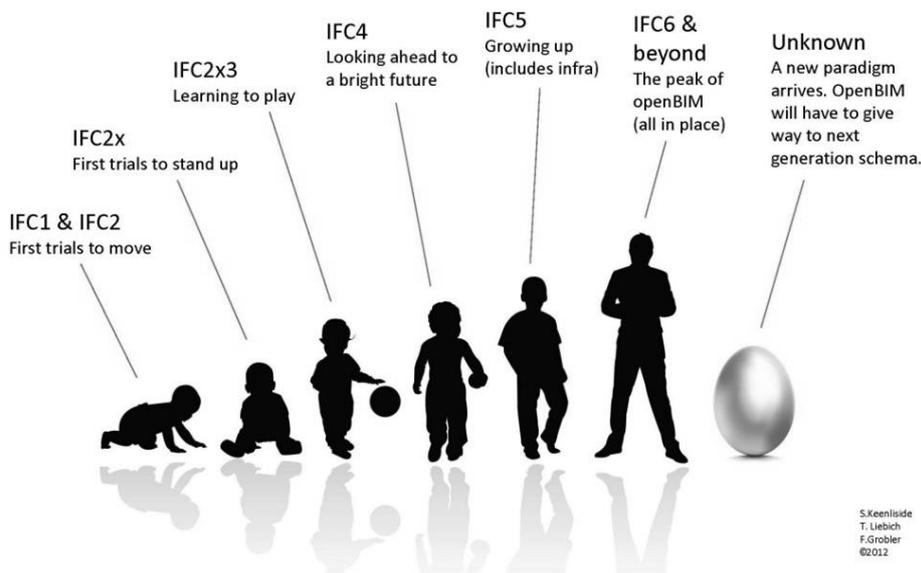


Abbildung 5: Entwicklungsstufen des BIM-Austauschformats ifc

### 3.2. Hybride Wertschöpfung

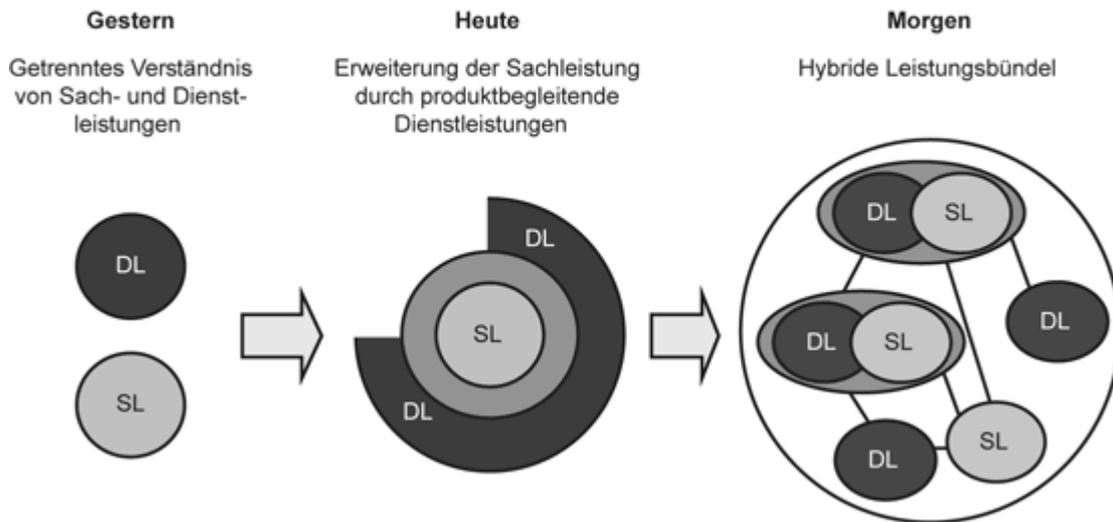
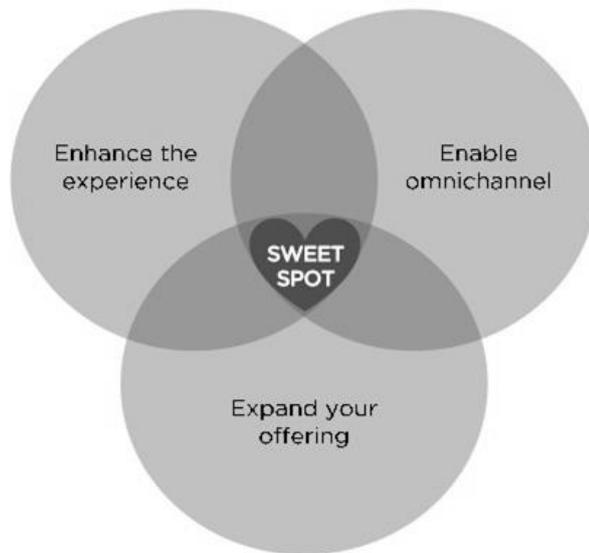


Abbildung 6: Verschmelzung von Sach- und Dienstleistungen  
 Quelle: Hybride Leistungsbündel – ein neues Produktverständnis ;Horst Meier, Eckart Uhlmann



Abbildung 7: Klassische Wertschöpfung vs. Hybride Wertschöpfung  
 Quelle: [www.managementsupply.blogspot.de/2014/06/hybride-geschäftsmodelle.html](http://www.managementsupply.blogspot.de/2014/06/hybride-geschäftsmodelle.html)

### 3.3. Disruptive Technologie

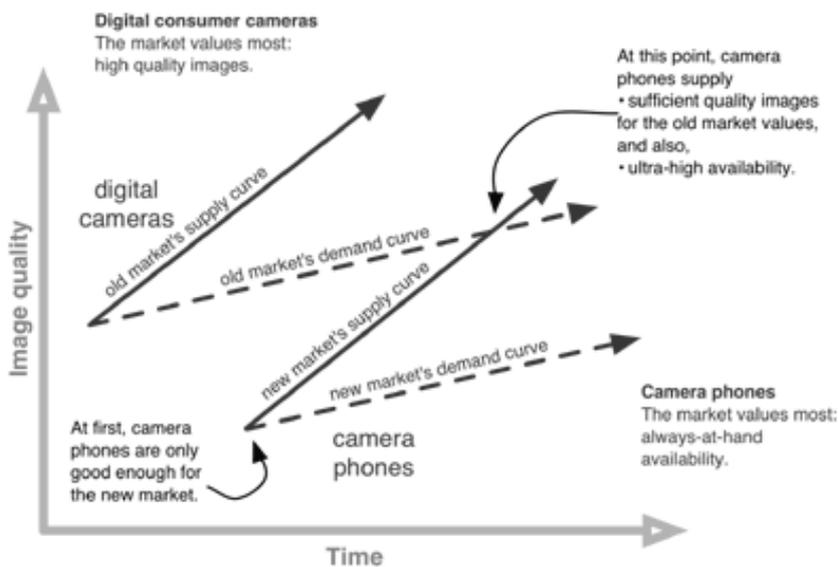


NEXT

#ATCOMNEXT

Abbildung 8: Disruptive Technologie – Der Sweet Spot

Quelle: [www.slideshare.net/AtcomGR/ambient-intelligenceatcom-next?next\\_slideshow=1](http://www.slideshare.net/AtcomGR/ambient-intelligenceatcom-next?next_slideshow=1)



In *The Innovator's Dilemma*, Clayton M. Christensen shows that the supply quality improves more quickly than the demand requires.

**Disruptive Technology unmasked**

infographic © 2005 Simon Woodside <sbwoodside@yahoo.com>

This version is 1.0 : 2005/01/30

<http://simonwoodside.com>

This work is licensed under the Creative Commons License CC-SA (Attribution-ShareAlike 2.0). This license note must be included in all redistributions or derivative works.

Abbildung 9: Disruption am Beispiel SmartPhone Kamera

### 3.4. Mass Customization

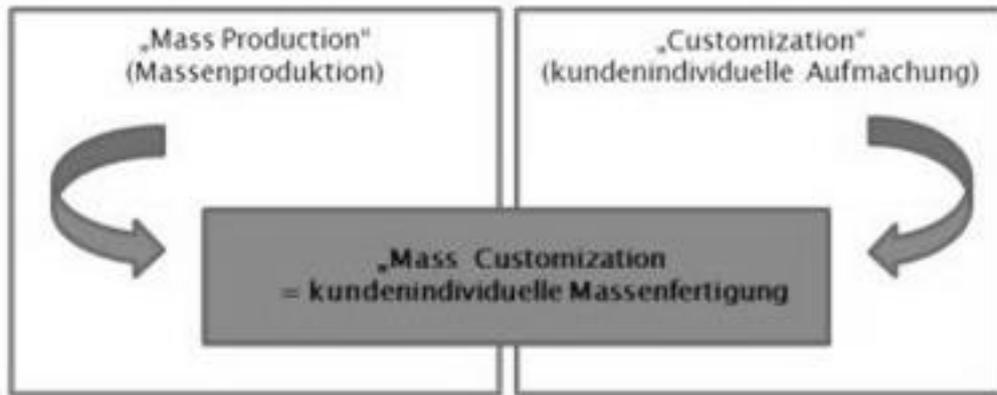


Abbildung 10: Definition Mass Customization – kundenindividuelle Massenfertigung

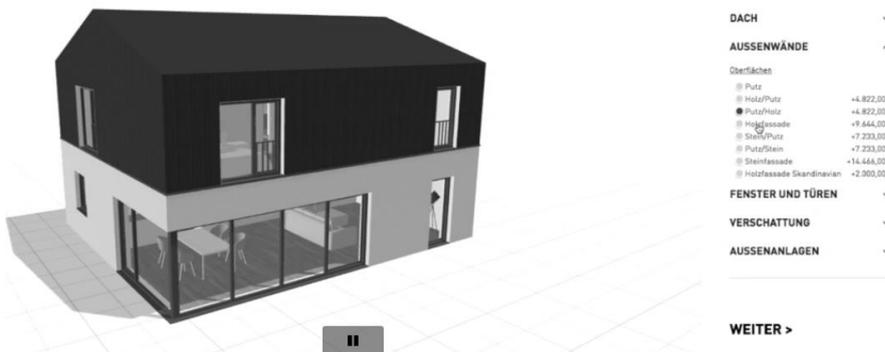


Abbildung 11: Screenshots: Mr + Ms Homes – Der Hauskonfigurator  
Quelle: <http://www.mrmrshomes.de>

### 3.5. Open Innovation

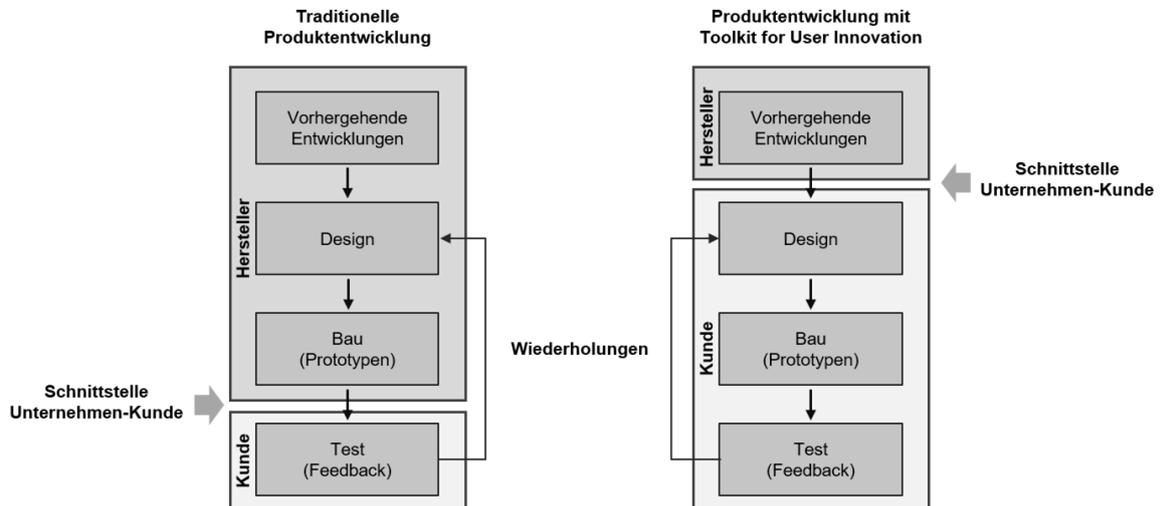


Abbildung 12: Traditionelle Produktentwicklung vs Open Innovation  
Quelle: [wind-workshop.de/open-innovation-innovationswettbewerb](http://wind-workshop.de/open-innovation-innovationswettbewerb)

## Open Innovation Process

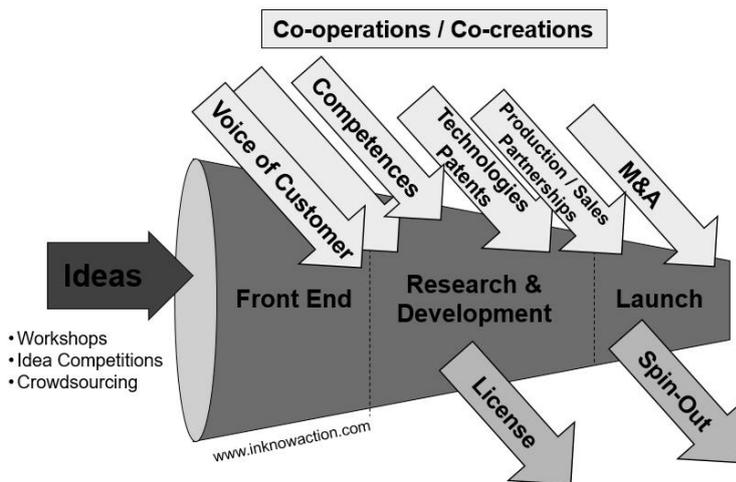


Abbildung 13: Open Innovation Prozess  
Quelle: www.inknowaction.com

## 4. Chancen für neue Geschäftsmodelle

### 4.1. Kooperationen

Merkmal	Ausprägung			
Richtung der Kooperation	vertikal	horizontal	diagonal	
Zeithorizont	langfristig	mittelfristig	kurzfristig	
Zeitliche Begrenzung	unbegrenzt (dauerhaft)		begrenzt	
Sachliche Begrenzung	unbegrenzt		begrenzt	
Funktionsverknüpfung	Zusammenlegung von Funktionen in Gemeinschaftsunternehmen		Abstimmung von Funktionen	
Fixierung von Absprachen	Verträge	Spielregeln	Mündliche Absprachen	
Min. Anzahl Kooperationspartner	2		3	
Max. Anzahl der Kooperationspartner	bis zu 5	bis zu 10	mehr als 10	
Kooperationsbereich	Beschaffung	Produktion	Vertrieb	Querschnittsbereiche

Abbildung 14: Morphologischer Kasten der Kooperationsformen  
Quelle: Prof. Dr. Matthias Schuhmann: Kooperationsformen und Ausprägungen

### 4.2. leanWOOD®

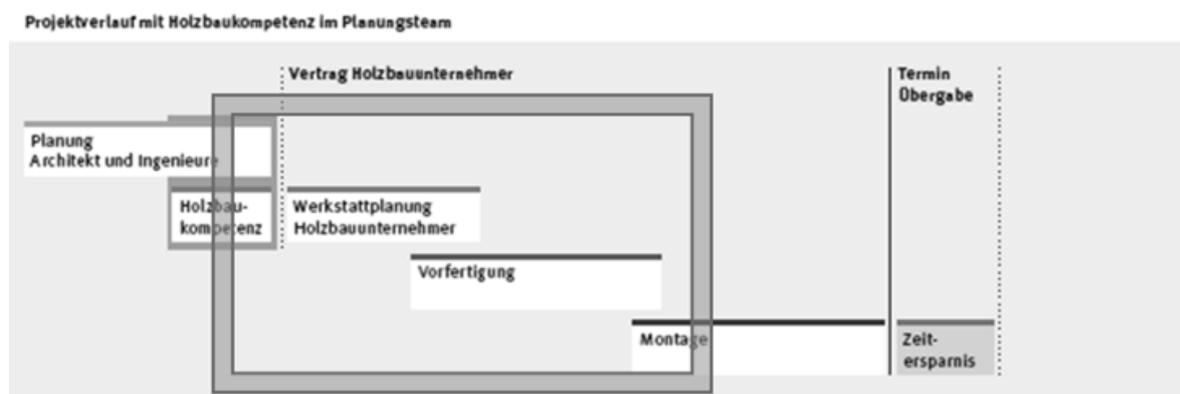


Abbildung 15: leanWOOD® Holzbaugerechter Planungsprozess;  
Quelle: www.holz.ar.tum.de/forschung/leanwood

### 4.3. ValueNet

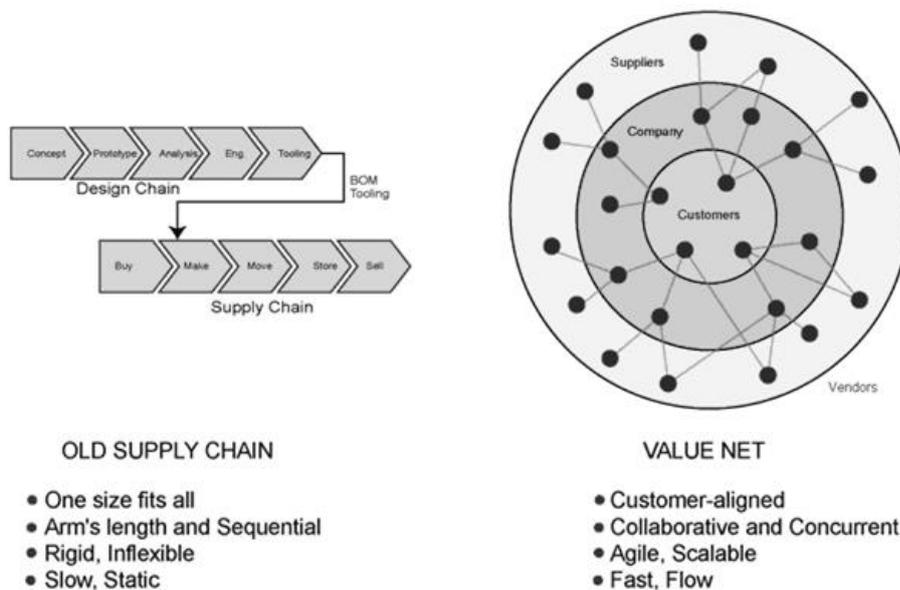


Abbildung 16: Herkömmliche Supply Chain vs. ValueNet;  
Quelle: Mercer Consulting Group

## 5. Literatur (Auswahl)

Robert S. Kaplan/David P. Norton: Balanced Scorecard – Strategien erfolgreich umsetzen, 1997 Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, ISBN 3-7910-1203-7

Klaus Doppler/Christoph Lauterburg: Change Management: Den Unternehmenswandel gestalten; 2002, Campus Verlag Frankfurt; ISBN 3-593-36819-6

W. Chan Kim / Renee Mauborgne: Der blaue Ozean als Strategie: 2005; Harvard Business School Press, Boston; ISBN: 978-3-446-40217-1

Klaus Backhaus: Industriegütermarketing, 2003, Vahlen Verlag, München  
ISBN: 3-8006-2886 4

Peter Winkelmann: Marketing und Vertrieb, 2010, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GMBH, München; ISBN 978-3-486-59208-5

David Bovet/Joseph Martha: Value Nets: 2000, John Wiley & Sons, New York  
ISBN 0-471-36009-0

Gusinde, Bernd; Balanced Scorecard Ansatz für die auftragsbezogene Einzelfertigung, 2004, Diplomarbeit Fachhochschule Kaiserslautern FB Wirtschaftsingenieurwesen

Kotler/Bliemel: Marketing Management, 2001, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart  
ISBN 3-7910-1689-X

Girmscheid/Busch: Projektrisikomanagement in der bauwirtschaft, 2008, Bauwerk Verlag, Berlin ISBN 978-3-89932-183-8

Jörissen / Coenen / Stelzer: Zukunftsfähiges Wohnen und Bauen: Herausforderungen, Defizite, Strategien, 2005; Verlag edition sigma; ISBN 978-3894045777

Norbert Bach, et al (Hrsg.): Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke; 2003; Gabler Verlag, Wiesbaden; ISBN: 3-409-12315-6

IHK Darmstadt et al (Hrsg.): Kooperation von Dienstleistern; 2005; Informationsbroschüre

Kaufmann, Hermann, et al: TU München; *leanWOOD* Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise; Final Report:  
<http://www.holz.ar.tum.de/leanwood/final-report>

**Produktionsprozesse –**  
Produzieren unter  
Berücksichtigung unterschiedlichster  
Bearbeitungsphilosophien und  
Fertigungstiefen



# **Eine Alternative Vorfertigung – Vollflächige Elementierung**

Walter Bauer  
Bauer Holzbau GmbH  
Satteldorf/Gröningen, Deutschland





# Eine alternative Vorfertigung – Vollflächige Elementierung

## 1. Volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Aufgabenstellungen

Das Bauen von Gebäuden aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz hat in den letzten 15 Jahren im deutschsprachigen Raum (A, CH, D, Südtirol) eine neue volkswirtschaftliche Position eingenommen. Die ökologischen und ökonomischen Argumente mit biogenen Werkstoffen zu bauen sind die optimale Nachhaltigkeit, die mit der Verwendung verbundene Kohlendioxidreduktion, die Eigenschaften mit der Bauweise energieeffizient oder -gewinnend zu arbeiten, durch Vorfertigung Zeitoptimierung zu erzielen und durch die Werkstattfertigung wird eine Humanisierung des Arbeitssystems hinsichtlich Ergonomie, Anthropometrie erreicht. Ebenso zunehmend bedeutend ist die demographische Veränderung der Gesellschaft und die damit verbundene Aufgabenstellung humane Arbeitsplätze der Zukunft zu gestalten, die bei zunehmendem Durchschnittsalter der Menschen in den Unternehmen, eine Herausforderung hinsichtlich Produktivität und Gesundheit darstellt.

Die zunehmende Urbanisierung und neue Wohnformen (z.B. Mehrgenerationenhaus) in Europa fordern rationelle Fertigungsmethoden und bezahlbaren Wohn- und Gewerberaum.

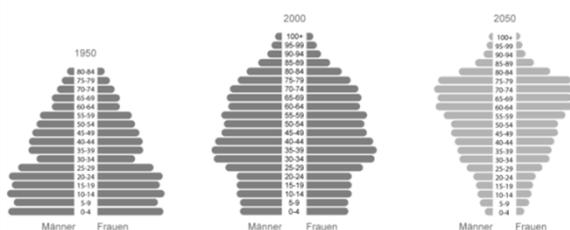


Bild 1: Demographische Entwicklung 1950 – 2000 – 2050  
Quelle: Stat. Bundesamt

In ca. 10 Jahren wird das Durchschnittsalter der in der Produktion und Montage tätigen Mitarbeiter um ca. 8 Jahre älter sein.

Die Verfügbarkeit an Produktivkräften wird sich „dramatisch“ verändern!

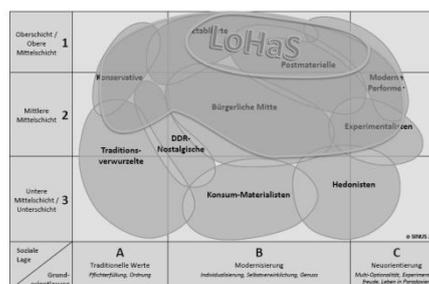


Bild 2: Sinus Milieus® in A/ CH/D seit 2010  
Quelle Sinus Institut  
LoHas: Lifestyle of Health and Sustainability

Die Darstellung zeigt, dass ca. 50 % der Gesellschaft eine ökologische Affinität aufweisen und offen sind für nachhaltige Bauweisen in Holz und biogenen Baustoffen

## 2. Leistungsspektrum des Holzbaus

Der Holzbau für Gebäude hat an architektonischer Attraktivität gewonnen, welche im Vergleich zu erstellten Gebäuden aus anderen Materialien gleichwertig bzw. in vielen Anwendungsbereichen überlegen ist. Die Bilder 3 bis 6 zeigen die Leistungsfähigkeit des Bauens mit biogenen Werkstoffen hinsichtlich Architektur, Vorfertigung und Zukunftsorientierung.



In den Jahren bis ca. 1990 wurde unter dem Fertigbau in erster Linie die Fertighausindustrie positioniert, welche standardisierte, räumlich genormte Häuser in serieller Produktion herstellte. Maschinen und Technologien waren auf diese Anforderungen abgestimmt. Die Aufgaben des handwerklich orientierten Zimmerergewerbes konzentrierte sich in erster Linie auf Holzbauarbeiten, die ergänzend zum Mauerwerksbau gefragt waren, zum Beispiel das Erstellen von Dachstühlen. Der Ingenieurbau mit dem Werkstoff Holz nahm immer schon eine gesonderte Rolle ein.

Zwei Hauptkriterien führten in den letzten 15-20 Jahren zu einer neuen Herausforderung für die handwerklich orientierten Holzbautriebe. Die positive Einstellung der Bevölkerung zum Bauen mit dem Werkstoff Holz und die einmaligen energetischen Eigenschaften des Werkstoffs Holz mit anderen Materialien.

Aus diesen Herausforderungen entwickelte sich ein neuer Markt für die handwerklich orientierten Holzbauunternehmen. Dieser konzentrierte sich zunächst auf den Ein- und Zweifamilienhausbau und hat je nach Region einen Marktanteil von 10-25 %. Die höchsten Marktanteile von nahezu 25 % werden im Süden Deutschlands, der Schweiz und Österreich erzielt.

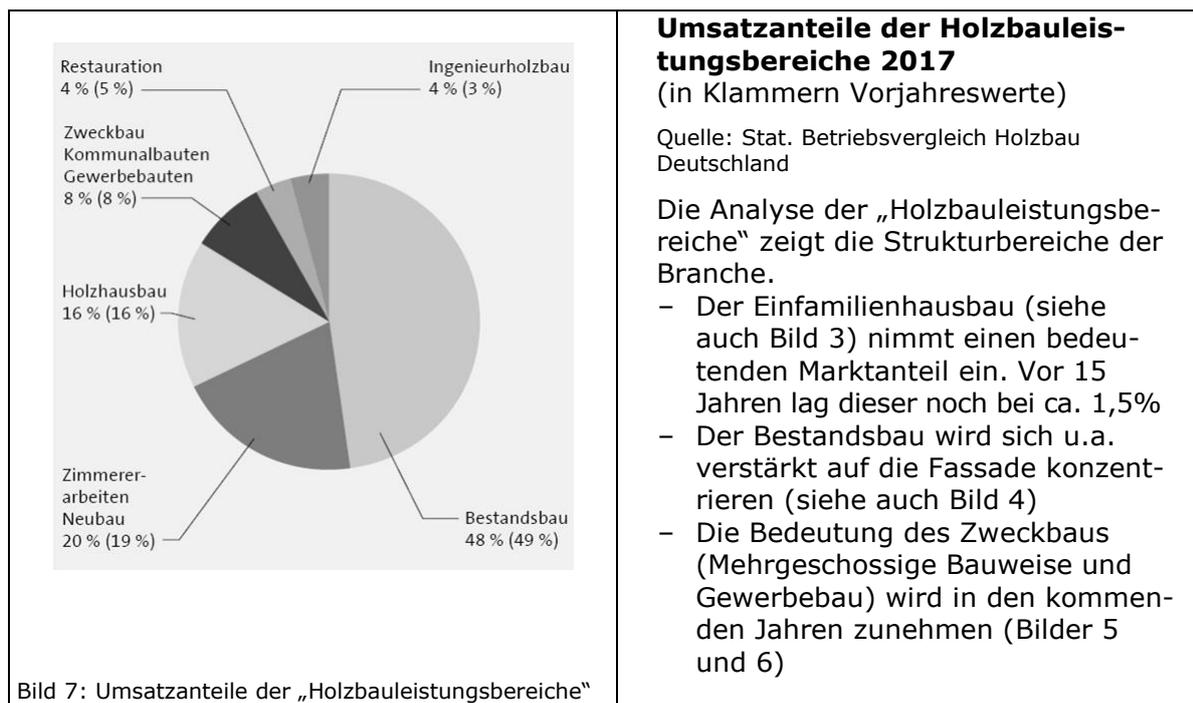
Aktuell erlebt man in den Städten den Prozess der Reurbanisierung. Ein zunehmender Zuzug vom Land in die Stadt ist festzustellen. Daraus resultierend steigt die Wohnungsnot in vielen Ballungsgebieten.

Aus den ökonomischen und gesellschaftlichen Aspekten steigt die Herausforderung sowohl Aufstockungen auf bestehende Gebäude, als auch mehrgeschossigen Gebäude in Holzbauweise zu erstellen.

Der Holzbau steht also vor der Aufgabe, qualitativ hochwertige und insbesondere bestandsverträgliche Lösungen für die Nachverdichtung im urbanen Raum bereit zu stellen.

Zurzeit liegt der Marktanteil für mehrgeschossiges Bauen in Deutschland und Österreich bei ca. 1,5 %. In der Schweiz konnte bereits ein Marktanteil von ca. 10 % erreicht werden. In den nächsten Jahren ist insbesondere in diesem Marktsegment eine wesentliche Steigerung zu erwarten. Besonders kleinere Holzbauunternehmen können im urbanen Bereich Aufstockungen auf Hochhäuser umsetzen.

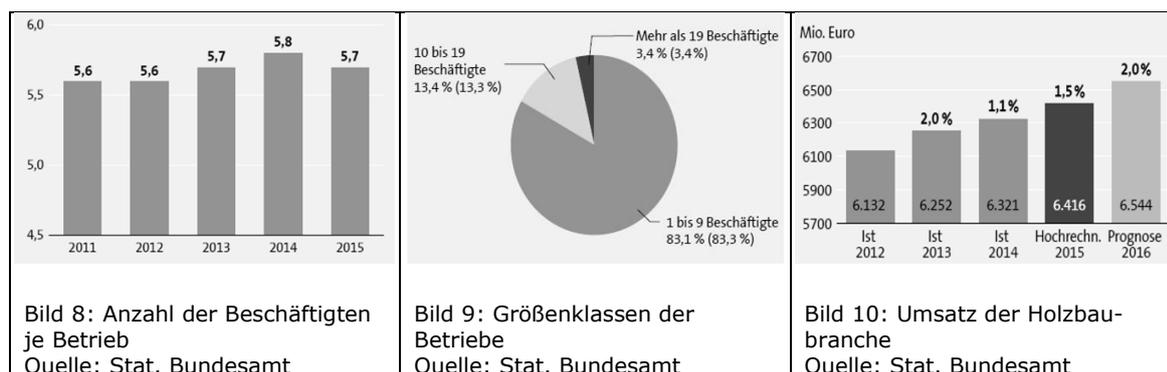
Bild 4 zeigt die Möglichkeit durch vorgesetzt Fassaden in dem Marktsegment "Bauen im Bestand" eine weitere Möglichkeit der Positionierung des Holzbaus. Diese Fassaden werden als Tafeln vorgefertigt und mit der Zielsetzung der optischen und energetischen Sanierung an bestehende Gebäude fixiert. Bei einem Bestand von ca. 50 Millionen Wohnungseinheiten in den Ländern Deutschland, Österreich und der Schweiz ist diesem Marktsegment eine hohe Bedeutung zuzumessen.



Alle beschriebenen und dargestellten Marktsegmente sind sogenannte normvariable Produkte. Für die rationelle Herstellung, insbesondere unter Berücksichtigung der werkstattorientierten Vorfertigung, sind fertigungstechnologische Lösungen zu entwickeln, die den Anforderungen des individuellen Bauens gerecht werden.

### 3. Branchenstruktur 2017

Kennzeichnend für die polypole Holzbaubranche ist die Größenordnung der Betriebe. Die Durchschnittsgröße über alle Betriebe gerechnet liegt bei knapp 6 Mitarbeitern, je Unternehmen. Von den ca. 11.500 Betrieben in Deutschland beschäftigen „nur“ 3,4% mehr als 19 Mitarbeiter. Dies entspricht einer Anzahl von ca. 400 Unternehmen. Diese Unternehmen setzen in der Fertigung Industrieanlagen ein, die in der Regel seriell orientiert sind. Für die restlichen 11.100 Betriebe sind zur wirtschaftlichen Produktion von Holzbauelementen kostengünstige und finanzierbare Technologien notwendig.



### 4. Fertigungstechnologie | tectofix®

Die wirtschaftliche Herstellung von Holzbau-Bauteilen ist in der Abbundtechnologie, durch sehr gute Anlagen, weitgehend realisiert (z.B. Fa. Hundegger, SCM). Für die Vormontage der Bauteile in der Werkstatt sind am Markt in der Regel nur größere Industrieanlagen verfügbar. Die für die hohe Anzahl an Kleinbetrieben verfügbaren Vorrichtungen und Montagetechnik sind in erster Linie auf Standardprodukte ausgelegt. Die vom Markt verlangte Flexibilität hinsichtlich Architektur, Konstruktion, Integration von Haustechnik und Individualität können mit den am Markt vorhandenen Anlagen nicht realisiert werden.

## 5. Fazit

Zur wirtschaftlichen und flexiblen Vorfertigung von Bauelementen in der Werkstatt wurde nachstehender Multifunktionstisch genannt tectofix® von Hr. Dipl. Ing. Walter Bauer entwickelt.

## 6. Innovationsgehalt

Zur Herstellung der Holzbauelemente wurde der Multifunktionstisch insbesondere für Kleinunternehmen entwickelt. Dieser ermöglicht die Verlagerung der Arbeit von der Baustelle in die Werkstatt.

Nachstehende Bilder zeigen Funktion und Produktleistungsspektrum der Anlage.



Die Bilder 11 bis 13 zeigen das Aufbauprinzip des Multifunktionstisches. Auf dem Hallenboden fixierte Flachsienen von ca. 20 mm dienen als Führungsschienen für den Rollwagen. Die auf den Längsträgern verstellbaren Spannelemente nehmen die tragenden Komponenten der Holzbauelemente auf.

Die Bilder 14 bis 16 zeigen Anwendungsbeispiele aus der Praxis. Wie dargestellt werden die Holzbauelemente entsprechend dem realen Element im fertigen Bau in der Werkstatt vorgefertigt.

Die Elementierung entspricht den maximalen Transportmaßen i.d.R. max. 12,5 Meter mal 2,8 Meter.

Das entwickelte und erprobte Arbeitssystem funktioniert wie folgt:

Abgeleitet aus den CAD Zeichnungen eines Holzbauproduktes werden die Daten auf die Vorrichtung skaliert übertragen. Die tragenden Komponenten (Sparren, Riegelwerk etc.) werden mittels Spannbacken durch Exzenter fixiert. Basierend auf dieser realen Abbildung erfolgt die weitere Montage einer Außenwand, Innenwand, eines Dachstuhls, einer vorgehängten Fassade, einer Brettsperrholzdecke usw. bis zur maximalen Fertigstellung z.B. beim Dachstuhl inklusive der Dachlattung und Gesimse. Das maximale Bearbeitungsmaß der Bauelemente ist theoretisch durch den modularen Aufbau der Anlage unendlich.

In der Praxis liegt das maximale Wunschmaß der Anlage in der Länge bei ca. 12 bis 18 Meter und in der Breite bei ca. 12 Meter. Somit kann z.B. die komplette Decke oder das Dach eines Einfamilienhauses in der Fertigung ausgelegt werden. Platzsparend kann die Anlage kompakt zusammengefahren werden, so dass der dann freiwerdende Platz für andere Arbeiten verwendet werden kann.

Durch einen konstruktiv ausgereiften Elementstoß werden die Bauelemente bauseits wieder zusammengeführt. Dieses Prinzip der toleranzfreien Vorfertigung lässt sich für alle Baukonzepte anwenden und zeigt daher eine Einmaligkeit auf.

Die Vorteile sind: Höhere Planungs- und Terminalsicherheit durch Unabhängigkeit vom Wetter, Vorfertigung bis zur Gesamtfläche, Qualitätsprüfungen und Abnahmen im Werk, erheblich kürzere Baustellenzeiten, bedeuten weniger Koordination, geringe Investition und hohe Rendite, weniger Wegezeiten, komfortables Arbeiten, ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze, Qualitätsverbesserung, Regendichtheit des Gebäudes in einem Tag (bei einem durchschnittlichen Einfamilienhaus), finanzierbar und wirtschaftlich auch für die kleinen Unternehmen der Holzbaubranche.

## 7. Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Unternehmen die die Anlage betreiben, bestätigen eine bedeutend bessere Wirtschaftlichkeit als nachfolgend dargestellt, hinsichtlich Amortisation und Wertschöpfung je Stunde.

Eine Wirtschaftlichkeit aus der Praxis für Kleinbetriebe der Holzbaubranche wird im nachfolgend dargestellt.

Beispielhaus	Dach- u. Deckenelemente	Σ	%
Konventionell		175 Std.	100%
Elementiert		105 Std.	60%
<b>Einsparung</b>		<b>70 Std.</b>	<b>-40%</b>

Bild 17: Zeiteinsparung „Vorfertigung versus Baustelle“

Investition:	45.000 ... 100.000 €
Durchschnittsanlage:	65.000 €
Abschreibung (15 Jahre)	rd. 4.500 €/J
Kalk. Zinsen (4%/ 1/2)	rd. 1.500 €/J
Versicherung u. Sonstiges	rd. 1.500 €/J
<b>Summe Kosten</b>	<b>rd. 7.500 €/J</b>

Bild 18: Investition und daraus abgeleitete Kosten

Stundensatz der Anlage	
	7.500 €/Jahr : 1.500 Std./Jahr = 5,00 €/Std.
Geldwert durch Zeiteinsparung:	
70 Std./Haus x 35,00 €/Std. =	rd. 2.500 €/Haus
Mehrkosten durch Investition:	
105 Std./Haus x 5,00 €/Std. =	rd. 500 €/Haus
<b>Einsparung durch Tectofix =</b>	<b>rd. 2.000 €/Haus</b>

Bild 19: Einsparungen in € / Jahr

Mindestmenge = rd. 4,0 Häuser/Jahr	
	7.500 €/Jahr : 2.000 €/Haus = rd. 4,0 Häuser/Jahr
Es sind 4,0 Häuser pro Jahr zu produzieren!	
Ab dem 5. Haus / Jahr erhöht sich der Gewinn um 2.000 € / Haus.	

Bild 20: Mindestmenge zur Wirtschaftlichkeit

Annahme: 15 Häuser / Jahr	
	Amortisationszeit der Investition: 2 Jahre
Bei:	
5 Häuser →	6 Jahre
10 Häuser →	4 Jahre
Berechnung:	
65.000 € : 2.000 €/Haus : 15 Häuser/Jahr = rd. 2,0 Jahre	

Bild 21: Amortisationszeitraum

Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeit:	
Zeiteinsparung:	40%
Monetäre Einsparung:	2.000 €/Haus
Amortisation:	ca. 2 Jahre, bei 15 Häuser/Jahr
Kritische Mindestmenge:	ca. 4 Häuser/Jahr
Stundensatz der Anlage:	ca. 5€/STd.

Bild 22: Zusammenfassung der Daten

Die in den Tabellen dargestellte Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigt eine hohe Zeiteinsparung von bis zu 40% auf, eine geringe Erhöhung der fixen Kosten und eine kurze Amortisationszeit von 4-6 Jahren, je nach Anzahl produzierter Hauseinheiten. Unter Anbetracht der Ergebnisse ist der Multifunktionstisch eine innovative und wirtschaftliche Lösung für 95% der Holzbaubetriebe, welche Bauelemente herstellen. Alternative Industrieanlagen stellen für diese Zielgruppe keine wirtschaftlichen und umsetzbaren Lösungen dar.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist, dass die handwerklich orientierten Mitarbeiter nicht mehr in die Industrie abwandern, sondern den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aufgrund der verbesserten Arbeitsbedingungen treu bleiben. Das Fluktuationsrisiko wird somit wesentlich abgesenkt. Durch die Vorfertigung unter witterungsunabhängigen Bedingungen in einer Halle ergeben sich wesentliche Qualitätsverbesserungen, verbesserte Auslastungen und damit auch eine Kostenreduktion, eine Reduktion des Krankenstandes aufgrund der Witterungsunabhängigkeit.

## 8. Zusammenfassung Innovationsgehalt

Die Innovation liegt in der Entwicklung eines kostengünstigen Multifunktionstisches, welche den individuellen, zukünftigen Anforderungen zur Herstellung von Bauelementen gerecht wird.

Die Anforderungen werden aus den Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit, der rationellen Vorfertigung, der Qualitätsoptimierung, der Humanisierung des Arbeitsplatzes aus ergonomischer Betrachtung, der Reduzierung des Krankenstandes und vielen weiteren bereits dargestellten Argumenten voll erfüllt.

## 9. Umsetzungskonzept

Der Multifunktionstisch für die Vorfertigung von Wand-, Dach- und Deckenelementen wurde in den letzten zehn Jahren konsequent den Anforderungen des flexiblen Holzbaus entsprechend entwickelt und wird permanent durch "Rückkopplungen" aus der Praxis angepasst und modifiziert.

Mehrere installierte Anlagen in Unternehmen des Holzbaus (insbesondere Zimmereibetriebe) beweisen die Notwendigkeit dieser Anlage.

Geplant ist, entsprechend den Anforderungen der Betriebe, die Anlage weiter zu entwickeln und durch Vorrichtungen rund um diesen Arbeitsbereich zu ergänzen.

Für die kommenden Jahre sind verstärkte Marketingaktivitäten im europäischen Raum geplant.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Vorgefertigte Holzverbundelemente für das Bauen im Bestand“ durch die HA Hessen Agentur GmbH wurde die Innovation Tectofix® hinsichtlich ihrer Vorteile der Vorfertigung und Ergonomie herausragend gegenüber anderen Technologien dargestellt.

Insgesamt wurden über 60 Anlagen realisiert.

## 10. Nachhaltigkeit

Ökologische, soziale und wirtschaftliche Nachhaltigkeitsaspekte werden von der Innovation Tectofix® erfüllt. Nachfolgend einige Argumente zur Nachhaltigkeit.

Rationelle Vorfertigung, z.B. mit Tectofix® stärkt die Wettbewerbsfähigkeit von Bauelementen aus Holz und verbessert somit Umweltaspekte wie z.B. CO<sub>2</sub>-Reduktion.

Wesentlicher Aspekt dem zunehmend eine Bedeutung zugewiesen wird, ist die Anforderung des demografischen Wandels. Dies fordert eine Neugestaltung der Arbeitsbedingungen. D.h. auch Kleinbetriebe haben einen Veränderungsprozess von der baustellenorientierten Fertigung zur werkstatorientierten Fertigung umzusetzen. tectofix® ist für diese Zielgruppe die einzige Anlage, die in einem wirtschaftlichen und technischen Umsetzungsrahmen liegt.

Durch den Veränderungsprozess von der Baustelle zur werkstatorientierten Fertigung werden ergonomische Anforderungen erfüllt und damit in der Folge die krankheitsbedingten Ausfallkosten reduziert. Ebenso reduziert sich die in der Branche hohe Unfallquote auf der Baustelle wesentlich. Ergonomisch ist die Anlage auf eine ideale Arbeitshöhe ausgerichtet und somit ein komfortables Arbeiten möglich.



Bild 23: Ergonomisches, witterungsunabhängiges Arbeiten

Die einfache Bedienung ermöglicht eine sehr kurze Einarbeitungszeit.

Ältere Mitarbeiter können ebenso in den Arbeitsprozess integriert werden und die "Einfachheit" der Bedienung ermöglicht Ihnen ein schnelles Kennenlernen der Anlage.

Der Fachkräftemangel ist eine vieldiskutierte Frage und wirkt sich insbesondere auf der Ebene der Facharbeiter und Meister aus.

Bekannt ist auch, dass immer weniger junge Menschen bereit sind auf der Baustelle zu arbeiten. Wie bereits dargestellt ermöglicht diese Anlage eine werkstatorientierte Fertigung, was von jungen Menschen bevorzugt wird. Somit ist sie ein wesentlicher Beitrag zur Sicherstellung und Gewinnung von zukünftigen Fachkräften für die Branche. Ein Jobenrichment wird insbesondere dadurch erzielt, dass es keine Fließbandfertigung ist, sondern das Arbeiten an einer Fertigungszelle, an der von einem Mitarbeiter vielseitige Tätigkeiten ausgeführt werden.

Der digitale Prozess im Baubereich, allgemein unter BIM (Building Information Modeling) bekannt, ist bei einer überwiegend baustellenorientierten Fertigung nur zu einem bestimmten Teil umzusetzen. Die werkstatorientierte Fertigung mit der Integration von Tectofix® ermöglicht eine weitgehende Durchgängigkeit von BIM in kleinen Holzbauunternehmen.

Der Multifunktionstisch verursacht keine Energiekosten, ist mit einfachen mechanischen Elementen ausgerüstet (keine Elektronik) und von daher wartungsfrei. Reparaturen können gegebenenfalls von dem Unternehmen selbst ausgeführt werden

Der Holzbau ist „normalerweise“ ein lokaler Markt. Durch die mögliche Vorfertigung erweitert sich für die einzelnen Unternehmen der Absatzradius auf den europäischen Raum. Insbesondere der deutschsprachige Raum zeigt seine Stärke durch den Export von Maschinen und Anlagen. Tectofix® erfüllt die Anforderungen dieses volkswirtschaftlichen Kontextes hinsichtlich dieses Marktsegmentes Maschinenbau.

## 11. Weitere Informationen

Für ein ergänzendes und vertieftes Verständnis der tectofix®-Anlage bitten wir um Beachtung nachfolgender Links und Adresse:

<http://www.tectofix.de>

<http://www.tectofix.de/meinungen-und-medien.html>

Bauer Technik  
Eine Abteilung der Bauer Holzbau GmbH  
Alte Höhe 1  
D-74589 Satteldorf-Gröningen

Tel. 0049 (0) 7955 / 385-0  
@: [info@tectofix.de](mailto:info@tectofix.de)



# Abbinden vor – während – nach dem Fügen

Urs Steinmann  
Technowood GmbH  
Alt St. Johann, Schweiz





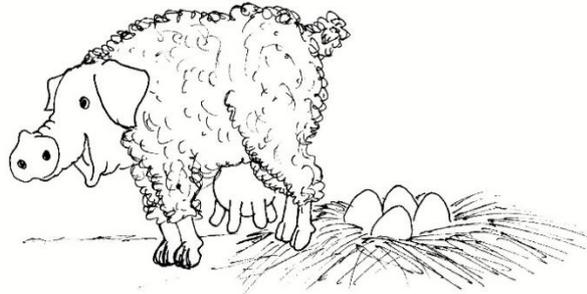
# Abbinden vor – während – nach dem Fügen

Die Zukunft fordert, dass wir uns flexibel auf den Weg machen.

Flexibel heisst nicht eine «holzspänesfressende, eierlegende Wollmilchsau» zu kaufen.

Flexibel heisst für mein Verständnis:

- einfach erweiterbar
- einfach veränderbar
- modular
- offene Softwarearchitektur



## 1. Abbinden vor dem Fügen: Zusammenbau von Baugruppen mit fertig konfektionierten Bauteilen

Das Fügen von Baugruppen (Elementen) mit fertig konfektionierten Bauteilen setzt den Einsatz von Fügekomponenten und Fügehilfen voraus.

Dies können sein:

- Dübel
- Federn
- Nut + Kamm
- Zapfen + Loch
- Anschläge
- Etc.

Oftmals wird versucht ohne Fügekomponenten rationell, präzise und automatisiert Baugruppen zusammenzubauen, zu fügen. Dies endet oft mit Qualitätsproblemen, schwacher Leistung und unsicheren Prozessen.

Die Automobilindustrie macht es uns vor. Sie setzt konsequent Fügemitte ein um die Komponenten genau zu positionieren. Ohne den Einsatz von FügemitteIn kann diese Strategie schlecht funktionieren bzw. automatisiert werden

## 2. Abbinden während dem Fügen: Herstellung der Baugruppen / Elemente schichtweise

- Wenig Fügemitte bzw. Fügehilfen notwendig
- Ständiger Wechsel zwischen Fügen und Bearbeiten
- Es werden fertig konfektionierte Bauteile und Rohteile eingesetzt

Abbinden nach dem Fügen

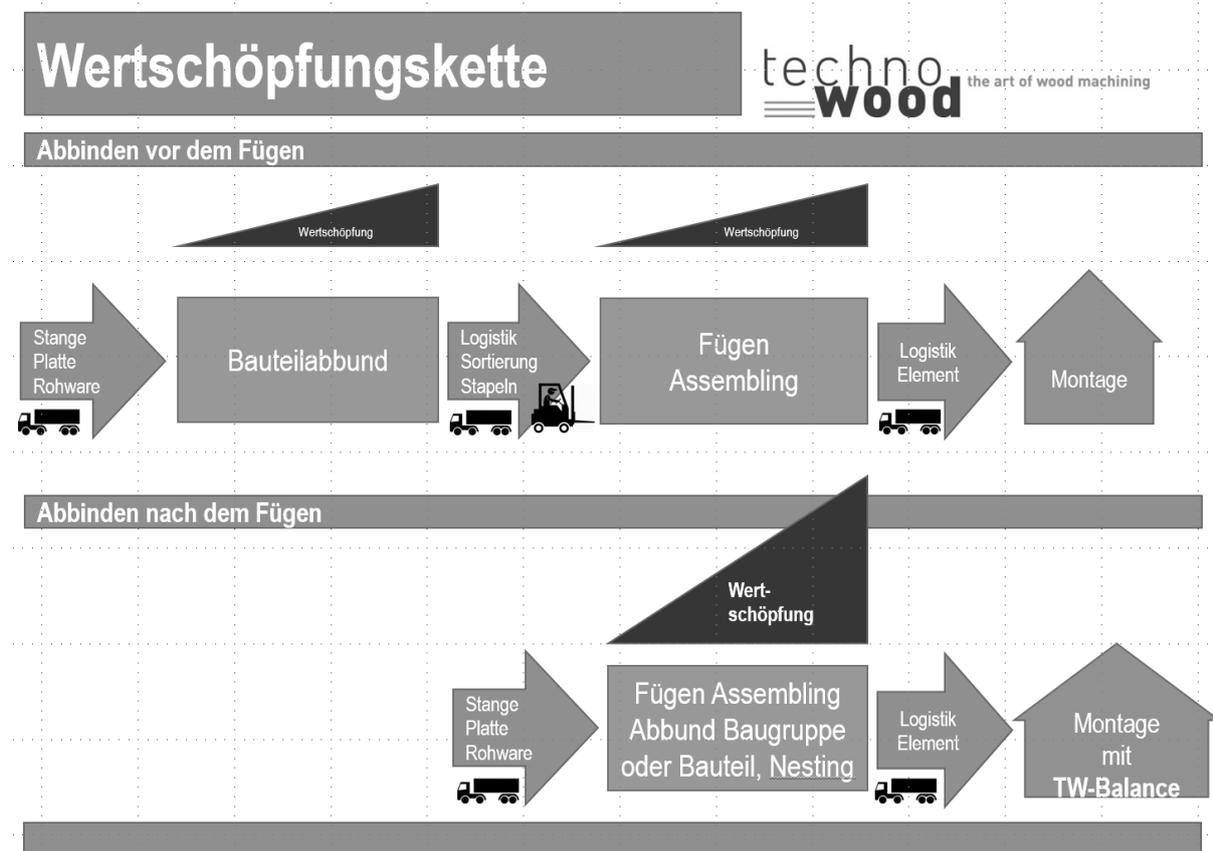
Bearbeitung von gefügten Baugruppen / Elemente

- Fast keine Fügemitte bzw. Fügehilfen notwendig
- Hohe Präzision

- Vereinfachte Logistik
- Es werden hauptsächlich Rohteile zugeführt
- Hohe Wertschöpfung auf der Linie

Aus der untenliegenden Grafik ist klar ersichtlich, dass das Konzept «Abbinden nach dem Fügen» wesentliche Vorteile bringt:

Der Logistikaufwand ist wesentlich geringer (innerbetrieblich und ausserbetrieblich)  
Es kann eine wesentlich höhere, konzentrierte Wertschöpfung erzielt werden.

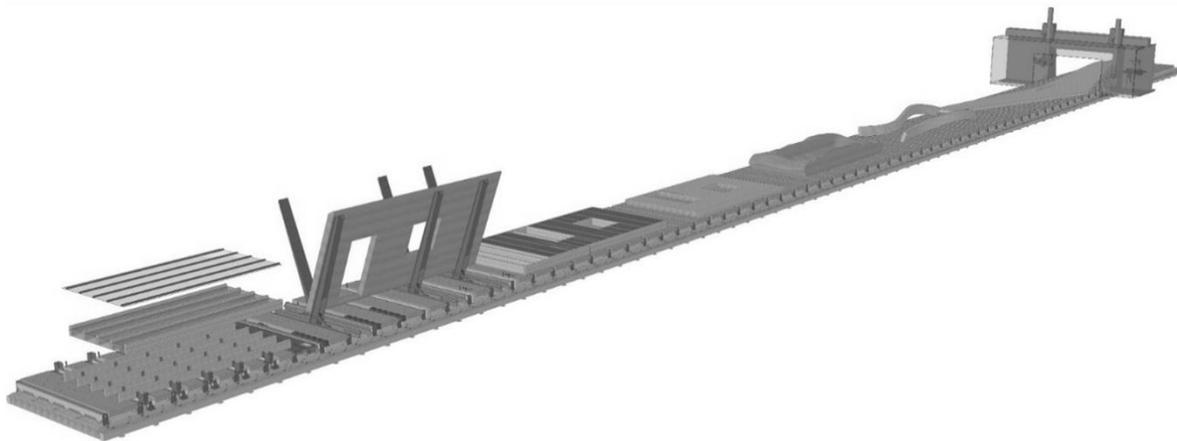


### 3. Auf einer Linie bleiben: Linear gestaltete Produktionslinien für die Herstellung von Gebäudeelementen bzw. Baugruppen

Produktionen von Gebäudeelementen wie Wand- Decken und Dachelementen sollten linear angeordnet werden.

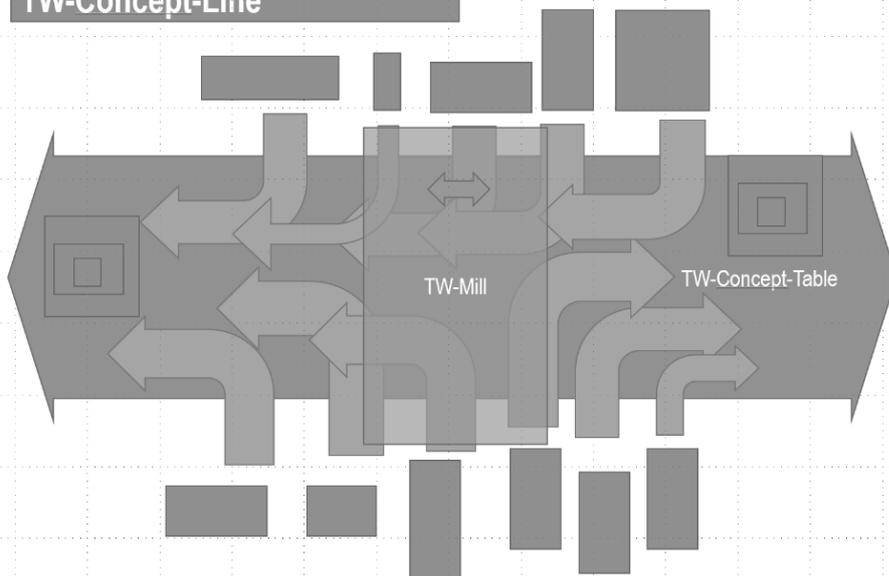
Diese Anordnung bringt folgende Vorteile:

- Die ganze Linie (Tisch) kann als Puffer verwendet werden.
- Keine Segmentierung des Tisches notwendig (z.B. 12 Meter Tischlänge)
- Die Linie kann einfach ergänzt werden
- Die Linie kann einfach verändert werden
- Flexibilität für die Zukunft
- Beidseitiges flexibles Bereitstellen der Baugruppenkomponenten
- Richtung des Produktionsflusses frei



Auf einer Linie bleiben  
TW-Concept-Line

techno  
wood the art of wood machining



#### 4. Veränderung des Informationsflusses

Der Daten- bzw. Informationsfluss muss sich in Zukunft wesentlich ändern. Das vermehrte Bearbeiten ganzer Baugruppen bedingt, dass Bearbeitungen nicht nur auf Bauteilebene definiert werden können. Bauteilübergreifende Bearbeitungen müssen auch definiert werden können.

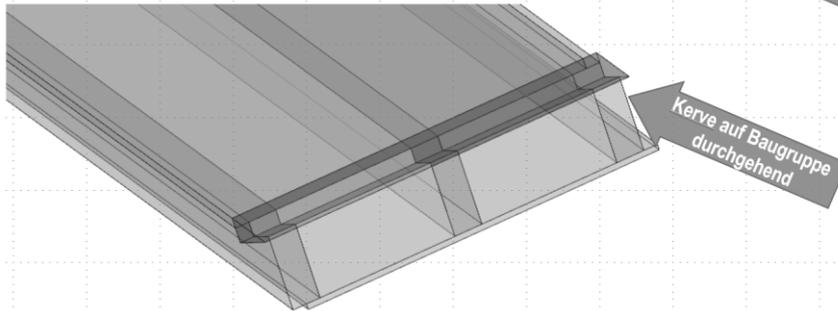
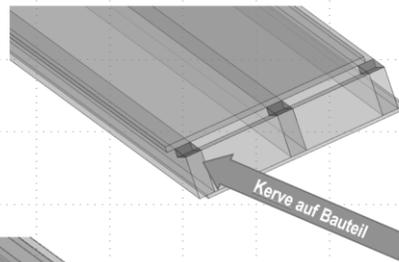
- Kerven an Dachelementen
- Trauf- und Firstschnitt an Dachelementen
- Bohrungen durch mehrere Schichten
- Ausblattungen an Hohlkastenelementen
- Akkustikbearbeitungen wie Bohrungen und z.B. Schlitz
- Etc.

Das CAD muss also in der Lage sein eine baugruppenübergreifende Bearbeitung, wie eine Kerbe, zu erkennen und über ein geeignetes Format (z.B. BTL-Schnittstelle) an die Anlagen weiter zu geben.

## Abbinden nach dem Fügen

techno  
wood the art of wood machining

Bearbeitungen in Baugruppe müssen abgegriffen werden können!



Nur wer auf  
Veränderungen  
vorbereitet ist kann  
auch davon profitieren



# Hocheffiziente Vorfertigung im Modulebau

Hansbert Ott  
WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH  
St. Johann-Lonsingen, Deutschland





# Hocheffiziente Vorfertigung im Modulebau

## 1. Was macht den Modulebau so interessant?

Module sind in sehr vielen Objekten zu finden und haben ein großes Einsatzgebiet. Hauptsächlich kommen sie bei Objektbauten, wie beispielsweise in Bürogebäuden, Hotels, öffentlichen Gebäuden wie Schulen und Krankenhäuser oder auch bei temporären und mobilen Objekten zum Einsatz. Aber auch Einfamilienhäuser werden damit realisiert.

Der Module-Bauweise liegt ein extrem hoher Vorfertigungsgrad zugrunde. Alle Elemente werden in der Halle zum Wohnmodul montiert und auch Installationen, Fenster und beispielsweise Treppen werden bereits hier eingebracht. Das komplette Modul wird dann auf die Baustelle geliefert, wo die Module dann nur noch aneinander bzw. aufeinander gesetzt und fixiert werden. Auf diese Art und Weise entstehen nicht selten bis zu 8-stöckige Gebäude. Unter bestimmten Feuerschutzmaßnahmen sind sogar Gebäude mit bis zu 14 Stockwerken möglich. So entstand in Bergen (Norwegen) ein Gebäude mit einer Höhe von knapp 53 Metern.

Daraus ergeben sich einige Vorteile welche die Fertigung wesentlich vereinfachen. Der hohe Vorfertigungsgrad ermöglicht auf der einen Seite eine schnelle Herstellung und auf der anderen Seite kürzeste Montagezeiten auf der Baustelle. Zudem sind die Kosten für Material und Montage deutlich geringer und damit effizienter als bei vergleichbaren Bauweisen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad wird eine konstant hohe Qualität durchgehend gewährleistet. Des Weiteren wird durch die kurzen Montagezeiten auf der Baustelle die Abhängigkeit von Risikofaktoren wie beispielsweise der Witterung oder fehlerhafter Montage deutlich reduziert.



Abbildung 1: Häufig werden mehrgeschossige Gebäude in Modul-Bauweise erstellt.

## 2. Fertigungsmöglichkeiten

### 2.1. Datenfluss

Die vom Architekten erstellten Zeichnungen werden an die CAD/CAM-Programme weitergegeben. Über BIM (=Building Information Modeling) werden alle notwendigen Daten wie Struktur, Material oder Maße zur Verfügung gestellt und die für die Maschinen notwendigen CNC-Daten automatisch erstellt. Dies ermöglicht einen durchgängigen Datenfluss von der Erstellung der Skizze bis hin zur Ausgabe der maschinenlesbaren Daten. Dies ist insofern wichtig, da so Übertragungsfehler ausgeschlossen werden, die Daten durchgängig überwacht werden und damit die konstant hohe Qualität gewährleistet wird.

### 2.2. Produktionsweise

Die Herstellung der Module unterscheidet sich zunächst nicht wesentlich vom Fertighausbau. Mit den Abbundanlagen werden alle Zuschnitt- und Abbundarbeiten ausgeführt. Balken für Dach und Decke werden dabei hergestellt, ebenso wie Gurte und Stiele für die Wandelemente. Das Herstellen des Riegelwerks sowie das Beplanken, Bearbeiten und Formatieren erfolgt mit den bekannten Riegelwerkstationen, Arbeitstischen und Multifunktionsbrücken. Die Handling- und Lagersysteme sind für die komplette Materiallogistik perfekt ausgelegt.

Ein Modul besteht aus Außenwänden, offenen und geschlossenen Innenwänden sowie Boden- und Deckenelementen. Der Fertigungsprozess gestaltet sich folgendermaßen:

#### **Außen- und Innenwände:**

Die Wandelemente werden auf einer Fertigungslinie produziert. Nach Erstellung des Riegelwerks wird zunächst die Beplankung auf der Innenseite angebracht, befestigt und bearbeitet. Nach Fertigstellung der ersten Elementseite werden diese gewendet und die notwendigen Installationen und Isolierungen eingebracht. Die sogenannten Trennwände werden dann bereits aufgestellt und über Wandspuren für die Montage bereitgestellt.

Auf die Außenwände sowie Innenwände wird die Beplankung aufgebracht, befestigt und bearbeitet. Nach Fertigstellung werden diese aufgestellt und über Wandspuren zu den nächsten Arbeitsstationen befördert. Hier werden beispielsweise Fenster und Türen eingebaut, Putz angebracht oder die Fassade fertig gestellt. Anschließend werden die Elemente ebenfalls zum Montageplatz befördert.

#### **Boden- und Deckenelemente:**

Je nach Spezifikation kann die Balkenlage quer oder längs sein. Die Bodenelemente sind in der Regel in einer Holzkonstruktionsweise ausgeführt. Verwendung finden aber auch Stahlbeton-Verbundelemente. Da sowohl die Boden- als auch die Deckenelemente größere Dimensionen als Wandelemente besitzen, werden diese auf einer separaten Fertigungslinie produziert. Die Elemente sind bis zu 4,2 m breit und bis zu 12 m lang.

Auch bei diesen Elementen wird zunächst das Riegelwerk (manuell oder vollautomatisch) erstellt und dann die Unterseite beplankt. Nach dem Wenden des Elements werden die Installationen wie Sanitär und Elektrik, sowie die Isolierung eingebracht. Die Oberseite wird ebenfalls geschlossen und teilweise schon mit einem Parkettboden versehen. Das Element wird in einem Zwischenlager bereitgestellt, bzw. direkt der Montagelinie zugeführt.

#### **Dächer:**

Die Dächer der Modulebauten werden meist als Flachdächer ausgeführt oder auch aus Nagelplattenbinder oder Dachelemente, die auf der Baustelle aufgesetzt werden. Der Zuschnitt dafür wird mit Abbundanlagen erledigt.

Über sogenannte Aufstell- und Verteilwagen werden alle Elemente am Montageplatz bereitgestellt, um hier das komplette Modul zusammenzubauen. Ebenso erfolgt hier auch der Innenausbau, es werden beispielsweise Steckdosen angebracht, Wand- und Fußbeläge aufgebracht, komplette Badezimmer eingebaut und teilweise bereits die Inneneinrichtung wie Küchen montiert. Die fertigen Module werden auf die Baustelle gebracht, dort montiert und das Objekt fertig gestellt.



Abbildung 2: Am Montageplatz werden die Module zusammengebaut.

### 2.3. Industrie 4.0 / tapio

Ein wesentlicher Teil der Fertigungsanlage ist neben den Maschinen natürlich die Software. Über eine Produktionsliniensteuerung wird die komplette Fertigungsanlage zentral aus dem Büro angesteuert. Dabei findet die komplette Kommunikation zwischen den einzelnen Fertigungseinheiten über ein Produktionslinien-Management statt. Es wird der gesamte Datenfluss von CAD bis hin zur Abarbeitung durch die jeweilige Maschine abgebildet und gesteuert, sowie eine Rückmeldung ans ERP-System durchgeführt. Um eine optimale Logistik zu gewährleisten, erhält jede Maschine zur richtigen Zeit die richtigen Informationen, um die Elemente in der festgelegten Reihenfolge zu produzieren. So werden auch die entsprechenden Materialbeschaffungen durch die Rückmeldungen automatisch ausgelöst und just-in-time an den Maschinen bereitgestellt.

Die Maschinen sind alle tapio-ready. Das bedeutet, dass wichtige Informationen und Maschinen-Daten in der Cloud gesammelt und zur Verfügung gestellt werden. So können Produktionsdaten wie der Maschinenstatus, die Anzahl produzierter Werkstücke oder die Einsatzzeit der Maschinen von überall nachverfolgt werden. Die Informationen können beispielsweise über PC, Tablet oder Smartphone abgerufen werden.

Verschiedene Tools vereinfachen die Überwachung und machen den gesamten Prozess effizienter. Mit dem MachineBoard lassen sich die Maschinen optimal überwachen. Der Maschinenbediener trägt per Smartphone alle Anzeigen zu den Maschinen in Echtzeit bei sich. So ist er immer rechtzeitig an der Maschine und kann flexibel agieren. DataSave speichert alle wichtigen Daten der Maschinen in einem abgesicherten Bereich, so dass diese bei Bedarf sofort verfügbar sind und die Maschinen schnell wieder in Betrieb gehen können. Treten bei einer Maschine Fehler auf, kann mit dem ServiceBoard eine Anfrage direkt an den Servicepartner gestellt werden. Dadurch kann der Serviceexperte den Bediener umgehend kontaktieren und Fehler über eine Videoverbindung live klären. Das bedeutet eine deutliche Reduzierung von Stillstandszeiten und die Möglichkeit schneller wieder optimal produzieren zu können.

### 3. Modulebau in der Praxis

Je nach Kapazität und Anforderung gibt es verschiedene Möglichkeiten den Automatisierungsgrad der Fertigungsprozesse zu konfigurieren. An drei Beispielen werden im Folgenden die wesentlichen Unterschiede beschrieben.

#### **Bis zu 1.000 Module pro Jahr**

In Polen beispielsweise gibt es verschiedene Hersteller, die mit einer teil-automatisierten Fertigung arbeiten. Die Fertigungsanlagen bestehen aus einer automatisierten Wandfertigung und einer manuellen Boden- und Deckenfertigung, die aus mehreren Arbeitstischen besteht. Mit dieser Fertigungsart werden Leistungen von bis zu 1.000 Modulen pro Jahr erreicht.

#### **Bis zu 2.500 Module pro Jahr**

Bei höher geforderten Leistungen läuft der komplette Fertigungsprozess noch deutlich automatisierter ab. Es werden nicht nur die Wandelemente, sondern auch die Boden- und Deckenelemente automatisiert hergestellt. Um auch individuelle Module fertigen zu können, ist die Fertigungsanlage sehr flexibel gestaltet. Ein Werk das in dieser Art und Weise produziert ist beispielsweise in Schweden zu finden.

#### **Hocheffiziente Fertigung – Bis zu 3.500 Module pro Jahr**

Mit dem momentan höchsten Automatisierungsgrad, der im Modulebau zu finden ist, produziert die Firma Lindbäcks in Schweden seit Ende 2017. Mit aktuellsten Technologien werden im Werk in Pitea auf einer Fläche von 42.000 m<sup>2</sup> pro Jahr und Schicht 3.500 Module hergestellt. Alle Module werden mit höchstem Vorfertigungsgrad produziert. Das bedeutet, dass die Module im Werk komplett vormontiert und auch schon weitest gehend eingerichtet werden. Beispielsweise werden hier bereits Badezimmer, Küchen oder Säunen im Werk eingebaut.

Die Produktionslinie läuft nahezu mannlos und beinhaltet ein Roboterhandling. Dieses ist integriert in die Riegelwerkstation bei der das komplette Riegelwerk vollautomatisch erstellt wird. Türen und Fenster werden dabei schon in das Riegelwerk eingebaut. Das Befestigen und Bearbeiten der Beplankung erfolgt durch zwei Multifunktionsbrücken die parallel auf einem Element arbeiten um die benötigte Leistung zu erreichen.

Nicht nur die gesamte Produktion der Elemente, sondern auch die Elementlagerung und –bereitstellung, so wie die Montage der Module und die Modulelagerung und -auslieferung erfolgt mit minimalstem Personaleinsatz und hoher Automatisierung.

## **Wirtschaftlichkeit –**

Holz-, Verbund- und Hybride- Bausysteme  
in einer wirtschaftlichen Gesamtbetrachtung



# Wirtschaftliche Betrachtung vorgefertigter Holz-Beton- Verbundsysteme

Thomas Lierzer  
MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH  
Wöllersdorf, Österreich





# Wirtschaftliche Betrachtung vorgefertigter Holz-Beton-Verbundsysteme

## 1. Einleitung

Holz und Beton sind traditionelle Baustoffe, welche auch die moderne Architektur und das Bauwesen der heutigen Zeit prägen. Eine Kombination von verschiedenen Bauelementen und Materialien ist durchaus schon seit langem üblich, wobei insbesondere im Holzbau in den letzten Jahren das Interesse an Verbundsystemen und hybriden Lösungen zugenommen hat. Insbesondere bei Deckensystemen können die Vorteile beider Baustoffe, welche teilweise komplementäre Eigenschaften haben, im Verbund gut kombiniert und genutzt werden.

Die MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH beschäftigt sich seit ihrer Gründung in 2013 mit dem Thema Holz-Beton-Verbund und bringt mit der XC® Decke seit 2015 vorgefertigte Holz-Beton-Verbund Deckenelemente auf den Markt. Die MMK ist ein Joint-Venture der Mayr-Melnhof Holz Holding AG und der Kirchdorfer Fertigteile Holding GmbH. Mayr-Melnhof Holz ist einer der führenden Hersteller von konstruktiven Holzbauteilen. Die Kirchdorfergruppe ist einer der führenden Hersteller von Beton-Fertigteilen und weiters auch in den Sparten Zement und Mineralische Rohstoffe international tätig.

## 2. Holz-Beton-Verbund Deckensysteme

Die Möglichkeiten für Holz-Beton-Verbund sind vielfältig. Grundsätzlich eint sie, dass in der Verbunddecke, der Beton in der Druckzone über ein Verbundmittel mit dem Holz in der Zugzone verbunden ist. Durch die Verbundwirkung im hybriden Bauteil werden die statischen und bauphysikalischen Eigenschaften beeinflusst.

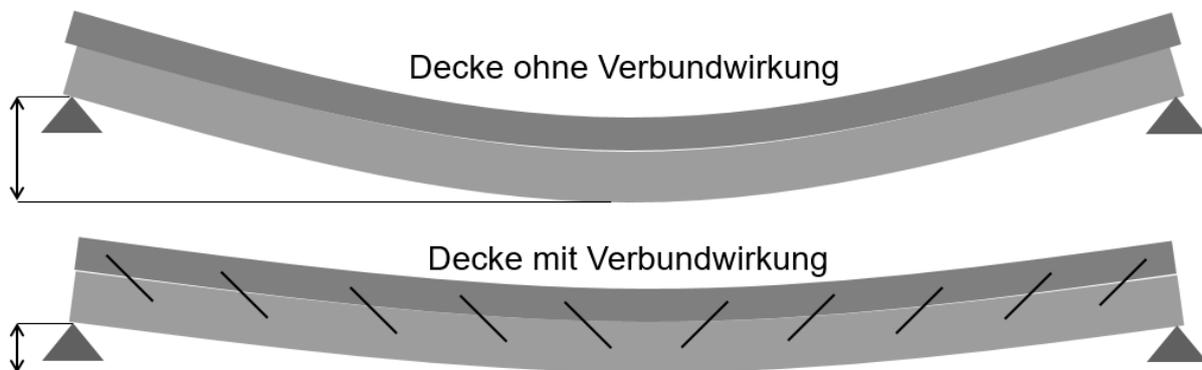


Abbildung 1: Grundlagen der Verbundbauweise [Hölzl, 2014]

Hinsichtlich der Geometrie des Verbundbauteils werden 2 Arten unterschieden: Aufgelöste Querschnitte werden auch als Rippenplatten bezeichnet und eignen sich in der Regel für größere Spannweiten. Die Zwischenräume können für div. Installationen beansprucht werden. Flachdecken eignen durch die Linienauflagerung für einfache Konstruktionen und Bauteilanschlüsse und haben als tragendes Holzbauteil meist Brettstapel- oder Brettsperrholzelemente.

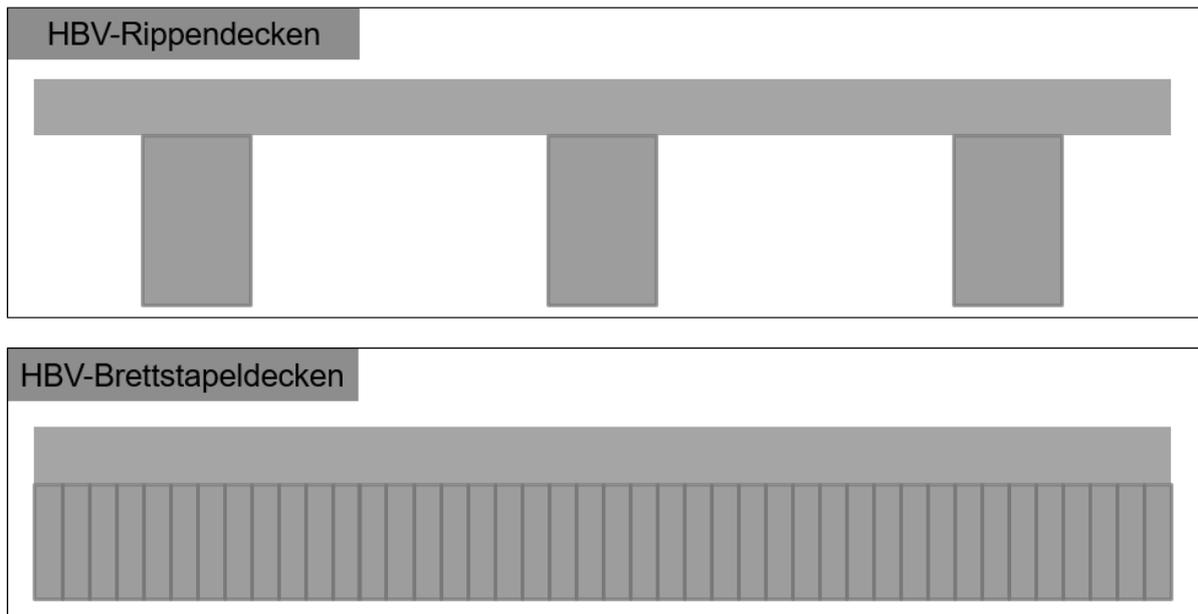


Abbildung 2: Einteilung nach Geometrie und Art des Holzbauteils [Hölzl, 2014]

Ein weiteres Unterscheidungskriterium, das technische Ausführung und Bemessung einerseits sowie wirtschaftliche Betrachtung andererseits beeinflusst, ist die Art des Verbindungsmittels. Die Schichten können kraftschlüssig (z.B. mit Schrauben, Lochblechen,...) oder formschlüssig (z.B. durch Ausfräsungen im Holzteil) miteinander verbunden werden.

Eine weitere Einteilung, welche insbesondere den Bauablauf und damit die Wirtschaftlichkeit beeinflusst, ist die Einteilung nach der Herstellungsmethode.

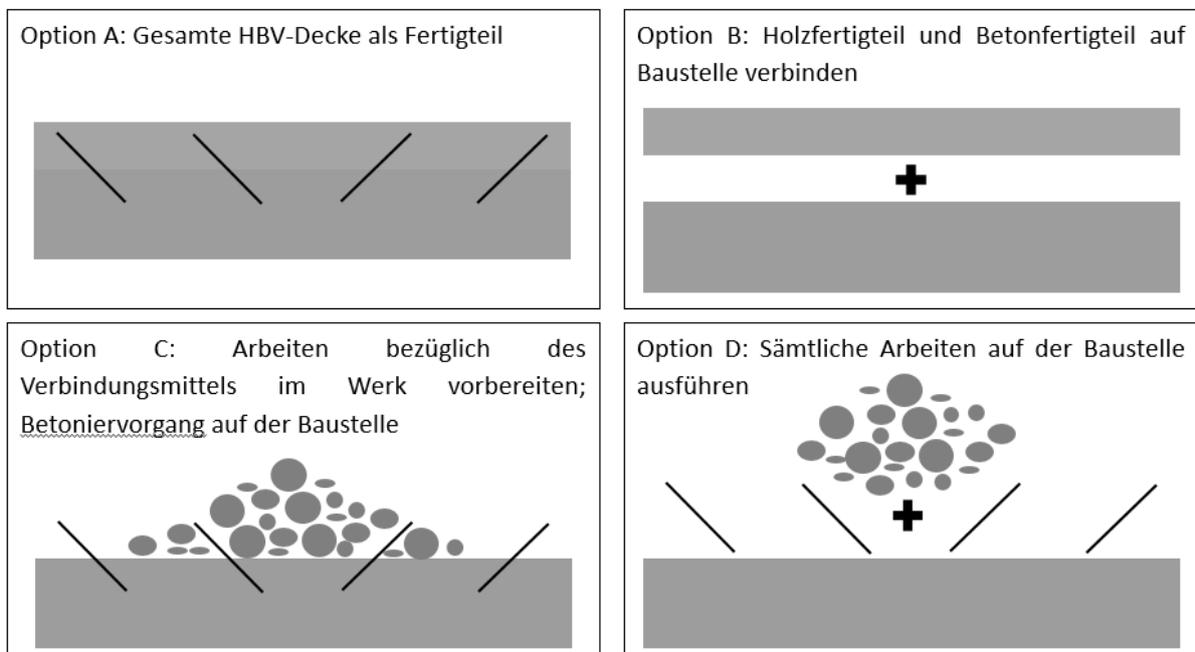


Abbildung 3: Einteilung nach Herstellungsmethode [Hölzl, 2014]

### 3. Wirtschaftliche Aspekte für Systemvergleiche

Ein direkter wirtschaftlicher Systemvergleich verschiedener Bau- / Hybridbauweisen bzw. von Verbundsystemen ist aufgrund der vielen Variationsmöglichkeiten von Holz-Beton-Verbundsystemen durch verschiedenen Projektanforderungen schwierig.

Wesentlich erscheint dabei aber, dass möglichst alle baupraktisch relevanten Kriterien betrachtet, und – je nach Wichtigkeit und Stellenwert im analysierten Bauprojekt – bewertet werden.

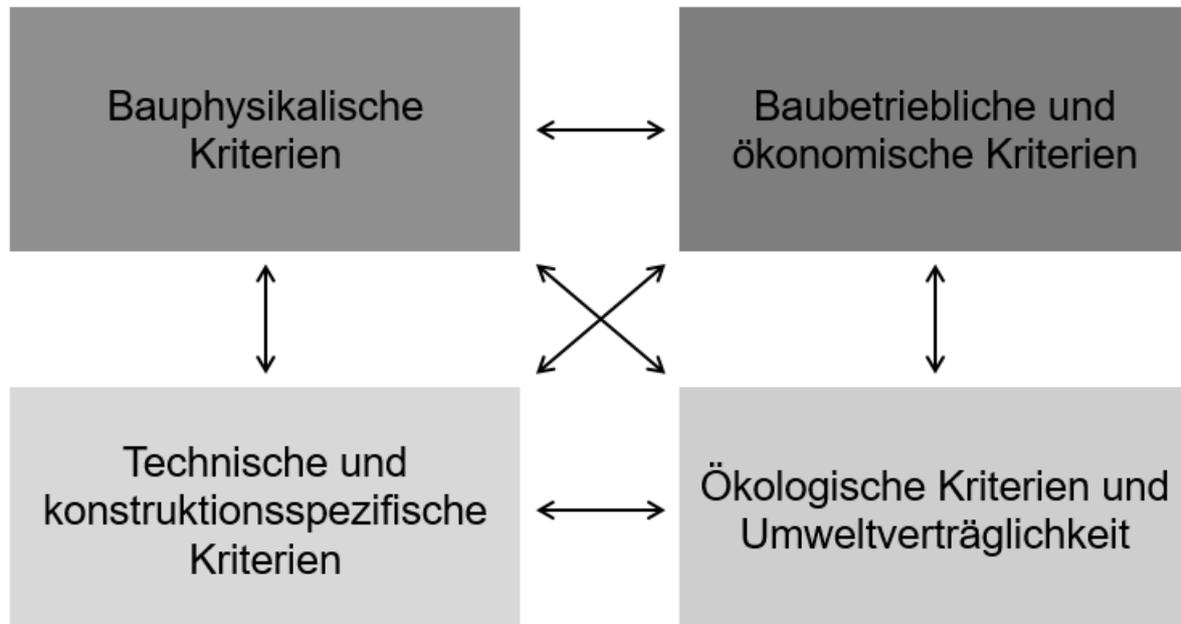


Abbildung 4: Kriterien für wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbund Decken [Hölzl, 2014]

### Quellenangaben für Kurzbericht und Referat

Hölzl, 2014: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken, Masterarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz

Koppelhuber, 2016: Studie Holz-Beton-Verbunddecken | XC Fertigteile im mehrgeschossigen Wohnbau

Kohlbach, Provasnek, 2017: Wirtschaftlichkeitsvergleich von Deckensystemen, Masterprojekt am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz



# Skelett-/Rahmen- und Brettsperrholzbauweise im direkten Vergleich

Pirmin Jung  
Pirmin Jung Ingenieure AG  
Rain, Schweiz





# Skelett-/Rahmen- und Brettsperrholzbauweise im direkten Vergleich

## 1. Einleitung

Vor 36 Jahren wurde der IBM Personal Computer am Markt eingeführt und war der Ursprung für die dritte industrielle Revolution. IBM wählte als Betriebssystem MS-DOS von Microsoft. Drei Jahre später hat Apple seinen Macintosh gelauncht. Im Unterschied zum PC von IBM funktionierte der Macintosh mit dem eigenen Betriebssystem. Damit war der Kampf der Computergiganten eröffnet – zwischen Microsoft und Apple. Die Konkurrenz hat die Innovation und die Vermarktung vorangetrieben, die Welt wurde grundlegend verändert.



Abbildung 1: Mit dem 1981 eingeführten IBM-PC, der mit dem Betriebssystem MS-DOS funktionierte und mit dem 1984 eingeführten Macintosh von Apple wurde die dritte industrielle Revolution gestartet.

Wie bei den Computern werden heute mehrgeschossige Holzbauten mit zwei unterschiedlichen Wandsystemen realisiert: Mit der Skelett/Rahmenbauweise auf der einen – und mit der Brettsperrholzbauweise auf der anderen Seite. Beide Wandsysteme können mit den unterschiedlichsten Deckensystemen kombiniert werden: mit Massivholzdecken, mit Holzbetonverbunddecken aller Art, mit Hohlkasten- und Rippendecken und aber auch mit vorgefertigten Betonelementdecken oder mit vor Ort gegossenen Betondecken.

## 2. Skelett/Rahmenbauweise

Als in der Schweiz 1999 das erste viergeschossige Genossenschaftsgebäude der Allgemeinen Wohnbaugenossenschaft in Zug in Holzbauweise geplant werden durfte, zeigten sich bei der Holzrahmenbauweise, wie sie aus Amerika bekannt war und in Europa für den Einfamilienhausbau immer mehr Fuss fasste, Schwachstellen:

- Das Querholz der Schwellen- und Kopfhölzer sowie der Geschosdecken hätte unter den Einwirkungen zu grossen Verformungen und in Kombination mit den steifen, betonierten Treppenhaukernen zu absehbaren Bauschäden geführt.
- Die Lastausbreitung in den Aussenwänden erfolgte neben den Fenstern sehr konzentriert, in den Flächen ergaben sich aufgrund der durchlaufenden Kopfhölzer kaum Normalkraftbeanspruchungen.
- Die Kopfhölzer ergaben über den Fenstern, in Kombination mit den gewünschten Rafflamellenstoren, zu hohe Sturzelemente.

Die Stärke der Holzrahmenbauweise wurden mit den Stärken der Skelettbauweise kombiniert. So wurde für dieses Projekt die Skelett-/Rahmenbauweise entwickelt und zum ersten Mal umgesetzt. Dieses System ist inzwischen die Standardkonstruktion für Mehrfamilienhäuser in der Schweiz.



Abbildung 2: Für den 4-geschossigen Genossenschaftsbau AWZ in Zug (Schweiz) wurde 1999 die Skelett-/Rahmenbauweise entwickelt, um die Schwachstellen der Rahmenbauweise für den mehrgeschossigen Holzbau zu eliminieren.

Das System baut auf einem Skelett aus primären Stützen und dem Kerto-Kopfholz auf. Die Stützen werden dort angeordnet, wo sie architektonisch möglich sind – beidseits der Fenster, an den Wandenden und vereinzelt in den geschlossenen Wandflächen. Der L-förmige Kopfholzträger läuft als Durchlaufträger über das gesamte Wandelement durch, er wird in Ausschnitten der Stützen eingelegt. Bei der Detailausbildung der Stützen wird darauf geachtet, dass kein Querholz belastet wird: Die primären Stützen stehen immer «Stirne auf Stirne» aufeinander, am Fuss stehen die Stützen direkt auf dem Beton – sie werden hier sauber untergossen. Mit diesem System können Vertikalverformungen maximal reduziert werden – und brandschutztechnisch sind nur die Hauptstützen und das Kopfholz nachzuweisen. Die Felder zwischen den Fenstern werden mit möglichst schlanken Ständern und mit Dämmung ausgefüllt. Die Ständer haben «nur» die Funktion, die Dämmung zu halten und die Windlasten an die Decken abzutragen.

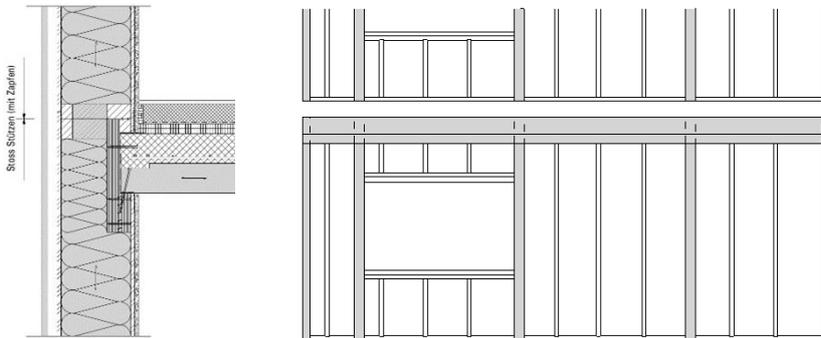


Abbildung 3: Skelett-/Rahmenbauelement mit den Hauptstützen und dem L-förmigen, durchlaufenden Kopfholz. Die Lastübertragung von Stützen zu Stütze funktioniert immer über Stirnholz, längs zur Faser.

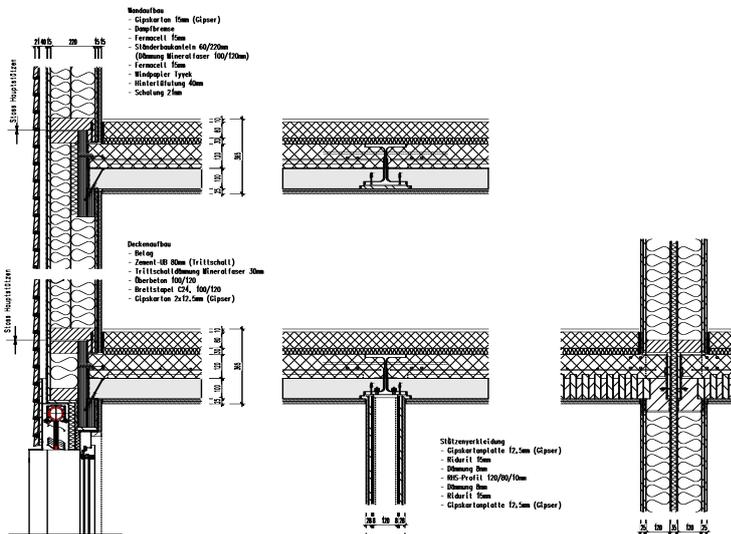


Abbildung 4: Auf dem Skelett-/Rahmenbau aufgebaute Standarddetails in Kombination mit Stahlträgern als Unterzugsystem und mit Holzbetondecken.

Das System ist auch kombinierbar mit allen anderen Deckensystemen wie mit Hohlkastern, mit Massivholzdecken oder mit Betondecken.

### 3. Brettsperrholzbauweise

Das Brettsperrholz wurde in Österreich entwickelt und erreichte nach der ersten Pionier- und Entwicklungsphase im 2008 eine Produktionsgrösse von 100'000 m<sup>3</sup>. In den meisten Ländern ausserhalb Zentraleuropas werden mehrgeschossige Holzbauten in der Brettsperrholzbauweise realisiert.

#### 3.1. Brettsperrholz als Spezialbauteil

Der Entwurf unseres 2003 gebauten Bürogebäudes basiert auf einer «Holzkiste», die auf einem Betonsockel liegt und beidseitig 5,0m auskragt. Diese Auskragung wurde statisch mit Brettsperrholzwänden gelöst, die im Wohngeschoss angeordnet sind, beidseitig auskragen und über die darüber liegende Holzbetonverbunddecke zusammengeschlossen.

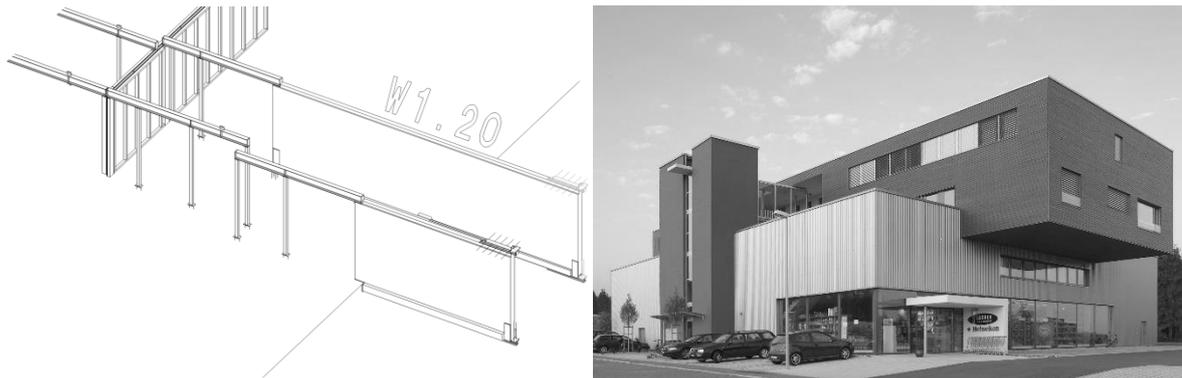


Abbildung 5: Unser Bürogebäude mit beidseitig um 5,0m auskragendem Holzbauteil. Diese Auskragung wurde mit wandartigen Trägern aus Brettsperrholz gelöst.

Die zwei primären Tragwände (je Auskragung eine) bestehen aus 202mm starken und 3.00m hohen 5-Schichtigen Brettsperrholzplatten. Die Lastweiterleitung von 1'260 kN von der schlanken Platte auf die Betonwand beim mittleren Auflager wurde mit eingeklebten Gewindestäben (GSA-Technologie der Neuen Holzbau AG) gelöst. Da diese Verbindung normativ nicht geregelt war wurde deren Funktionieren mit Versuchen bestätigt.

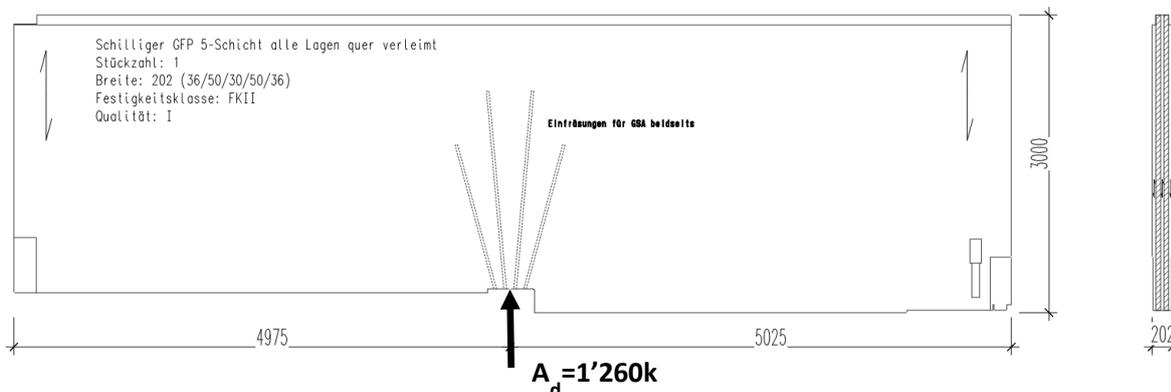


Abbildung 6: Brettsperrholzplatte als auskragende Wand. Die Auflagerkraft von 1'260kN wurde mit 8 eingeklebten Gewindestangen M20-10.9 in die Platte eingeleitet. Eine alternative Stahlplatte (Stahlsattel) wäre rund 1,00m lang gewesen, die Lastenleitung auf diese Länge weniger kontrollierbar.

#### 3.2. Brettsperrholzbau als Aussenwandssystem

Das 8-geschossige Mehrfamilienhaus Bridport Place in London war eines der ersten mehrgeschossigen Wohnbauprojekte in Brettsperrholzbauweise, welches durch unsere Firma bearbeitet werden durfte. Insbesondere ausserhalb der Schweiz sind wir seither immer wieder mit dieser Bauweise beschäftigt – insbesondere im mehrgeschossigen Wohnungsbau.



Abbildung 7: 8-geschossiges Mehrfamilienhaus Bridport Place in London.

Oben: Grundriss des 2. bis 7. Obergeschoss, Unten: Grundriss Erdgeschoss und 1. Obergeschoss

Eine erste Spezialität war die Änderung der primären Tragachsen über dem 1. Obergeschoss. Dies wurde notwendig, da im Erd- und im 1. Obergeschoss Maisonettwohnungen gewünscht waren, in den oberen Stockwerken Geschosswohnungen. Die Decken wurden in Brettsperrholz  $t=182\text{mm}$  ausgeführt, die Innen- und Aussenwände mit Brettsperrholz  $t=161\text{mm}$ .

Bei den Tragwänden (Innen und Aussen) haben wir die Gedanken bezüglich dem «nicht Belasten» von Querholz wie bei der Skelett-/Rahmenbauweise verfolgt, weil wir Vertikalverformungen möglichst vermeiden wollten. Insbesondere in Kombination mit betonierten Erschliessungskernen und mit über die Geschosse durchlaufenden Lift- und Erschliessungskernen in Brettsperrholz erachten wir dieses System als das Sicherste.

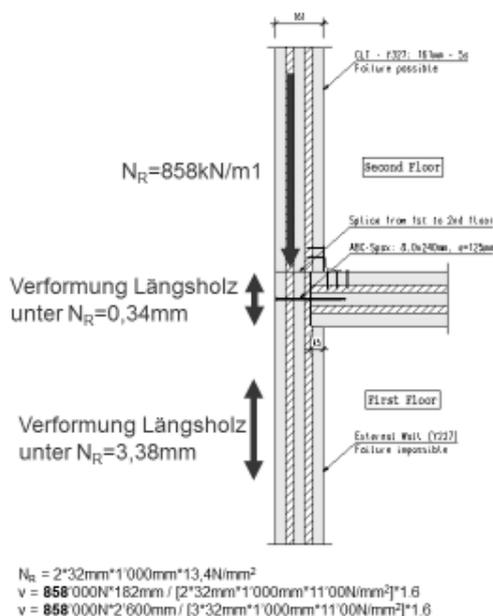


Abbildung 8: Konstruktionssystem mit Lastabtragung nur über Längsholz. Die max. Traglast bei den verbauten 161mm starken Wänden beträgt **858kN**, die daraus resultierende Vertikalverformung eines Geschosses (Decke plus Wand) 3,72mm.

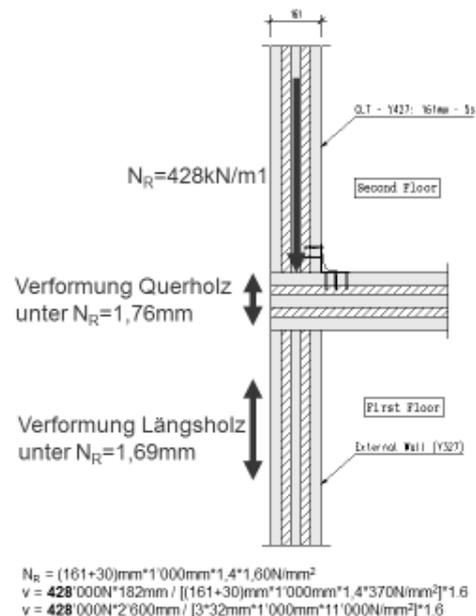


Abbildung 9: Konstruktionssystem mit Belastetem Querholz der Decken zwischen den Tragwänden. Die Maximale Traglast beträgt bei 161mm starken Wänden **428kN**, die daraus resultierende Vertikalverformung eines Geschosses (Decke plus Wand) 3,45mm.

Mit dem gewählten Konstruktionssystem konnte die Traglast bei fast gleicher Langzeitverformung verdoppelt werden. Dasselbe Konstruktionsprinzip der Lastweiterleitung nur über Längsholz wurde auch bei den tragenden Innenwänden angewendet. Mit den heute im Einsatz stehenden Abbundanlagen können solche Bearbeitungen in einer hohen Präzision und damit baupraktisch sicher ausgeführt werden.

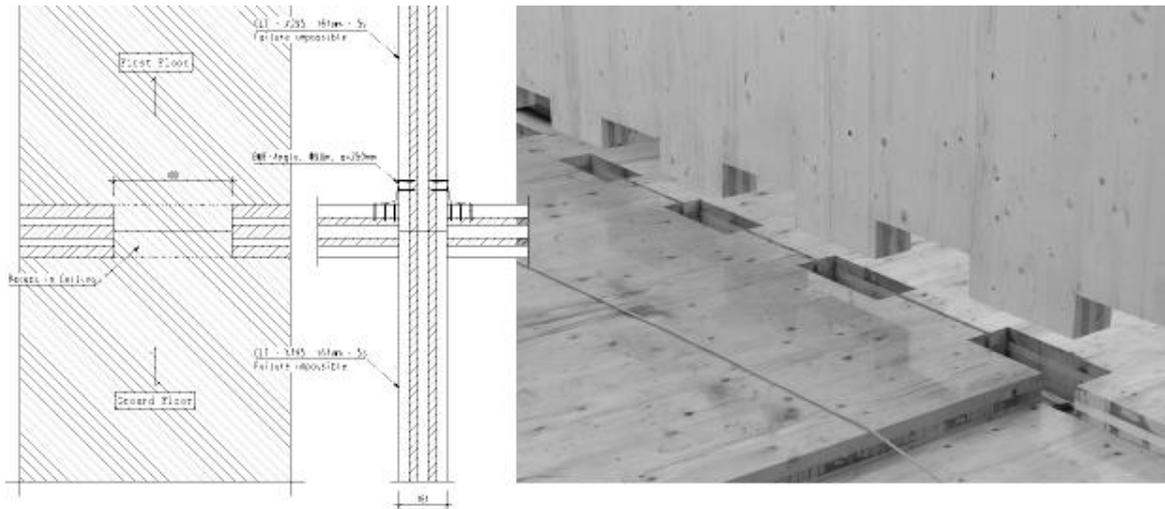


Abbildung 10: Geschossübergang bei den tragenden Innenwänden: Die Decken liegen auf den Tragwänden auf, die Tragwände stehen «Stirne auf Stirne» aufeinander und garantieren so minimalste Vertikalverformungen.

## 4. Vergleich der Systeme

Aus Sicht von uns Ingenieuren, welche bei der täglichen Arbeit sowohl Skelett-/Rahmenbauten als auch Brettsperrholzbauten bearbeiten, sehen wir zwischen den zwei Systemen folgende Unterschiede:

### 4.1. Vorfertigung und Wertschöpfung



Abbildung 11: Die Skelett-/Rahmenbauweise erlaubt eine weitgehende Vorfertigung in den klimatisierten Hallen der Holzbauer und damit kurze Montage- und Ausbauezeiten auf der Baustelle.



Abbildung 12: Brettsperrholzbauten werden in den meisten Fällen wie herkömmliche Ziegelsteinbauten auf der Baustelle montiert. Die Ausbauarbeiten mit Dämmungen, Dichtungen, Platten und Verkleidungen usw. erfolgen unter Baustellenbedingungen auf der Baustelle.

### 4.2. Materialeinsatz

Holz ist der nachwachsende, nachhaltige Baustoff schlechthin. Mit dem Trend zum mehrgeschossigen Holzbau wird die Nachfrage bezüglich dem Rohstoff Holz zunehmen. Entsprechend interessiert es zukünftig, wieviel Holz für die Erbringung einer Leistung erforderlich ist.

Beim Projekt Bridport Place wurden die Aussenwände in Brettsperrholz in Einzelteilen konstruiert: Raumhohe, eher schmale Wandelemente und zwischen die Wandelemente eingehängte Sturzelemente.



Abbildung 13: Aussenwände Bridport Place London, 2013

Für die Wandkonstruktionen (Aussen- und Innenwände, tragend und nichttragend) wurden rund 840 m<sup>3</sup> Brettsperrholz verbaut. Mit einer alternativen Skelett-/Rahmenbaukonstruktionen hätten rund 280m<sup>3</sup> Holz (Rahmenkante, Brettschicht- und Furnierschichtholz) verbaut werden müssen. Daneben wären die Aussenwände bei gleichem U-Wert von 0,16W/m<sup>2</sup>K um ca. 60mm schlanker geworden.

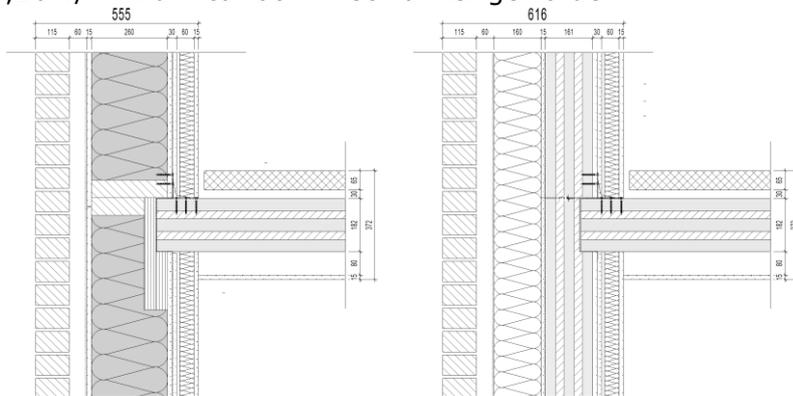


Abbildung 14: Rechts: ausgeführte Aussenwand in Brettsperrholz, Links eine alternative Skelett-/Rahmenbaukonstruktion mit identischem U-Wert und identischer statischer Leistungsfähigkeit.

Bei einem aktuell laufenden Brettsperrholz-Projekt werden die Wände nicht mehr segmentartig ausgeführt. Die Fenster werden aus den Wänden ausgeschnitten, weil dies produktionstechnisch einfacher und wirtschaftlicher ist, als das Wandelement segmentartig wieder zu einem Element zusammenzubauen. Trotz der relativ kleinen Fensterflächen gibt es einen relativ grossen Verschnitt von hochwertigem Baumaterial, der aus unserer Sicht zukünftig in irgendeiner Form vermieden werden sollte.

**Aussenwände:**

- Oberfläche: 1'189 m<sup>2</sup> (ohne 4 grosse Balkfenster)
- Stärke: 120 mm
- Volumen: 143 m<sup>3</sup>

- Ausschnitte: 219 m<sup>2</sup> (ohne 4 grosse Balkfenster)
- Ausschnitte: 26,3 m<sup>3</sup>

Abbildung 15: Verschnitt von 18,4% des für die Produktion der Aussenwände erforderlichen Brettsperrholzes bei einem von PJI aktuell bearbeiteten Projektes. Bei den 5 geplanten MFH's ergeben sich 131,5m<sup>3</sup> Ausschnitt.

### 4.3. Schallschutz

Der Schallschutz von Innen- und von Wohnungstrennwänden der zwei Bausysteme unterscheidet sich wie folgt:

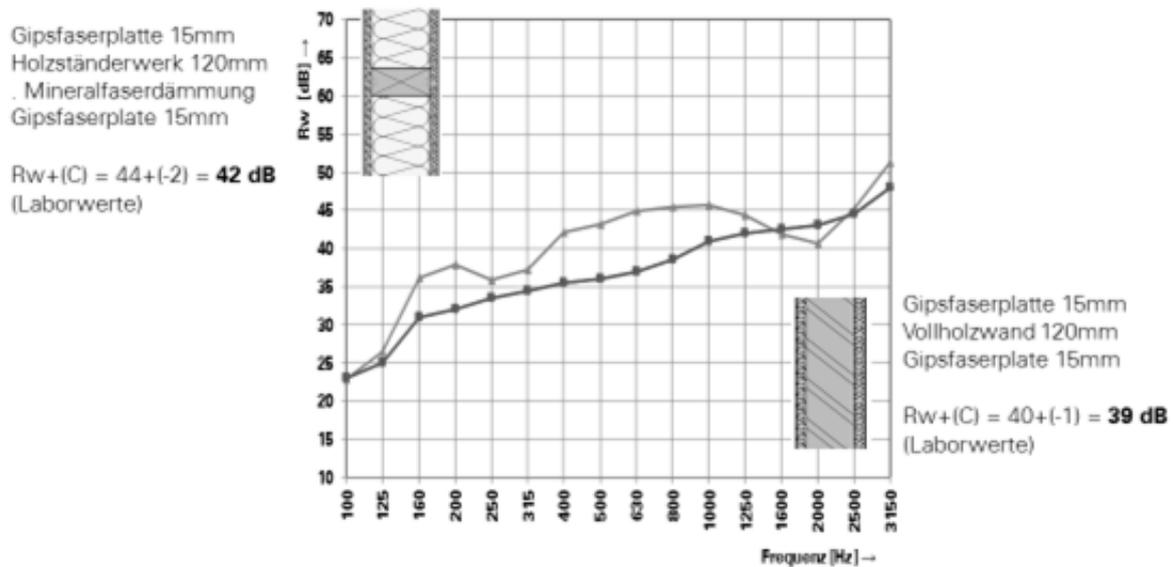
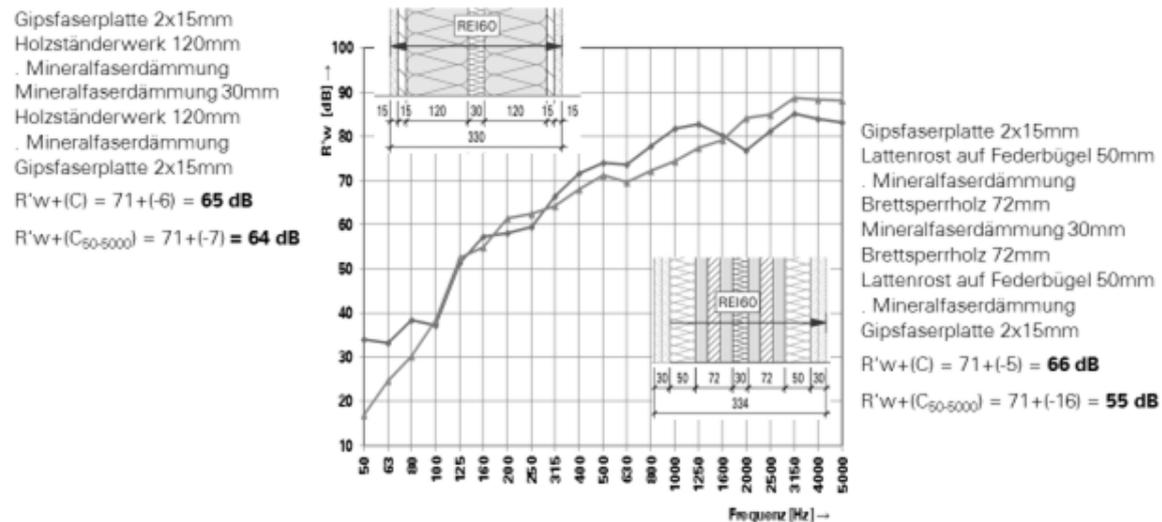


Abbildung 16: Schallschutzwert von Innenwänden in Rahmenbau- und in Massivbauweise mit je einem 120mm starken Kern. Dargestellt sind Laborwerte.



Beide Wände erfüllen die erhöhten Anforderungen nach der Norm SIA 181  
jedoch ist die Vollholzwand im Tieftonbereich deutlich schlechter, wegen **Hohlraumresonanzen**

Abbildung 17: Schallschutzwerte von am Bau gemessenen Wohnungstrennwänden – oben die zweischalige Skelett-/Rahmenbauwand, unten die zweischalige Brettsperrholzwand. Beide Wände erfüllen die erhöhten Anforderungen nach Norm SIA 181, jedoch ist die Vollholzwand im Tieftonbereich deutlich schlechter, wegen auftretenden Hohlraumresonanzen.

Bei der Massivholzwand sind insbesondere die Hohlraumresonanzen kritisch. Die Wand würde dieselben Werte wie die leichte Skelett-/Rahmenbauwand erreichen, wenn die Massivholzplatten auf **80mm Stärke** erhöht und auf einen **Abstand von 120mm** montiert würden. Die 50mm Vorsatzschalen könnten in dem Falle weggelassen werden – die doppelte Gipsfaserbeplankung könnte direkt auf die Massivholzwand erfolgen.

#### 4.4. Statische Bemessung

Die Skelett-/Rahmenbauweise basiert auf linearen Bauteilen, welche über einfache statische Modelle nachgewiesen werden können. Demgegenüber sind statische Nachweise von Brettsperrholzwänden, die mit Öffnungen versetzt sind, nur mit Finite-Element-Programmen genügend genau machbar. In den folgenden Zeichnungen sind insbesondere die kritischen Bereiche direkt neben den Fenstern zu erkennen, die bei der Brettsperrholzbauweise für die Stärke der Wandplatten massgebend sind. Bei der Skelett-/Rahmenbauweise werden diese Bereiche mit stärkeren BSH-Stützen gelöst. Die übrige Wand kann dann wieder «leicht» konstruiert werden.

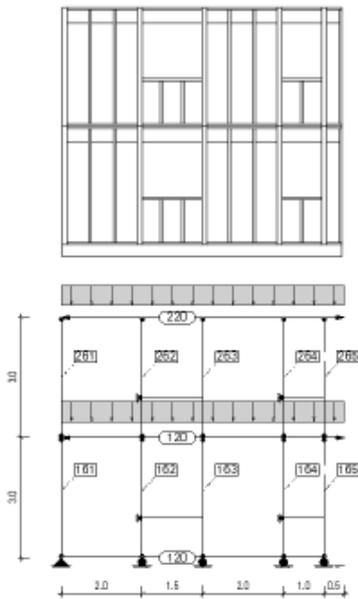


Abbildung 17: Ansicht und statisches System einer Skelett-/Rahmenbauwand. Die Bauteile können über einfache statische Nachweise dimensioniert werden.

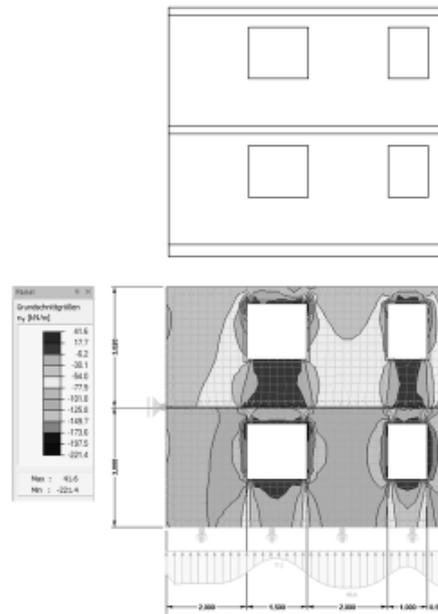


Abbildung 18: Ansicht und FE-Ausgabe des statischen Nachweises einer Brettsperrholzwand. Die plattenförmigen Wandelemente mit Öffnungen sind nur mit FE-Programmen hinreichend zu dimensionieren.

### 5. Ausblick zu Hochhäusern

Die Zukunft des Holzbaus liegt auch im Bauen von Gebäuden über der Hochhausgrenze. Aufgrund der auftretenden Kräfte und einer möglichst ressourcenoptimierten Bauweise erachten wir die Skelettbauweise, wie sie auch beim C13 in Berlin umgesetzt wurde, als eine sinnvolle Konstruktionsweise für Häuser über der 30m Grenze.

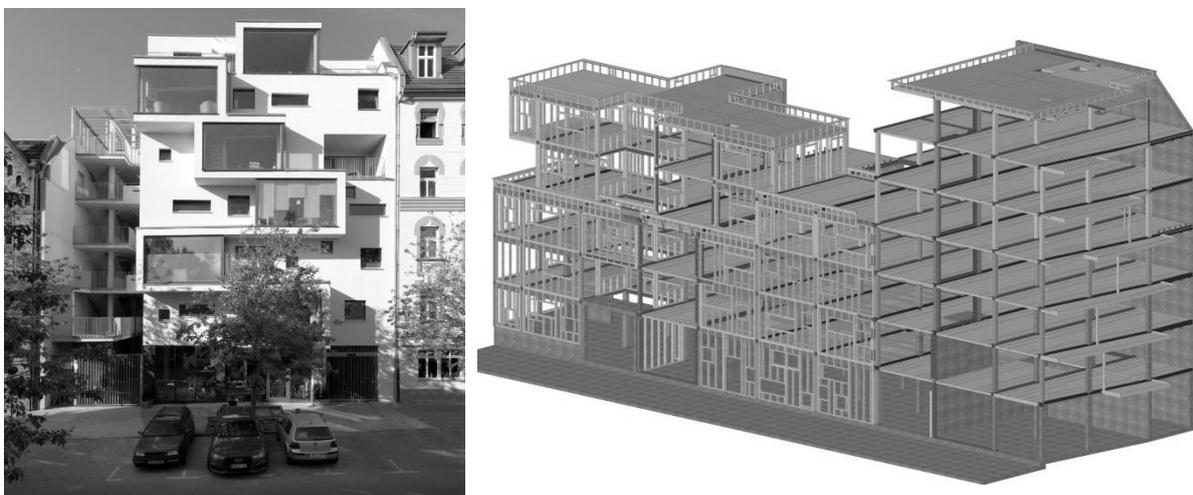


Abbildung 19: C13 in Skelettbauweise mit Unterzug-Stützenkonstruktion und nichttragenden Aussenwänden in Rahmenbauweise (5-geschossigen Teil) und in Brettsperrholzbauweise (7-geschossiger Teil).

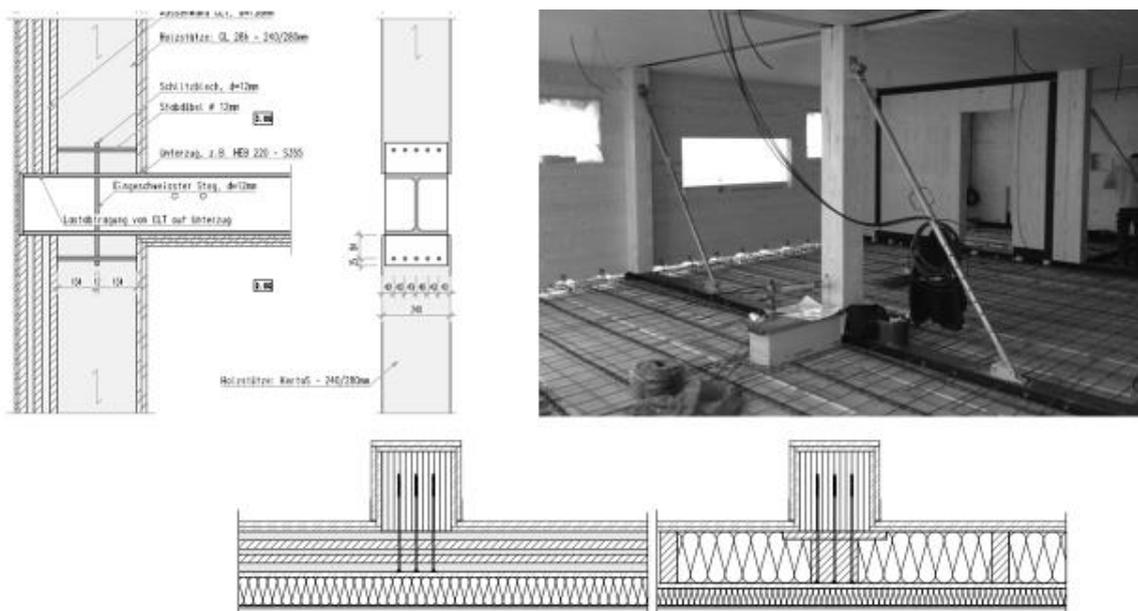


Abbildung 20: Konstruktionsprinzip beim C13 mit der tragenden Skelettkonstruktion und den nichttragenden Aussenwänden. Rechts eine Bild im Montagezustand.

Als Konstruktionsprinzip beim C13 wurde eine Primäre Skelettkonstruktion mit BSH-Stützen und Stahl-Unterzügen zwecks Ausbildung einer Flachdecke und frei gestaltbaren Grundrissen gewählt. Die Aussenwände wurden im 7-Geschossigen Bereich «Hohlraumfrei» in Brettsperrholzbauweise mit aussenliegender Dämmung ausgeführt, im restlichen Gebäudeteil mit ausgedämmten Holzrahmenbauelementen. Die nichttragenden Aussenwandelemente liegen immer in den Gebäudeachsen auf den leicht auskragenden Unterzügen auf, womit auch die Montage einfach gestaltet werden konnte.

Die Gebäudeaussteifung beim C13 erfolgte in Gebäudelängsrichtung über die betonierte Gebäudeabschlusswand REI90. In Querrichtung steifen Brettsperrholzplatten das Gebäude aus:



Abbildung 21: Links: Baustellenfoto mit einer in den Hauptstützen und in den Unterzügen eingespannten Brettsperrholzplatte. Rechts: Auszug aus der statischen Bemessung bezüglich der Bemessung dieser aussteifenden Wand, die ein Teil des horizontalen Tragwerkskonzeptes ist.

## 6. Zusammenfassung

Die zwei vorgestellten Bausysteme können wie folgt zusammengefasst werden:

### Rahmen-Skelettbau



Bewährte Systeme mit vergleichbarer  
Tragsicherheit  
Schalldämmung  
Brandsicherheit  
Dauerhaftigkeit

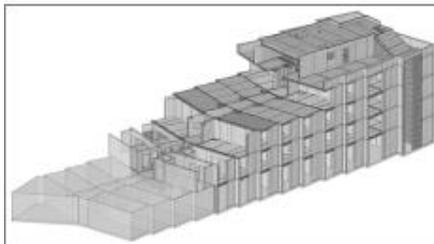
- Mehr Arbeit in der Werkstatt
- Weniger Holzverbrauch
- Stabstatik
- Schlankere Wände
- Viele BSH-Lieferanten

### Brettsperrholzbau



- Mehr Arbeit am Bau
- Mehr Holzverbrauch
- Finite Element Statik FEM
- Stärkere Wände
- Wenige CLT-Lieferanten

Es gibt kein richtig und kein falsch! Je nach Bauaufgabe, Vorliebe der Planer, Bauherren und Holzbauer und insbesondere nach dem mehr oder weniger weit entwickelten vorgefertigten Holzbau am Ort der Baurealisierung wird das eine oder das andere System zum Einsatz kommen. Damit die zukünftigen Bauaufgaben mit qualitativ hochstehendem Holzbau bedient werden können, müssen wir ressourcenoptimierte Konstruktionen ausführen, die Leute in der Planung und in der Ausführung maximal möglich schulen und entwickeln und wir müssen die gewaltigen Möglichkeiten, die uns die Industrie 4.0 bietet, maximal ausschöpfen – nicht nur in der Produktion und Bereitstellung der Baumaterialien wie Brettsperrholz und Brettschichtholz, sondern insbesondere in der Realisierung der gesamten Bauprojekte. Gegenüber der Konkurrenz liegen insbesondere in diesem Bereich die Möglichkeiten und das Potential des Holzbaues.



# Wandel im Bauprozess zu Systematisierung und Modularisierung

Harald Professner  
Rhomberg Holding GmbH  
Bregenz, Österreich





# Wandel im Bauprozess zu Systematisierung und Modularisierung

## 1. Einleitung

Weltweit findet ein kultureller, ökologischer und ökonomischer Veränderungsprozess statt, bei dem Arbeiten, Wohnen und Leben für die Menschen nur mit innovativen Technologien und ökologischen Konzepten zu bewältigen ist. Wenn es um die Planung und Gestaltung der Veränderung der menschlichen Lebensräume geht, sind Architektur und Bauwirtschaft gefordert. Lediglich bestehende Prozesse zu modernisieren und beispielsweise den klassischen Bauablauf zu digitalisieren – was heutzutage noch viel zu oft unter BIM, also dem Building Information Modeling, verstanden wird –, reicht dafür nicht aus. Vielmehr muss das „Bauen“, so wie wir es heute kennen, völlig neu gedacht werden. Ziel ist es, eine digitale Plattform zu kreieren, auf der alle relevanten Informationen zu Bauprojekten, behördlichen Vorgaben, Baumaterialien, Bauteilen, Baubeteiligten gesammelt werden, verfügbar sind und vor allem gemeinschaftlich weiterentwickelt und erweitert werden.

### 1.1. Entwicklung des Bauens

In der Literatur geht man davon aus, dass die Geschichte der Architektur dem der Menschheitsgeschichte entspricht. Das Bauen wurde seither stets von religiösen, politischen und gesellschaftlichen Einflüssen geprägt. Die Historie des Bauens ist folglich stark mit dem Handwerk verbunden. Jedes Bauwerk stellt jeweils einen individuellen Prototyp dar, wofür immer wieder neue Arbeitsgemeinschaften – entsprechend den unterschiedlichen Bedingungen – gebildet werden. Aus dieser netzwerkartigen Zusammenarbeit von unterschiedlichen Betrieben in jeweils unterschiedlicher Konstellation, hat sich die Kultur des Bauens und Problemlösens in der Vergangenheit sukzessive entwickelt. Bedingt durch die seit dem 16. Jahrhundert stark wachsende Weltbevölkerung von 0,5 Millionen auf zwischenzeitlich circa 7 Milliarden Einwohner, ist der weltweite Bedarf an öffentlichen und privaten Gebäuden entsprechend stark gestiegen.

### 1.2. Die BAUWIRTSCHAFT

Die Bauwirtschaft hatte in den Jahren 2006 – 2015 einen Anteil von 4,7 Prozent der deutschen Bruttowertschöpfung [1]. Im Vergleich zu anderen Branchen – Pharmazie, Dienstleistung, Tourismus, Maschinenbau, etc. – verfügt die Baubranche bekanntlich weder über einen sehr guten Ruf noch über entsprechende Prominenz. Im August 2013 veröffentlichte Deloitte eine Studie [2], die zeigt, dass die durchschnittliche EBIT-Marge im Baugeschäft gerade mal bei 2,6 Prozent liegt. Der europäische Baumarkt (EU-27) war 2012 mit Investitionen von 1.321 Milliarden Euro weltweit der mit Abstand bedeutendste. Das Volumen entsprach dem der Baumärkte der USA plus Japan. Die durchschnittliche Betriebsgröße von deutschen Bauunternehmen lag 2009 bei 6,67 Mitarbeitern, was im Vergleich zu den anderen Staaten einen durchaus hohen Wert darstellt. Wenn man berücksichtigt, dass die Leistung der Planung und Ausführung weitestgehend komplett voneinander getrennt sind, bleibt für die Unternehmen leider sehr wenig finanzieller Spielraum für entsprechend notwendige Innovation und Entwicklungen. Bedingt durch die Struktur und der durchschnittlichen Betriebsgröße von knapp sieben Mitarbeitern, ist ein grosser Teil der Betriebe noch immer sehr stark handwerklich geprägt. Laut Informationen der Bundesagentur für Arbeit [3] waren in Deutschland im Jahr 2015 von circa 1,03 Mio. Ingenieurfachkräften circa 226.000 Ingenieure im Bereich Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik tätig, was einem Anteil von 21,9 Prozent entspricht. Der wesentliche Teil davon ist dem Bereich Planung zugeordnet, sodass das Gewerbe nur über einen relativ kleinen Anteil an akademischen ausgebildeten Mitarbeitern verfügt, die zudem – im Vergleich zu anderen Industrien – noch keine entsprechende industrielle Form, beziehungsweise Ausrichtung angenommen hat. Hinzu kommt, dass in den letzten Jahrzehnten in der Bauindustrie leider ein kontinuierlicher Produktivitätsrückgang [4] beobachtet werden konnte. Verglichen mit anderen Industriezweigen ist dieser Rückgang noch signifikanter, da diese im gleichen Zeit-

raum ihre Produktivität steigern konnten. Da die Bauindustrie in Europa mit über 1,2 Billionen Euro etwa 10 Prozent des Bruttoinlandsproduktes (BIP) aller EU-Staaten ausmacht [5], werden sich die Länder, die ihr BIP sichern oder sogar steigern möchten, neuer Herausforderungen stellen müssen. Es ist daher davon auszugehen, dass im Baubereich ein enormes Entwicklungspotential vorhanden ist.

### 1.3. Ressourcen

Durch die Produktion und den Konsum von Produkten und Dienstleistungen in den letzten Jahrzehnten sind ein massiver Ressourcenverbrauch und immense Umweltbelastungen zu beobachten. Die Bereitstellung von physischen Gütern und Dienstleistungen ist immer mit dem Verbrauch natürlicher Ressourcen wie erneuerbaren und nicht erneuerbaren Rohstoffen, Energie oder Wasser verbunden. Viele der gegenwärtigen Umweltprobleme, allen voran der Klimawandel, entstehen durch die Nutzung einer zu grossen Menge an natürlichen Ressourcen in Produktion und Konsum. Eine Veränderung der Muster in der natürlichen Ressourcennutzung ist daher auf dem Weg einer nachhaltigen Entwicklung unabdingbar. Gerade eine mengenmässige Reduktion des gesamten Ressourcenverbrauchs, und nicht nur lediglich eine Reduktion einzelner Schadstoffe, steht im Zentrum des Interesses im Umweltbereich [6]. Die globale Baubranche verantwortet und verursacht mit ihrer herkömmlichen Bauweise 30 – 40% des heutigen Ressourcen- und Energieverbrauchs und 40% des momentanen Abfallaufkommens und CO<sub>2</sub>-Ausstosses [7]. Daraus ist ersichtlich, dass gerade im Bausektor in Zukunft dringender Handlungsbedarf besteht. Ziel muss es daher sein, im gesamten Gebäudelebenszyklus – von der Planung und der Konzeption über den Bau, die Instandhaltung und die Nutzung bis hin zur Nachnutzung – bei verbessertem Komfort, erhöhter Funktionalität und Sicherheit deutlich weniger Ressourcen zu verbrauchen und die CO<sub>2</sub>-Bilanz massgeblich zu verringern.

Ein aktueller Forschungsbericht von McKinsey & Partner in Zusammenarbeit mit der Ellen MacArthur Foundation zeigt, dass sich durch restaurative Kreisläufe im Sinne von Cradle-to-Cradle bis 2025 bereits pro Jahr eine Billion US-Dollar einsparen liessen [8]. Die ersten Branchen haben bereits begonnen solche Modelle zu übernehmen. Insbesondere der Schiffbau – wo zunehmend grössere Schiffe gebaut werden – hat das Potential schon sehr früh erkannt. So verfügt das grösste Containerschiff der Welt - die 398 Meter lange Emma-Marersk-Klasse, zum Beispiel über ein Cradle-to-Cradle-Register. Die eingesetzten und verwendeten Baustoffe wurden so miteinander verbunden, dass sie sich beim „End-of-Life“ des Schiffes leichter wieder demontieren und voneinander trennen lassen, wodurch deutlich weniger Abfall entsteht. Von Seiten der EU gibt es seit einigen Jahren ebenfalls Fahrpläne und Initiativen, die sich mit dem Thema Ressourcen und CO<sub>2</sub> beschäftigen. Die Vorgaben zielen dabei klar in Richtung Einsparung, was insbesondere für den Sektor Bau nicht unerheblich ist.

Zu erwähnen sind: Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative der Strategie Europa 2010 [9], Fahrplan für eine ressourcenschonendes Europa (KOM 571) [10], Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub> armen Wirtschaft bis 2050 (KOM 112) [11], Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderung und Lösungsansätze [12], Eco-innovation- Die Rolle von Öko-Innovationen im europäischen Bausektor [13]

### 1.4. Innovation

Bekanntlich basieren viele Erfindungen auf Entdeckungen, welche durch wissenschaftliche Forschung an Universitäten und Industriebetrieben gemacht werden. Ohne die Entdeckung der wissenschaftlichen Forschung, wären bekanntlich viele Errungenschaften nicht denkbar. Die finanziellen Ausgaben für Forschung und Entwicklung gelten als wichtige Kennzahl für das Wachstumspotential eines Unternehmens. Mit Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts gewann diese Kennzahl so stark an Bedeutung, dass sie heutzutage ein wichtiger Bestandteil der firmeninternen Innovationsprozesse ist. Die Väter der industriellen Revolution waren keine Wissenschaftler, sondern Unternehmer und Pioniere. Nachdem sie oftmals nicht über wissenschaftliche Erkenntnisse verfügten, verhalf ihr Erfindergeist oft zu neuen Errungenschaften. Als klassisches Musterbeispiel dafür gilt die Erfindung von Josef Monier, welche im Bereich des Bauprozesses durch die Kombination von Beton und Drahtgeflecht den sogenannten „Eisenbeton“ erfand, was letztlich auch den „Vorläufer“ des Stahlbetons darstellt. Der Begriff Innovation wird in der Wirtschaft leider sehr oft

verfrüht und gar falsch verwendet. In den meisten Fällen werden etwaige neuartige Erkenntnisse mit ihrer ersten Anwendung als Innovation angemeldet. Es zeigt sich jedoch, dass lediglich sechs Prozent aller auf dem Markt lancierten Produkte erfolgreich sind, 24 Prozent sind mittelmässig und 70 Prozent enden letztlich als Flops. [14]

## 1.5. Mechanisierung

Die Mechanisierung der Produktion beruht, wie Sigfried Giedion es feststellte, auf dem einfachen Prinzip des Zerlegens und wieder Zusammenbauens. Die Arbeit des Handwerkers wird in immer kleineren Schritten zerteilt, bis jede einzelne Handbewegung mit einfachen Maschinen nachgeahmt werden kann. Der Mechanismus entwickelt sich durch die Kombination der einzelnen Maschinen und Abläufe, welche die handwerkliche Produktion, oder zumindest Teile davon ersetzt. Zu Beginn der Mechanisierung wurden die Handwerkzeuge durch einen Antrieb „mechanisiert“. Später verlagerte sich der Fokus auf neuartige Bearbeitungsmöglichkeiten des Materials. Neue Werkzeuge und Verfahren – wie z.B. zerspanen, fräsen, stanzen, etc. - entstanden, wodurch sich einerseits die Form und Gestalt von Produkten veränderten und andererseits auch die Ansprüche der Materialien – Rohlinge - dementsprechend angepasst werden mussten. Im Lauf der technischen Entwicklung wurden immer bessere Wege gefunden, um die Maschinenkraft zu entwickeln. In der ersten industriellen Revolution waren es z.B. noch Wind- und Wasserräder, später dann die Dampfmaschine. Bereits in der zweiten industriellen Revolution versorgten Verbrennungs- und Elektromotoren die Industrie mit Arbeitsmaschinen, die eine gleichmässige kraftvolle Rotationsbewegung aufwiesen

## 1.6. Kompetenz

Zwar sind wir Menschen in der Lage alltägliche Dinge komplett selbständig zu erledigen – z.B. eine Mahlzeit herrichten -, jedoch sind wir nach heutigen Anforderungen und der damit verbundenen Komplexität nicht mehr imstande, ein komplettes Gebäude im Alleingang herzustellen. Sowohl die Anzahl der dazu notwendigen Komponenten, als auch die notwendigen Kompetenzen sind zwischenzeitlich so hoch, dass kein Mensch mehr über all diese verfügen kann. Es bedarf daher für die Planung und Errichtung eines Gebäudes eine Vielzahl unterschiedlicher Individuen, die sich auf unterschiedliche Bauprozesse spezialisiert haben. Daher gehend ist bei einem Bauprozess letztlich eine Zusammenarbeit vieler Spezialisten erforderlich, welche alle über eine bestimmte (Fach-) Kompetenz verfügen. Bereits vor circa achttausend Jahren hat mit der Verhüttung von Erz die Spezialisierung auf einzelne Arbeiten und damit die Entstehung von unterschiedlichen Berufen begonnen. So waren schon dazumal für die Gewinnung und Verarbeitung besondere Werkzeuge notwendig. Das Wissen über Schmelzöfen, Tiegel oder Gussformen basierte dazumal auf Entdeckung, Erfindung und Erfahrung und wurde nur an ausgewählten Personen (Beruf des Giessers) weitergeben. Einige der heute bekannten Berufsstände und Handwerker (Zünfte) haben sich analog dazu über die letzten Jahrtausende entsprechend entwickelt und unterscheiden sich im Wesentlichen in ihrer Kompetenz und vor allem im Umgang mit bestimmten Materialien und Werkzeugen.

## 1.7. Architekt

Nachdem der spezialisierte Handwerker nur einen Teilbereich einer Gesamtleistung abdeckt, benötigte er bereits dazumal einen weiteren Spezialisten, der die Form und die Fügung aller Einzelteile kontrollierte und die entsprechenden Schnittstellen zwischen den einzelnen Produktionen herstellte. Daraus ist aller Voraussicht nach der Berufstand des Architekten entstanden, der sich dazumal dieser Aufgaben im Zuge eines Bauprozesses annahm. Die Kompetenz des Architekten liegt somit nicht im Produzieren, sondern im Konzipieren. Das heisst, seine eigentliche Spezialität liegt somit im Sammeln, Bearbeiten und Vereinigen von Standards zu einem Konzept. Dieses Konzept in Form eines Planes, einer Beschreibung oder einer mündlichen Anweisung stellt er den beteiligten Handwerkern zur Verfügung und koordiniert dadurch deren Arbeit.

Durch den sukzessiven Zuwachs an Wissen, welches sich insbesondere über die letzten hundert- bis zweihundert Jahren im Baubereich anhäufte, macht es dem Architekten zwischenzeitlich unmöglich, sich sämtliche Standards, Methoden und Kompetenzen des Bauprozesses anzueignen. Es kam daher bereits beim Konzipieren zu einer weiteren Spezialisierung.

### **1.8. Fachplaner**

Zuerst bildet sich der Berufstand des Ingenieurs, dann folgten Fachleute/Spezialisten für die technische Gebäudeausrüstung (TGA), die Fassade, die Bauphysik, dem Brandschutz, etc. Sie alle verfügen über ganz bestimmte Kompetenzen und werden vom Architekten zum Lösen des Konzepts herangezogen. Zwischenzeitlich koordiniert der Architekt nicht nur die Arbeit der Handwerker, sondern auch jene der Spezialisten, indem er die Wünsche des Kunden in Form eines Pflichtenheftes erfasst und an spezialisierte Fachplaner und Handwerker weitergibt.

### **1.9. Generalplaner**

Durch die zunehmende Komplexität der Planung und der damit verbundenen Schnittstellen, wird von Seiten der Bauherrschaft verstärkt ein Generalplaner beauftragt. Dieser koordiniert sowohl den Objektplaner, als auch die notwendigen Fachplaner und trägt die globale Haftung aller Planer.

## **2. Bauen heute**

Das Bauen findet heute national und international weitestgehend nach dem gleichen Schema statt. Man unterscheidet zum einen zwischen öffentlichen und nicht-öffentlichen Auftraggeber und zum anderen nach dem zu erbringenden Leistungsumfang. Ohne nun auf die unterschiedlichen Vertragsformen und die damit verbundenen Chancen und Risiken einzugehen, verlaufen die Phasen des Bauprozesses im Wesentlichen nach dem gleichen Schema ab. Das heisst, auch bei funktionalen Ausschreibungen von „design-and-build“ Projekten, ist es innerhalb der Branchen – sowohl im Bereich der Planung, wie auch Ausführung - noch nicht gelungen, den dazugehörigen Prozess zu verändern.

### **2.1. Bauprozess**

Der heutige Bauprozess beinhaltet zwischenzeitlich eine Vielzahl an Schnittstellen, Beteiligter unterschiedlicher Interessen und ist von der Struktur ident aufgebaut. Der Umfang der Beteiligten variiert a) primär nach Projektgrösse und b) ob ein privater oder öffentlicher Bauherr dahintersteht. Zu dem bekanntesten und somit klassischen Bauherrn/Auftraggebern gehört jener, der ein Gebäude für sich selbst nutzt und dementsprechend auch seine Bedürfnisse durch eine Lösung in Form eines Gebäudes befriedigen kann. Sobald ein Projektentwickler oder öffentlicher Bauherr hinter einem Bauvorhaben steht, nimmt die Anzahl der Beteiligten, die durchwegs unterschiedlichen Interessen und Funktionen am Bauprozess haben, zu. Je nachdem wie das Konstrukt aussieht, haben gegebenenfalls auch Investoren, Mieter, etc. ein Interesse daran Einfluss zu nehmen.

### **2.2. Problem**

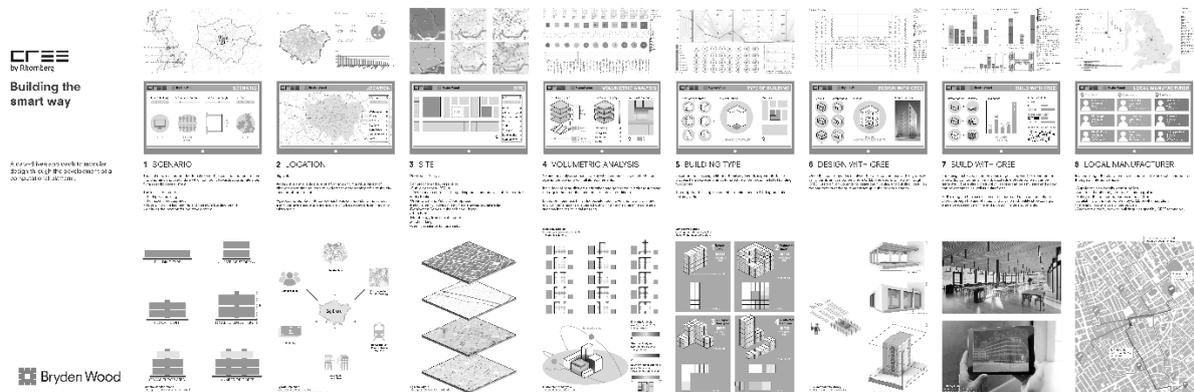
Bauabläufe verfahren grundsätzlich nach sehr traditionellen Methoden. Bis zu 40 Prozent der eingesetzten Zeit wird heutzutage für das Her- und Wegräumen und Suchen, sowie für das Wiederherstellen verbraucht. Die Qualität in der Herstellung der klassischen Gewerke auf Baustellen sinkt sukzessive im Zuge von Zeit- und Gelddruck. Der so dringlich erforderliche Entwicklungsprozess bekommt keine Luft, er stagniert. [15]. Im Vergleich zu hoch technologisierten Prozessen - bekannt aus dem Automotiv- und Schiffbaubereich - ist der Bauprozess nahezu im Stillstand. Noch bevor überhaupt die gesamte Fachplanung abgeschlossen und geprüft ist, werden einzelne Gewerke im Vorfeld bereits ausgeschrieben und vergeben. Dies hat zur Folge, dass fortlaufend Planänderungen durchgeführt werden müssen. Die Arbeit des ausführenden Handwerkers auf der Baustelle wird dadurch permanent durch Unvorhergesehenes geprägt. Entsprechende Prozessoptimierungen, entsprechend dem bekannten TOYOTA- oder MUDA-Prinzip, lassen sich dadurch klarerweise nicht umsetzen. Demzufolge sind auch etliche Handwerkzeuge und Verfahren noch weitestgehend auf dem Stand, wie sie bereits vor mehreren hundert Jahren zu deren

Zwecke verwendet wurden. Es gab zwar in den vergangenen Jahren immer wieder Versuche und Bemühungen den Bauprozess entsprechend der Automotivindustrie zu optimieren, doch bedingt durch die über Jahrhunderte gewachsenen Strukturen sind wahre Innovationen und Optimierungen bislang ausgeblieben bzw. gegebenenfalls auch bewusst unterbunden und verhindert worden. Der Bauprozess selbst ist vor allem durch Termin-, Kosten- und Qualitätsproblemen geprägt. Ein wesentlicher Grund für diese Probleme ist auf den noch immer weltweit praktizierten sequentiellen Planungs- und Ausführungsprozess zurückzuführen. Zwar beinhaltet die HOAI (Deutschland) im Bereich der Architektur die Vorgabe des integralen Planungsprozesses, welcher letztlich auch von Seiten des Bauherrn vergütet wird, doch die Umsetzung dessen ist im Allgemeinen dennoch nicht gegeben. Das durch die Planenden erarbeitete Konzept wird vorwiegend mittels Zeichnungen in digitaler oder ausgedruckter Form - Hard- oder Softcopy - und mittels mündlichen Anweisungen weitergegeben. Es ist daher naheliegend, dass dadurch wichtige Informationen und Anweisungen relativ einfach verloren oder vergessen gehen, falsch verstanden oder falsch interpretiert werden. Die Verbesserung der Kommunikation allein durch die Möglichkeit, Pläne digital zu versenden, führt bislang zu einer Erhöhung der Plananpassungen und Umplanungen im laufenden Planungsprozess. Dadurch sind die Arbeiten des Handwerkers auf der Baustelle ständig durch Unvorhergesehenes geprägt. Obwohl bereits einige Anstrengungen unternommen worden sind, den Bauprozess nach dem Vorbild der Industrie zu optimieren, hält sich dieser Zustand beinahe störrisch und erweckt fast den Eindruck, die Bauwirtschaft entwickle sich nicht. Als eines der wohl bekanntesten Paradebeispiele dafür gilt sicherlich der Neubau des Flughafens Schönefeld in Berlin. Aufgrund der sequentiellen, aufeinanderfolgenden und zudem rollierende Planung von Architektur, Tragwerk, Fassade, TGA, etc. und der Vergabe von Bauleistungen im noch laufenden Planungsprozess, ist es nahezu allen beteiligten Unternehmen unmöglich, ein solch grossvolumiges Bauvorhaben in der entsprechenden Zeit, Qualität und Kosten zu realisieren. Eine brisante Fehlerquelle entsteht bei einem konventionellen Bauablauf vor allem durch redundante Information und durch eine Vielzahl an Planständen. Es muss daher immer dafür gesorgt werden, dass stets die aktuellsten Informationen und Pläne auf der Baustelle und bei den Handwerkern aufliegen, sodass das Projekt gegebenenfalls nicht nach einem bereits veralteten Stand der Daten erstellt wird. Jedes Gebäude stellt somit noch immer einem individuell geplanten Prototyp dar, dessen Werkleistung im hohen Masse auf der Baustelle erbracht wird. Dafür werden unglaubliche energetische und materielle Ressourcen verbraucht. Ein solches Gebäude entspricht hinsichtlich der Zeit, den Kosten und der Qualität nicht mehr den heutigen Erwartungen, sodass es neue Überlegungen bedarf, was das Bauen von morgen betrifft. Bereits Le Corbusier verglich Schiffe, Flugzeuge und Autos mit Gebäuden und auch heute noch wird diese Gegenüberstellung noch immer gerne herbeigezogen, um die Zukunft des Bauprozesses vorauszusagen. Die Prinzipien der Standardisierung, wie sie in der Automotivindustrie vor mehr als 100 Jahren perfektioniert wurden, dienen den damaligen Architekten wie Walter Gropius und Mies van der Rohe und auch den Ingenieuren als Vorbild für die systematische Planung und Fabrikation von Industriegütern [16]. Der wesentliche Kostenfaktor auf Baustellen ist heute nach wie vor die menschliche Arbeitskraft. Trotz der teils starken Variation des Verhältnisses vorgefertigter und auf der Baustelle errichteter Konstruktionen, besteht bislang jedes Gebäude nur bis zu einem gewissen Grad aus tatsächlich industriell hergestellten Komponenten [17]. Vor wenigen Jahren untersuchte eine Studie die Planungs- und Fertigungsprozesse bei der Herstellung von Personenkraftwagen (PKW) und stellte diesen den Vorgängen des Bauprozesses gegenüber. Die Automobilbranche befindet sich seit der Einführung des Fließbandes in einer kontinuierlichen Entwicklung. Innerhalb eines Jahrhunderts entwickelte sich das Handwerk des damaligen Kutschers zu einer der fortschrittlichsten Industrien, die laufend nach möglichen Optimierungen sucht und diese erfolgreich in ihre Prozesse integriert. Auch die Fertigungsprozesse selbst wurden seither ständig verbessert. In den stationären Werken wird heute durchwegs „just in time“ produziert. Die einzelnen vorgefertigten Bauteile – nicht einzelne Produkte – von zahlreichen Zulieferern werden dabei in der richtigen Sequenz innerhalb eines genau definierten Zeitfensters bereitgestellt und eingefügt. Im Vergleich zu den zwischenzeitlich hoch technologisierten Prozessen der Automobilindustrie scheint im Bauprozess die Zeit tatsächlich seit Jahren still zu stehen. Zwar ist ein direkter Vergleich mit der Automobilindustrie nicht möglich, da das Bauen von

Gebäuden klarerweise mit ständig wechselnden Bedingungen – Grundstück, Zufahrt, Logistik, etc. – verbunden ist. Auch hinsichtlich der Stückzahl, der Losgrößen und der Transportmöglichkeiten ist ein mit dem Erdboden fest verbundenes Gebäude nicht wirklich vergleichbar. Und dennoch gibt es zum Schiff-, Flugzeug- und Autobau durchwegs Parallelen. Es stellt sich grundsätzlich die Frage, ob das Bauen tatsächlich immer auf der Baustelle zu erfolgen hat. Bekanntlich lassen sich alle Fertigungsprozesse, die in einer Produktionshalle erbracht werden können, exakt planen, steuern, kontrollieren und verbessern. Zusätzlich ergeben sich durch die kontrollierte Herstellung Optimierungs- und damit Einsparungsmöglichkeiten im Bereich der Ressourcen, Energie und Zeit. Dem gegenüber stehen jedoch wiederum eine exakte Planung und Vorbereitung, da bei fertigen Bauteilen eine ad hoc Problemlösung auf der Baustelle – für etwaige Anpassungen – nicht mehr so einfach möglich ist.

### 3. Bauen MORGEN

Das Bauen von morgen wird sich aus heutiger Sicht in einigen Bereichen grundsätzlich verändern. Vor allem wird sich der Blickwinkel des Prozesses komplett verändern. Es geht nicht mehr nur um die Planung und Ausführung eines Gebäudes selbst, sondern um den gesamten Lebenszyklus, einschliesslich des Rückbaus und der Wiederverwendung der Bauteile und der integrale Planungsprozess, unter der Berücksichtigung miteinander vernetzten Softwarelösungen und Informationen, wird zum Standard. Nicht interaktiv verbundene Schnittstellen sind unzulässig und werden eliminiert. Mit dem Bau darf frühestens erst dann begonnen werden, wenn die komplette Ausführungsplanung abgeschlossen ist. Die baubegleitende Planung gehört damit der Vergangenheit an, wodurch die bisherigen Freiheiten der Architekten und Fachplaner deutlich eingeschränkt werden. Ein Team von Experten übernimmt die Systemplanung von Komponenten und Modulen, die der Objektplanung zur Verfügung gestellt werden. Dabei erhält jedes Bauteil seine Eigenschaften und Preis. Das System zerlegt die Produkte in sinnvolle Funktionseinheiten, welche sich später immer wieder zu neuen Funktionseinheiten – vgl. Baukasten – zusammenbauen lassen. Dadurch wird der Planungsaufwand und – umfang drastisch reduziert und ermöglicht den Wegfall der Vergütung gemäss der derzeit gültigen HOAI. Alle Details sind fertig ausgeplant und bereits mehrfach geprüft, wodurch das Bauen von bisherigen Prototypen reduziert wird. Die Architekten vor Ort übernehmen die Rolle des Objektplaners, der nach klar vorgegeben Regeln das Softwaresystem – welches in der Cloud hängt - bedient. Das System generiert vollautomatisch die Entwurfsplanung und bietet unterschiedliche Variationen an, wodurch der Objektplaner bei seiner Produktauswahl, ähnlich eines Auto-Konfigurators, ein permanentes Feedback hinsichtlich der Preis-, Zeit- und Qualitätsentwicklung. Dadurch ist schon in einem sehr frühen Stadium ein tatsächlicher Produktentscheid möglich. Das System generiert in weiterer Folge nach Abschluss der Eingaben und Entscheidungen des Objektplaners die komplette Einreichplanung, welche zugleich die Werkstattplanung, Terminplanung und Kostenplanung beinhaltet.



### 3.1. Verfahren

Die Planung und deren Anforderung haben sich grundlegend zu ändern. Das Bauen auf der Baustelle – welches seit jeher mehr oder weniger erfolgreich praktiziert wurde – kann die gestellten Erwartungen hinsichtlich Kosten, Ressourcenverbrauch, Qualität und Zeit klarerweise nicht mehr zeitgemäss erfüllen. Die Planung ist daher komplett zu automatisieren, sodass sämtliche Schnittstellen zu den bisherigen Gewerken einfach wegfallen. Das klassische Planen auf CAD (computer-aided design) Arbeitsplätzen wird damit bei einer Vielzahl an Gebäuden der Vergangenheit angehören. Die Unterteilung in Ausführungsplanung und Werkstattplanung verschwindet komplett, sodass die Planung vor der Vergabe von Bauleistung tatsächlich komplett abgeschlossen ist. Bevor es überhaupt zur Realisierung eines Bauvorhabens kommt, werden bereits alle Prozesse – Produktion, Logistik, Montage und Demontage – im Zuge einer „Method statement“ durchgespielt und ausführlich dokumentiert. Dadurch fällt die bisher gängig praktizierte „Improvisation“ in allen Abschnitten weg, was letztlich auch den Ressourceneinsatz drastisch reduziert und die Sicherheit sowohl in der Produktion, als auch bei der Montage deutlich erhöht. Die bisherigen Abhängigkeiten der Gewerke untereinander werden durch die Verlagerung der Fertigung in eine Vorproduktion komplett voneinander entkoppelt. Dadurch ist eine parallele Fertigung mit permanenter interner als auch externer Qualitätsprüfung gewährleistet. Mit der Vorfertigung in Produktionshallen entstehen zudem deutlich geringere Massabweichungen, wodurch die bisherigen Toleranzvorgaben – DIN 18202 – an Bedeutung verliert. Der üblicherweise auf den Plänen verwendete Standardpassus „Alle Masse sind vom Auftragnehmer vor Ausführung eigenverantwortlich zu überprüfen“ muss klarerweise entfallen. Das heisst es gelten in Zukunft ausschliesslich die in den Plänen tatsächlich angegebenen Masse, Toleranzen und Ebenheiten. Unter dieser Voraussetzung sind etwaige Anpassungen auf der Baustelle nur mehr in Ausnahmefällen gestattet. Dies bedeutet in der Konsequenz natürlich auch, dass bei allen verwendeten Bauteilen die Serien- und Modulfertigung im Vordergrund steht und diese Baugruppen (analog dem Querbaukasten der Automobilindustrie) damit auch die Gebäude der Zukunft definieren. Wie im Industriebau weltweit üblich, wird auch im Hochbau die Montage durch Montagekolonnen erfolgen. Das bedeutet aber auch, dass sämtliche Verbindungen und Kupplungen – im Bereich der Tragkonstruktion, der Fassade, der Haustechnik und des Ausbaus – so auszulegen sind, dass diese jedenfalls von externen Montagetruppen einfach und schnell erledigt werden können. Es ist daher von grosser Wichtigkeit für die Planer von neuen Bauteilen, dass sich diese bei allen Details, Anschlüssen und vor allem auch bei allen Materialien darüber Gedanken machen, wie diese in weiterer Folge einfach getauscht und Rückgebaut werden können. Nachdem sich auch die Nutzung des Gebäudes mit der Zeit durchaus verändern kann, wird dadurch auch ein späterer Austausch, Umbau und eventueller Rückbau deutlich vereinfacht. Jene Gebäude, die zum Beispiel ursprünglich als Hotel errichtet wurden, müssen später durchaus auch als Verwaltungs- oder Wohngebäude genutzt werden können. Dementsprechend sind im Zuge der Planung die Spannweiten, die tragenden Wände, die Anschlüsse der Haustechnik und die Erschliessung auszulegen. Die Vorfertigung wird nicht in klassisch stationären Produktionshallen von statten gehen, sondern bewusst in den umliegenden Produktionshallen im nahen Umkreis der Baustelle. Darin werden bisherige Gewerke funktionsübergreifend zusammengefasst – Zimmerer, Fensterbauer, Spengler, Haustechnikinstallateur, Rollladen- und Jalousiebauer, Elektroinstallateur, etc. – und diese errichten gemeinsam ein Modul oder Element. Dabei kommen neue Ansätze der Herstellung – bekannt unter „Lean Construction“, zum Einsatz. Mittels kybernetischen Systemen und Regelkreisläufen wird dadurch eine gleichbleibende Qualität bei einem ständigen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (Plan-Do-Check-Act) entsprechend FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) und MUDA Prinzip garantiert. Durch die digitale Dokumentation aller Produktionsschritte, lassen sich auch im Nachgang etwaige Fehler nachvollziehen und deren eventuellen Auswirkungen beurteilen. Der Produktionsvorlauf wird im Vorfeld so abgestimmt, dass eine „just in time“ Anlieferung mit dem Lastkraftwagen, oder bei Vorhandensein eines Gleisanschlusses, mit den Güterwaggon ermöglicht wird. Um die Wertschöpfung auf der Baustelle und damit die Dauer des eigentlichen Montageprozesses möglichst gering zu halten, werden alle Komponenten werkseitig vormontiert angeliefert, sodass im Zuge der Montage nur mehr das „Finishing“ zu erfolgen hat. Daraus resultierend wird in Zukunft im Hochbau nicht mehr gebaut, sondern montiert bzw. «assembled».

### 3.2. Prozesse

Die Bauindustrie als bekanntlich „zweitältestes“ Gewerbe, mit immer noch traditionelle Planungsverfahren und Organisationsprozessen, hat es bislang nicht geschafft, die Kenntnisse und Verfahren aus anderen Industriebereichen – insbesondere aus dem Bereich Automobil und Schiffbau – zu übernehmen. Daher sind Verfahren wie „MUDA“ (Toyota) und „Lean construction“ auch auf Grossbaustellen noch nicht allgegenwärtig. Letzteres beinhaltet eine Vielzahl an Möglichkeiten die Effizienz von Bauprozessen zu steigern. Begriffe wie „just in time“ Anlieferungen, „simultaneous engineering“, etc. und die damit verbundene Reduzierung von Bauabläufen bis hin zur Eliminierung von bislang notwendig geglaubten und damit überflüssigen Bauprozessen, sind aufgrund von Festhaltungen an traditionellen Prozessen derzeit noch nicht umsetzbar. Die bislang praktizierte Herangehensweise, die Planung, die Produktion, die Möglichkeiten der Nutzung oder Umnutzung und der nicht geplante Rückbau eines Gebäudes, können wir uns aufgrund der weltweit nur endlich vorhandenen Ressourcen, auch in Hinblick der nächsten Generationen, nicht mehr leisten. Beim Planen und Errichten eines Gebäudes muss daher allen Beteiligten bereits bewusst sein, dass dieses nicht nur eine definierte Lebensdauer hat. Es gibt, wie beim Auto, vielmehr unterschiedliche Verschleissteile, die in sehr unterschiedlichen Zyklen auch gewartet und getauscht werden müssen. So beispielsweise müssen die Bremsen vielleicht nach drei Jahren getauscht werden, die Kupplung gegebenenfalls nach acht bis zehn Jahren und der Motor, je nach Kilometerleistung, nach zwölf oder fünfzehn Jahren. Ähnlich ist es auch bei einem Gebäude. Die Primärkonstruktion, sprich die tragende Konstruktion eines Gebäudes, hat unabhängig des verwendeten Materials, jedenfalls eine Lebensdauer von weit über hundert Jahren. Die Fassade, welche ständig wechselnden Witterungsverhältnissen und unterschiedlichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt ist, hält erfahrungsgemäss zwischen zwanzig bis dreissig Jahre. Spätestens dann wird es notwendig sein, die Fenster und Aussenhaut zu erneuern. Im Bereich der technischen Gebäudeausstattung ist die Lebensdauer der Komponenten deutlich geringer. Je nach Bauteil ist die Nutzung entsprechend VDI 2067 (Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen) auf zehn bis dreissig Jahre ausgelegt, wobei der jährliche Aufwand für die Bedienung und Wartung, insbesondere durch die Installation von kontrollierten Be- und Entlüftungsanlagen, Mess- und Steuerungstechniken, etc. ständig zunimmt. Aus dem Bereich des Facility Managements ist bekannt, dass bei einer Betrachtung von Verwaltungs- und Hotelgebäuden im Zeitraum von vierzig Jahren die Investitionskosten zu den Gesamtkosten lediglich circa 20 Prozent betragen. Nachdem – mit Ausnahme von PPP (Public-Private-Partnership) Projekten – die Planungsebene rein für die Erstellungsphase vergütet wird und sie daher für die Nutzung des Gebäudes und die damit verbundenen Auswirkungen – hinsichtlich Betrieb, Instandhaltung, etc. – nicht in der Haftungsrolle sind, werden jegliche Überlegungen dahingehend klarerweise nur rudimentär behandelt. Wäre es daher bereits bei der Genehmigungsplanung gesetzlich erforderlich, auch eine Rückbauanleitung inklusive Auflistung der verbauten Rohstoffe und deren Rückgewinnung beizulegen, so würden die Gebäude schon vor deren Realisierung einen komplett anderen Stellenwert gewinnen.

### 3.3. UMDENKEN

Mit dem Entwurf eines Gebäudes, unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Überlegungen, würden auf einmal komplett andere Gesichtspunkte bei den Entscheidungen im Vordergrund stehen. Schliesslich werden bereits bei der Bedarfsplanung nicht mehr die alleinige Frage gestellt: «Wie nutze ich das Gebäude?», sondern vielmehr: Welche Ressourcen und Materialien werden verbaut? Wieviel an Energie muss im Vorfeld aufgebracht werden, um die zu verbauenden Materialien (Stahl, Aluminium, Mineralwolle, Zement, etc.) herzustellen? Wie können Bauteile und Komponenten ohne grossen Aufwand ausgetauscht werden? Wie kann das Gebäude einer anderen Nutzung zugeführt werden? Zum Beispiel von einer Büronutzung zum Hotel oder Wohnung. Wie kann das Gebäude wieder rückgebaut werden, ohne dabei die verbauten Bauteile zerstören zu müssen? Wie können die verbauten Ressourcen wiedergewonnen und für die nachfolgenden Generationen zu deren Verwendung zur Verfügung gestellt werden? usw. Um solche Überlegungen überhaupt anstellen zu können, ist es notwendig sich von dem derzeitigen Korsett des Bauprozesses komplett zu lösen. Für die derzeitigen Strukturen

in den einzelnen Bereichen der Planungs- und Ausführungsebene ist ein Umdenken bislang nicht vorstellbar. Die dazu notwendigen Veränderungen, welche das Bauen der Zukunft komplett revolutionieren würden, insbesondere mit dem Ziel schneller, kostengünstiger, qualitativ besser und vor allem mit weniger Ressourceneinsatz zu bauen, hat natürlich weitreichende Folgen für alle bislang am Bau Beteiligten. Grundsätzlich muss daher klar sein, dass alles was in der Planung und Ausführung eingebaut wird, auch in der Nutzung entsprechend gewartet und instandgehalten werden muss. Mit den stetig erhöhenden Anforderungen hinsichtlich Energieeinsparung, wurden die Gebäude in den letzten Jahren deutlich dichter und weisen aufgrund der besseren Dämmung und Fenster auch entsprechend niedrigere Heizenergiewerte auf. Diese geschlossene Gebäudehülle erfordert aber auch ein anderes Nutzerverhalten, welches von Seiten der Planer primär über zusätzliche technische Installationen zu kompensieren versucht wird. Der Vorarlberg Architekt und Professor an der ETH Zürich, Dietmar Eberle, hat jedoch zwischenzeitlich erkannt, dass die ihm zur Verfügung stehenden Fachplaner es weder verstehen, noch ein persönliches Interesse daran haben, Gebäude so zu planen, dass sie mit einer Minimalausstattung an Technik auskommen. Unter dem Motto: „Atmosphäre statt Maschine“. Heizung, Lüftung und Kühlung gibt es nicht, hat er daher das Verwaltungsgebäude 2226 in Lustenau (A) geplant und errichtet. Dabei verzichtete er ganz bewusst auf sogenannte „Bauphysiker“ und diskutierte stattdessen mit seinen Überlegungen mit Kollegen im Bereich der Physik an der ETH Zürich. Auch Antoine de Saint-Exupéry beschreibt die Perfektion wie folgt: „Perfektion ist nicht dann erreicht, wenn es nichts mehr hinzuzufügen gibt, sondern wenn man nichts mehr weglassen kann.“ Die Diskrepanz zwischen den Gebäuden heute und denen der Zukunft liegt somit darin, dass es zu definieren gilt wie und womit Gebäude errichtet werden. Diese Überlegung beinhaltet zum einen a) wie die Planung zukünftig zu erfolgen hat und b) mit welchen Komponenten und Bauteilen dabei gebaut wird. Durch die zunehmende Entwicklung komplexer Informationstechnologien und neuartige Produktionssysteme hat sich bereits in den vergangenen Jahren ein möglicher Umschwung im Bauwesen abgezeichnet [18]. Das bisherige gewohnte Bild des Bauens vor Ort – so wie wir es heute noch sehen und wahrnehmen – wird sich zukünftig daher auf eine sehr kurze Montagezeit reduzieren.

### **3.4. Der nächste Schritt: Bauen 4.0**

Im Bau herrscht heute nach wie vor der Prototypenbau vor. Das heisst, jedes Gebäude wird von Grund auf neu geplant. Bereits gesammelte Erfahrungen aus Referenzprojekten fließen dabei praktisch nicht ein und gehen dadurch verloren. Andere Industriezweige, allen voran die Automobilindustrie, sind dem Bau dabei deutlich voraus: Fahrgestell, Motoren und Karosserie sind hier standardisiert, modular und können so schnell, kostengünstig und vor allem ressourcenschonend hergestellt werden. Durch verschiedene Ausstattungsmerkmale, die Farbgebung oder die Materialwahl lässt sich das Auto dennoch individualisieren und auf spezifische Bedürfnisse anpassen. Mit Hilfe eines „Car Configurators“ kann sich der Kunde schon vorab sein Wunschmodell zusammenstellen und sogar auf Knopfdruck bestellen. In naher Zukunft wird es im Bereich der Immobilien genauso laufen: Der Bauherr / Projektentwickler stellt sich sein Gebäude am Rechner zusammen, begeht es einmal mit der VR-Brille um die Details und die Einrichtung zu planen und lässt sich dieses dann per Mausklick auspreisen. So weit sind wir zwar noch nicht. Aber das ist derzeit nur eine Frage der Zeit. Und diese Zeit wird schneller kommen, als wir momentan glauben. Dies liegt auch am logarithmischen Denken des Menschen: Um die Welt in einem Jahr zu antizipieren, müssen wir nicht ein Jahr in die Vergangenheit schauen, sondern zehn. Vor allem durch die technische Entwicklung und die Digitalisierung verkürzen sich Entwicklungsschritte immens. Die Zeit für Bauen 4.0 [19] ist daher genau jetzt: Durch Holz- bzw. Holzhybrid- und Systembau sind die Voraussetzungen und die beste Ausgangsposition geschaffen worden für den nächsten Schritt. Treiber dabei sind Sharing und Open Innovation. Dreh- und Angelpunkt des neuen Bauens wird eine interdisziplinäre, digitale, lebendige Plattform sein. Eine Art kybernetischer Tisch für alles, was die Themen „Planen, Errichten und Betreiben von Gebäuden“ betrifft. Darauf finden sich sämtliche Informationen, Kontakte, Produkte, Formulare und Fallbeispiele aus der Welt des systematischen Holz-Hybridbaus. Und sie wird sich stetig weiterentwickeln: Jedes neu entwickelte Bauelement, jedes erfolgreich abgeschlossene Projekt,

jeder neue Produzent, Architekt oder Planer bereichert die Plattform, füllt sie mit Wissen und macht so zeitgleich alle Beteiligten des kybernetischen Tisches schlauer. Wissen ist zukünftig so kein Hoheitsgut mehr, sondern kollektiver Besitz zum Wohle und zugunsten des Holz-Systembaus und aller Beteiligten.

### 3.5. Warum Holz?

Holz gehört zusammen mit Lehm und Naturstein zu den ältesten und elementarsten Baustoffen der Menschheit. Als Rohstoff bietet er die Vorteile, dass er ohne fossilen Energieverbrauch nachwächst und dabei absolut ökologisch, natürlich und nachhaltig ist. Der Energiebedarf zur Herstellung des Baustoffes Holz beträgt verglichen mit anderen Baustoffen wie Stahl, Ziegel oder Aluminium nur einen Bruchteil, und auch der Energieaufwand zur Herstellung einzelner Holzprodukte ist im Vergleich zu anderen Werkstoffen gering. Nicht zu vergessen ist auch die Tatsache, dass durch die Verwendung von Holz andere Baustoffe ersetzt werden, die sonst unter einem hohen Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß erst hätten hergestellt werden müssen. Zentrale Eigenschaften von Holz sind die gute Wärmeisolierung, seine hohe Festigkeit sowie Langlebigkeit und Brandbeständigkeit. Brandversuche haben gezeigt, dass sich bei Temperaturen über 200°C eine Holzkohleschicht bildet, die die darunter liegenden Holzschichten isoliert und somit im Vergleich zu Stahl eine geringere Einsturzgefahr darstellt. Damit entspricht Holz als Baustoff modernsten Sicherheitsanforderungen. Ein weiterer Vorteil ist das im Verhältnis zum Volumen geringe Eigengewicht mit dem Potential, das Gebäudegesamtwicht um bis zu 50% zu verringern. Im Falle des LifeCycle Tower ONE, des weltweit ersten im LCT-System gebauten Gebäudes, ist dieses um ein Drittel geringer als das Gewicht eines vergleichbaren Stahlbetonbaus. Als wichtiger Aspekt ist dabei zu sehen, dass Holz auf allen Kontinenten verfügbar ist und durch Abbau vor Ort eine regionale und nationale Unabhängigkeit im Rohstoffbezug schafft, was vor hohen Rohstoffpreisen schützt. Beispielsweise konnten beim Bau des Auftragsprojekts IZM (Illwerke-Zentrum-Montafon/Vandans) zwei Drittel des Holzes aus der Region Vorarlberg beziehungsweise dem Montafon bezogen werden und das verbleibende Drittel aus dem angrenzenden süddeutschen Raum. Gleichzeitig werden dadurch die Transportwege verkürzt und die regionale Wirtschaft gestärkt, da die Planung eines Gebäudes in der LCT-Systembauweise immer durch lokale Architekten, die Ausführung durch lokale Bauunternehmen und die Komponentenfertigung durch lokale Verarbeiter vorgenommen werden kann. Das wichtigste Argument, Holz verstärkt in der Baubranche einzusetzen, ist jedoch das CO<sub>2</sub>-Speicherpotential von Holz. Durch den Vorgang der Photosynthese entstehen im Blatt/Nadel des Baumes aus Wasser, Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Licht Kohlenhydrate und der für den Menschen lebensnotwendige Sauerstoff. Der Baum lagert die Kohlenhydrate ein und gibt den entstandenen Sauerstoff wieder an die Atmosphäre ab. Über die gesamte Nutzungsdauer des Holzes wird somit der Atmosphäre Kohlendioxid entzogen, das als hauptverantwortlicher Auslöser für den Treibhauseffekt gilt. Über die Photosynthese bindet wachsendes Holz also Kohlendioxid und geerntetes Holz speichert es. Insgesamt besteht Holz zu 50% aus Kohlenstoff und spielt damit eine wichtige Rolle als CO<sub>2</sub>-Speicher in der Klimabilanz. Da 1 m<sup>3</sup> Nadelholz (Fichte/Tanne) über ein CO<sub>2</sub>-Speicherpotential von knapp 1 t CO<sub>2</sub> verfügt, werden beispielsweise im Auftragsprojekt IZM mit seinen 1.030 m<sup>3</sup> Massivholz über 944 t CO<sub>2</sub> gespeichert. Nicht zuletzt zeichnet sich Holz als ressourcenschonendes Kreislaufprodukt aus, da es sich am Ende des Lebenszyklus ganzheitlich CO<sub>2</sub>-neutral verwerten lässt. Zum einen ist eine hundertprozentige Recyclbarkeit gegeben, zum anderen gibt Holz selbst bei der Verbrennung nur so viel CO<sub>2</sub> ab, wie der Baum während seines Wachstums gebunden hat. Dies belegen die Ergebnisse einer parallel zum Forschungsprojekt LCT durchgeführten Studie durch PE international: Für den berechneten Gebäudekörper stellte sich heraus, dass bei der LCT-Bauweise in der Gesamtbilanz (Herstellung, Instandsetzung und Entsorgung) durch die Verwendung von Holz als Basismaterial 9.493 t weniger CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert werden, als bei einem vergleichbaren Stahlbetonbau. Das entspricht einer um 90% verbesserten Gesamt-CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zu konventionellen Stahlbeton-Hochbauten. Damit leistet das LCT-Bausystem einen wesentlichen Beitrag zur radikalen Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudesektor und speichert das CO<sub>2</sub> über 100 Jahre. Dies resultiert unter anderem auch daraus, dass die LCT-Systembauweise es zum ersten Mal überhaupt möglich macht, Holz

als tragendes und gleichzeitig ungekapseltes Element im Holzbau einzusetzen und so zusätzliche Ressourcen einzusparen. Gleichzeitig wird damit das Holz für die Bewohner und Nutzer im Innenraum direkt erlebbar und sorgt für ein gesundheitsförderndes Raumklima [20].

### 3.6. Warum System?

Beim LCT-System der Cree GmbH handelt es sich um ein standardisiertes, universell einsetzbares Baukastensystem. Im Vergleich zu anderen Holzhochbauprojekten verfolgt Cree einen „Top-Down“-Ansatz, bei dem alle Komponenten so geplant werden, dass sie bei einer Internationalisierung an die Anforderungen und Regulierungen in den jeweiligen Ländern angepasst werden können. Darüber hinaus können die LCT-Systemkomponenten von ortsansässigen Unternehmen hergestellt werden und bieten so Chancen für das regionale Handwerk und die Holzwirtschaft. Im Falle von Cree wurden mit dem LCT ONE und dem IZM bisher zwei Bürogebäude realisiert. Zudem kam das LCT-System bei der Aufstockung der Zentrale der Wagner GmbH in Nüziders sowie bei einem Büro- und Wohngebäude in Memmingen, Deutschland, zum Einsatz. Das baureife Holzfertigteile-Baukastensystem lässt sich aber auch in den Bereichen Hotels, Gastronomie oder Einzelhandel einsetzen. Durch eine millimetergenaue Vorfertigung lassen sich die einzelnen Module nicht nur flexibel und individuell gestalten und so unterschiedlichsten Bauvorhaben anpassen. Durch die gleichbleibend hohe Bauqualität der Einzelkomponenten herrscht auch eine verlässliche Ausführungssicherheit. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist die im Vergleich zu konventioneller Bauweise um die Hälfte verringerte Bauzeit. Beim Prototyp LCT ONE konnte diese beispielsweise um den Faktor 3 gekürzt werden. So werden nicht nur Behinderungen für Verkehr und Anrainer minimiert, sondern gerade im urbanen Raum wird die Bauabwicklung erheblich erleichtert. Der hohe Vorfertigungsgrad ermöglicht eine schnelle Umsetzung (an einem Arbeitstag konnte beim LCT ONE eine Etage inklusive Fassade errichtet werden) und verringert stark den Bedarf an Lagerflächen während der Bauphase. Ein dritter Vorteil der elementierten Vorfertigung ist eine Baustellenabwicklung mit geringerer Lärm- und Staubbelastung.

### 3.7. Digitaler Zwilling

Sämtliche Simulationen was Tragwerk, Wärmeschutz, Brandschutz, Gebäudeautomation, etc. anbelangt können zwischenzeitlich in Form eines digitalen Zwillings abgebildet werden. Dazu müssen jedoch alle elektrischen Komponenten über eine entsprechende IP Adresse verfügen um damit in bzw. über eine Cloud ausgelesen und angesteuert werden zu können. Erst durch diese Voraussetzung wird zuerst der digitale Zwilling und in Folge das Gebäude auch IoT (Internet of Things) tauglich und damit zum «Smart Building». D.h. sämtliche zugehörigen Prozesse hinsichtlich Vorfertigung, Logistik, Montage und natürlich Demontage werden ebenso wie präventive und prädiktive Massnahmen im Zuge der Nutzung des Gebäudes aus dem Modell abgeleitet und definiert. Die bisherige klassische baubegleitende Planung, zum Teil auch in Projekträumen, wird dadurch obsolet. Die Digitalisierung im Bauprozess und die damit verbundene Entwicklung haben entsprechenden Einfluss auf alle Beteiligten. So fungieren Architekten und Fachplaner zukünftig als Experten im Bereich Detail- und Ausführungsplanung. Einreichungen und Bauanträge in konventioneller Schriftform und 2D Plänen werden sukzessive durch digitale Modelle abgelöst und ermöglichen damit den Kommunen den Schritt zur digitalen Stadt. Eine solche Entwicklung hat natürlich entsprechende Auswirkungen auf alle bisherigen Beteiligten: Handwerker, Planer, Architekten, Behörden, Dienstleister, Bauunternehmer, Kunden – und vor allem auch die Industrie. Hersteller aus bislang nicht bauaffinen Bereichen werden durch die systematisierte Planung Chancen erkennen und auch verwerten. Die Entscheidung von Herstellern wird zukünftig bereits dadurch entschieden, indem nur mehr diese zum Auftrag kommen, welche ihre Produkte bereits in der Planungsphase in entsprechender BIM Qualität zur Verfügung stellen können. Nur mittels einer radikalen Reduktion bisheriger Schnittstellen durch entsprechende Halbfertig- und Fertigerzeugnisse von Seiten der Industrie, wird es gelingen Werkleistungen von der Baustelle in umliegende Produktionshallen zu verlagern. Diese Verlagerung hat jedoch zur Folge, dass sich Handwerker zusammenschliessen müssen um gemeinsam ein Modul-Element herzustellen. Viele Komponenten der Haustechnik und des Ausbaus werden ab diesem Moment bereits in Bauteilen

der Tragkonstruktion (z.B. Decke, Stütze, etc.) und Aussenwand vormontiert werden, so dass es nach der Montage nur mehr einer einfachen Steckverbindung bedarf. Diese Art der Planung und Vorelementierung ermöglicht es erst entsprechende Qualitäts- und Sicherheitsmanagement Methoden wie FMEA aus anderen Industriebereichen, z.B. des Schiffbaus, an- und umzusetzen.

### 3.8. Plattform

Die digitale Evolution kommt jedoch erst dann zu Stande, wenn in Folge nicht mehr jedes Gebäude von null an entworfen und geplant werden muss, sondern indem bestehende Pläne von bereits gebauten Projekten tatsächlich auf einer Plattform zum Download zur Verfügung stehen. Ab diesem Zeitpunkt entsteht eine „Sharing Community“ die zwar bei jedem Gebäude Adaptionen vornehmen wird, um das Gebäude entsprechend den soziokulturellen und städtebaulichen Anforderungen gerecht zu werden, sich jedoch gleichzeitig dazu verpflichtet diese wiederum allen anderen zur Verfügung zu stellen. Das Planen und Bauen mit geprüften und bewährten Komponenten wird dadurch vergleichbar mit dem Querbaukasten der Automotiv-Industrie. Alles ist erlaubt, solange man sich an gewisse Regeln hält und vorgegebene Bauteile verwendet. Erst dadurch wird es möglich entsprechende Losgrößen für die Industrie zu generieren, Ressourcen und Kosten einzusparen und gleichzeitig die Qualität zu steigern. Logischerweise bedarf eine solche Herangehensweise natürlich auch anderer Form der Vergabe, z.B. Design-Build oder gar Design-Build-Operate, um den maximalen Kaskadennutzen des digitalen Zwillings (digital twin) auch zu generieren.

### 3.9. Sharing Community

Die Plattform von Cree wird in verschiedene Projekträume aufgeteilt sein. So gibt es Länderbereiche, in denen die behördlichen Auflagen und Genehmigungsrichtlinien hinterlegt sind. Es existieren darauf virtuelle Begegnungsflächen für Architekten oder Planer, in denen sie sich treffen, austauschen und virtuelle Firmen gründen können. Es gibt Produkthops, in denen die zur Verfügung stehenden Bauelemente hinterlegt sind – inklusive sämtlicher Informationen zu Materialien, Kosten, ihrem ökologischen Fussabdruck und den Kontaktdaten der Hersteller weltweit. Ausserdem wird es Top-Listen geben, die sich auf Basis von Feedbacks und Kundenbewertungen errechnen, beispielsweise die besten Projekte – darunter finden sich dann auch die verwendeten Elemente und die beteiligten Hersteller –, die besten Holz-Architekten, die besten Tragwerksplaner oder die besten Brandschutzexperten. All dieses Wissen, alle Erfahrungen und alle Kontakte auf der Plattform stehen allen Nutzern zur Verfügung. Zeitlich und räumlich unbegrenzt.

## 4. Conclusio

Vom bisherigen Bauprozess werden wir uns verabschieden, eine baubegleitende Planung wird es nicht mehr geben. Sie wird schlichtweg überflüssig. Dafür wird der Anspruch an den Architekten im Vorfeld höher: soziokulturell, städtebaulich, planerisch. Im Schiffsbau läuft es schon heute so, in der Automobilbranche auch: Die Konstrukteure und Designer einer Yacht oder eines Kreuzfahrtschiffs haben nach der Abgabe ihrer Pläne an die Werft keine Einflussmöglichkeiten mehr. Wozu auch: In der Werft läuft das Schiff dann einfach die vorher definierte und hundertfach bewährte Prozesslinie entlang. Die Funktionen eines Architekten und eines Bauplaners werden sich verändern. Neue Mitspieler werden hinzukommen – aus der IT, aus dem Community Management, aus anderen, bislang völlig branchenfremden Bereichen. Aktuell arbeitet und verhandelt die Cree GmbH unter anderem mit dem Anbieter ganzheitlicher Lichtlösungen Zumtobel Gruppe, dem Elektronikkonzern Bosch, mit den aus der Luftfahrt kommenden Dassault Systèmes, mit dem IT-Dienstleister BIMobjects. Alles Unternehmen, die bislang nicht unbedingt als Bauspezialisten aufgetreten sind. Nennen wir es das „Uber-Prinzip“ der Baubranche: Die Regeln werden neu definiert.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., «Bauwirtschaft im Zahlenbild,» 2015. [Online]. Available: [http://www.bauindustrie.de/media/documents/BW\\_Zahlenbild\\_2015\\_final.pdf](http://www.bauindustrie.de/media/documents/BW_Zahlenbild_2015_final.pdf). [Zugriff am 11 5 2017].
- [2] Deloitte, «Deloitte-Studie zur Bauindustrie analysiert die umsatzstärksten Unternehmen,» 2013. [Online]. Available: <http://www.presseportal.de/pm/60247/2526081>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [3] Bundesagentur für Arbeit - Statistik, «Gute Bildung - gute Chancen,» 2016. [Online]. Available: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Akademiker/generische-Publikationen/Broschuere-Akademiker-2016.pdf>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [4] McKinsey&Company, «A Route to higher Productivity,» 2 2017. [Online]. Available: [https://www.mckinsey.de/files/170228\\_mgi\\_construction.pdf](https://www.mckinsey.de/files/170228_mgi_construction.pdf). [Zugriff am 11 5 2017].
- [5] European Construction Industry Federation, «FIEC,» 2015. [Online]. Available: <http://www.fiec.eu>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [6] Rhomberg Bau GmbH, «BRIX – Business Resource Intensity Index,» 2010. [Online]. Available: <http://alt.seri.at/projects/completed-projects/brix-business-resource-intensity-index/>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [7] United Nations Environment Programme, «Sustainable Buildings and Climate Change,» 2009. [Online]. Available: <http://www.unep.org/sbci/pdfs/sbci-bccsummary.pdf>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [8] Ellen MacArthur Foundation, «Toward the Circular Economy,» 2012. [Online]. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/towards-the-circular-economy>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [9] EUROPÄISCHE KOMMISSION, «Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020,» 2011 1 2011. [Online]. Available: <https://www.nachhaltigkeit.at/assets/customer/Downloads/Ressourceneffizienz/Leitinitiative%20f%C3%BCr%20ein%20ressourcenschonendes%20Europa.pdf>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [10] EUROPÄISCHE KOMMISSION, «Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa,» 20 9 2011. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:DE:PDF>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [11] EUROPÄISCHE KOMMISSION, «Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO2-armen Wirtschaft bis 2050,» 8 3 2011. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:de:PDF>. [Zugriff am 11 5 2017].
- [12] EUROPÄISCHE KOMMISSION, «GRUNDSTOFFMÄRKTE UND ROHSTOFFE: HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE,» 2 2 2011. [Online]. Available: [http://www.europarl.europa.eu/meet-docs/2009\\_2014/documents/com/com\\_com\(2011\)0025\\_/com\\_com\(2011\)0025\\_de.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meet-docs/2009_2014/documents/com/com_com(2011)0025_/com_com(2011)0025_de.pdf). [Zugriff am 11 5 2017].
- [13] M. O'Brien, R. Bleischwitz, R. Lucas, S. Bringezu, T. Samus, M. Ritthoff, S. Steger, J. von Geibler, H. Wallbaum, M. Miedzinski, S. Giljum, T. Patz, A. Karjalainen und L. Saarinen, «Ressourceneffizientes Bauen : die Rolle von Öko-Innovationen im europäischen Bausektor,» Eco-Innovation Observatory, Brussels, 2011.
- [14] R. Berth, The return of innovation, Düsseldorf: Kienbaum Forum, 1993.

- [15] M. Eidenbenz, P. Filipaj und S. Menz , Changes – Innovation im Bauprozess, Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2010.
- [16] L. Mies van der Rohe, «in G,» in *Industrielles Bauen*, 1924, p. 18ff.
- [17] C. Schittich, «Vorfertigung - Hightech und Handarbeit,» *DETAIL*, 1 6 2012.
- [18] F. Piller, Mass Customization, Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter, 4. Auflage Hrsg., Wiesbaden: Gabler Verlag, 2006.
- [19] H. Rhomberg, Bauen 4.0 – From the Ego to the Lego Principle, 1 Hrsg., Hohenems: Bucher, 2015.
- [20] M. Moser, A. Avian, V. Grote und M. Mayrhofer, «School without stress – wood creates a good school climate,» Graz, 2010.
- [21] Cradle to Cradle e.V., «Cradle to Cradle e.V.,» 2017. [Online]. Available: <http://c2c-ev.de/>. [Zugriff am 11 5 2017].

# **Quo Vadis Holzbau**



# CO<sub>2</sub> – Bilanzierung als der Wettbewerbsvorteil für den Holzbau?

Dr. Frank Werner  
Werner Umwelt & Entwicklung  
Zürich, Schweiz





# CO<sub>2</sub> – Bilanzierung als der Wettbewerbsvorteil für den Holzbau?

## 1. Von den Tücken ökologischer Bewertungen

Ein Vergleich von Bauprodukten ist nur bei methodisch gleichen Annahmen und im Hinblick auf die Verwendung und Funktion des Bauproduktes in einem Gebäudekontext sinnvoll möglich. Da Umweltkennzahlen für Bauprodukte meist zur Verwendung im Rahmen einer Gebäudebewertung bereitgestellt werden, erfolgt eine Dokumentation oder Deklaration von Umweltkennzahlen von Bauprodukten in Merkblättern, Datenbanken oder auch in Umweltproduktdeklarationen oft „pro kg“ oder „pro m<sup>3</sup>“.

Ein direkter Vergleich von Umweltkennzahlen von unterschiedlichen Produkten wie Beton, Stahl und Holz „pro kg“ oder „pro m<sup>3</sup>“ – wie er leider immer wieder zu lesen ist – ist nicht sachgerecht.

## 2. Treibhausgasprofil von Holzprodukten und Substitutionswirkung

Unter Substitution versteht man die CO<sub>2</sub>-Bilanz, wenn ein Produkt durch ein anderes (hier: Holz-) Produkt ersetzt wird.

Die Herstellung und Entsorgung von Holzprodukten ist in der Regel mit geringeren Treibhausgasemissionen verbunden als Produkte aus anderen Materialien, da ein guter Teil der Energie für die Herstellung von Holzprodukten selbst aus Industrierestholz bereitgestellt werden kann („Materialsubstitution“). Bei einer energetischen Nutzung von Altholz sind die daraus resultierenden biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei nachhaltig produziertem Holz nicht nur als CO<sub>2</sub>-neutral zu betrachten, durch die rückgewonnene Energie können auch CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Brennstoffen ersetzt werden. Dasselbe gilt für Waldenergieholz oder für Industrierestholz, das nicht im Rahmen der Holzindustrie genutzt wird, wenn bei einer energetischen Nutzung CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Brennstoffen ersetzt werden.

Bei der Bilanzierung von Substitutionseffekten ist aber Vorsicht geboten:

- Nicht für jede mögliche Holzverwendung stehen realistische Alternativen aus anderen Materialien zur Verfügung. Dachstöcke z.B. werden heute praktisch ausschliesslich aus Holz gebaut – eine Substitutionswirkung für Holz anzunehmen, das in diese Verwendung fließt, wäre also nicht sachgerecht. Ebenso sind Alternativen für (Verpackungs-) Karton und Papier nur begrenzt vorstellbar.
- Für die Berechnung einer Substitutionswirkung muss eine Entscheidungssituation beurteilt werden: „dies oder das“. Holz an sich hat keine Substitutionswirkung, eine Substitutionswirkung kann immer nur hinsichtlich einer Ausgangssituation und in Bezug auf eine konkrete Entscheidung betrachtet werden. Die Berechnung einer Substitutionswirkung für eine Jahresproduktion von Holz (oder vergleichbare Aussagen) ist somit nicht sachgerecht, da sowohl eine Referenz für die Holzverwendung als auch eine Entscheidung fehlen.

Die Treibhausgasbilanz von Holzprodukten setzt sich nicht nur aus der Treibhausbilanz von Holz zusammen. Üblicherweise werden für die Herstellung von Holzprodukten eine Vielzahl von Hilfsmitteln verwendet – Metallbeschläge und -verbindungen, Kleber, Folien, etc. – die die Treibhausgasbilanz von Holzprodukten zusammen mit den Transporten massgeblich beeinflussen können.

Werden nun aber die Treibhausprofile von Holzprodukten mit funktional gleichwertigen Alternativen aus anderen Materialien verglichen, so schneiden Holzprodukte hinsichtlich „fossiler“ CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Regel günstiger ab als ihre Alternativen. Dies gilt oft auch ohne die Berücksichtigung allfälliger Substitutionseffekte aus der Substitution fossiler Energieträger am Ende der Lebensdauer von Holzprodukten. Allerdings kann der Nettoeffekt je nach Anwendung und betrachteten Produktalternativen stark schwanken.

Interessant kann auch sein, den Substitutionseffekt geographisch zu differenzieren. Werden z.B. durch eine gesteigerte Holznutzung vor allem importierte Produkte ersetzt, so erhöht sich die nationale Treibhausgasbilanz, der Substitutionseffekt geschieht im Ausland, und dies unabhängig davon, ob global betrachtet der Substitutionseffekt für das Holzprodukt vorteilhaft wäre oder nicht.

### 3. Treibhausgasbilanz für Gebäude

Im Grundsatz ist es auch möglich, die Treibhausgasbilanz von Gebäuden zu erstellen und über Alternativen ein Substitutionspotenzial zu berechnen. Da die Materialisierung eines Gebäudes aber auch dessen Auslegung beeinflusst und damit deren Funktionalität, ist ein 1:1-Vergleich meist nur eingeschränkt möglich.

Abschätzungen zur C-Speicherwirkung und stofflichen (nur Herstellung) sowie energetischen Substitutionswirkung (nur Entsorgung) eines Einfamilien- und eines Mehrfamilienhauses im Vergleich zu einer Alternative in Massivbauweise ergeben Folgendes:

- Im untersuchten Einfamilienhaus sind in der Grössenordnung von 40 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent gespeichert; die stoffliche Substitution sowie die energetische Substitution aus der energetischen Nutzung des rückgebauten Gebäudes liegen in derselben Grössenordnung.
- Im untersuchten Mehrfamilienhaus sind in der Grössenordnung von 400 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent gespeichert; die stoffliche Substitution beträgt dabei rund 200 t CO<sub>2</sub>, die energetische Substitution aus der energetischen Nutzung des rückgebauten Gebäudes liegt bei rund 350 t CO<sub>2</sub>.
- Beim Mehrfamilienhaus stellen sich dabei die Decken/Böden als Bauteile mit der grössten Klimawirkung dar; bei der stofflichen Substitution leisten auch die Aussenwände einen relevanten Beitrag.

Setzt man diese Mengen in eine ökonomische Perspektive über einen Preis pro t CO<sub>2</sub>, so ergeben sich bei einem (vergleichsweise sehr hohen Preis) von 100 € pro t CO<sub>2</sub> mögliche Erlöse von rund 4000 € für jeden der 3 Effekte des Einfamilienhauses und 20'000 €, 40'000 € und 35'000 € für die 3 Effekte des Mehrfamilienhauses. Auf Gebäudeebene sind somit aus ökonomischer Sicht angesichts der Baukosten insgesamt weder die C-Speicherung noch die Substitutionswirkungen relevant. Dabei sind für Klimaprojekte essenzielle Kernfragen wie die Basisentwicklung ohne klimarelevante Massnahmen („Baseline“) und die Wirkung der sich daraus ergebenden Geldflüssen hinsichtlich der Zusätzlichkeit („Additonalität“) der Holzverwendung sowie mögliche Effekte auf die C-Lager im Wald („Leakage“) noch nicht adressiert.

### 4. Systemische Betrachtung der Treibhauswirkung von Holzprodukten

Die Klimawirkung von Holzprodukten umfasst mehrere Effekte, die einer zeitlichen Dynamik unterstehen, so:

- die Veränderung der C-Lager im Wald durch die Ernte,
- die C-Speicherwirkung von Holzprodukten,
- die mögliche Substitutionswirkung durch den Ersatz CO<sub>2</sub>-intensiver anderer Baustoffe bzw. Baustoffe mit einer CO<sub>2</sub>-intensiven Entsorgung,
- die mögliche energetische Substitutionswirkung durch Industrierestholz bzw. Altholz.

Werden Szenarien für eine klimaoptimierte Wald- und Holznutzung hinsichtlich ihrer Treibhausgasbilanz beurteilt, so wirkt sich ein Mehr-/Minderverbrauch von Holz nicht nur auf die heimischen Wälder aus; über Preismechanismen wird sich auch die Aussenhandelsbilanz von Holz und Holzprodukten verändern und damit nationale Klimastrategien Auswirkungen auf die C-Lager im ausländischen Wald und auf die Höhe der Holzverwendung im Ausland inkl. Verschiebung von Substitutionseffekten haben.

Modelltechnisch ist eine solche umfassende Beurteilung von Szenarien für eine klimaoptimierte Wald- und Holznutzung äusserst aufwändig und komplex, die bis jetzt keine Modellrahmen tatsächlich vollständig abgebildet hat. Mehrere Studien haben dies für die Schweiz (Taverna et al. 2007, Werner et al. 2006, Werner et al. 2010), Österreich (BFW 2015) oder für die EU-28 (Rüter et al. 2016) versucht.

Die bisherigen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Kurzfristig liefern „Waldsenken-Strategien“ im Vergleich zu Szenarien einer vermehrten Holznutzung bessere Resultate; dies liegt daran, dass das Verhältnis des tatsächlich in einem Endprodukt endende Holzes im Vergleich zur im Wald bei der Holzernte betroffenen Biomasse – Äste, Wurzelmasse, möglicherweise auch Spreu und Boden-C – als potenzielle CO<sub>2</sub>-Emissionen gering ist (rund 1/8 der lebenden Biomasse eines Baumes).
- Langfristig zielführend, d.h. in einem Zeitraum von über 50 Jahren, ist eine optimierte nachhaltige Holznutzung in Kaskade, also zuerst eine stoffliche Nutzung des Holzes und erst in einem weiteren Schritt die energetische Nutzung.
- „Senkenstrategien“ führen zu einem vermehrten Import von Rundholz und Holzprodukten aus dem Ausland; die damit verbundenen „Leakage“-Effekte wie ein erhöhter Holzeinschlag und eine verminderte Verwendung von Holzprodukten (verbunden mit einem Mehrverbrauch an fossilen Brennstoffen und C-intensiver Produkte) im Ausland sind heute nicht oder nur unvollständig bilanziert. Abschätzungen zur Wirkung einer Senkenstrategie auf den ausländischen Wald ergeben, dass über 30 Jahre betrachtet rund die Hälfte der im Inland eingesparten Emissionen stattdessen im Ausland anfallen (Rüter et al. 2016).
- Betreffend die Bedeutung der genannten Wirkmechanismen bei der Betrachtung von Wald- und Holznutzungsszenarien ist in erster Linie die Dynamik der C-Pools im Wald relevant. Das C-Lager in Holzprodukten („HWP“) steigt bei einer Mehrverwendung in den ersten Jahren stärker an, flacht dann bei einer Sättigung des Marktes ab, so dass langfristig (wie beim Wald) ein Fließgleichgewicht eintritt und sich diese C-Pool nicht mehr verändert. Die jährlichen Substitutionseffekte (stofflich und energetisch) liegen in der gleichen Grössenordnung wie die Veränderungen des C-Lagers in Holzprodukten, steigen aber langsamer als das C-Lager und dabei stetig auch über die Zeit hinaus, in der die jährliche Veränderung der C-Lager in Holzprodukten wieder gegen „null“ abnimmt.

Bei der Beurteilung der Klimawirkung von Wald- und Holznutzungsszenarien ist es somit entscheidend, über welchen geographischen Bezugsraum und innerhalb welches Zeitrahmens die Szenarien beurteilt werden sollen. Aufgrund der langfristigen Charakteristik von Forstprozessen und angesichts der u.U. langen Lebensdauer von Holzprodukten ist eine Betrachtung von Szenarien mit einem Zeitraum weniger als 100 Jahre wenig zielführend und kann zu langfristig ungünstigen Empfehlungen führen.

## 5. Schlussfolgerungen

Vor dem Hintergrund diese Ausführungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Holzprodukte können einen wesentlichen Beitrag zur Minderung des Klimawandels beitragen.
- Bei einer Beurteilung der Klimawirkung von Holzprodukten ist nur eine integrale Betrachtung von:
  - Waldsenken,
  - C-Lager in Holzprodukten,
  - materieller Substitution und
  - energetischer Substitution

mit klaren geographischen und zeitlichen Präferenzen sinnvoll.

- Kurzfristig liefern „Senken-Strategien“ bessere Resultate, langfristig zielführend ist eine nachhaltige Holznutzung in Kaskade.
- Ökologische Vergleiche «pro kg» oder «pro m<sup>3</sup>» sind Unsinn. Sinnvolle Vergleiche beruhen im auf dem Vergleich funktional gleichwertiger Bauteile oder Gebäude.
- Bei Holzprodukten, bei denen tatsächlich eine Substitution realistisch möglich ist, weisen Holzprodukte in der Regel tiefer THG-Emissionen über den Lebenszyklus auf. Dies meint hier, a) dass alternative Produkte verfügbar sind und üblicherweise auch eingesetzt werden und b) der Beurteilung tatsächlich eine Entscheidungssituation zu Gunsten eines Holzproduktes zugrunde liegt. Kurz: ein Holzprodukt an sich bedeutet noch keine Substitutionsleistung.
- Auf Gebäudeebene sind aus ökonomischer Sicht weder die C-Speicherung noch die Substitutionswirkung relevant. Dabei sind für Klimaprojekte essenzielle Kernfragen wie die Basisentwicklung ohne klimarelevante Massnahmen („Baseline“) und die Wirkung der sich daraus ergebenden Geldflüssen hinsichtlich der Zusätzlichkeit („Additionalität“) der Holzverwendung sowie mögliche Effekte auf die C-Lager im Wald („Leakage“) noch nicht adressiert.
- Eine sachgerechte Kommunikation der Klimawirkung von Holz scheint mir vor der Gefahr der Unglaubwürdigkeit und dem Vorwurf des „green washings“ eine Kernverantwortung der Holzindustrie.

## 6. Literatur

- [1] Affentranger, C., B. Isenegger, F. Werner und C. Starck (2009): Auswirkungen der Holzverwendung auf die nationale Treibhausgasbilanz und Anreize zu deren Steigerung; Machbarkeitsstudie. Lignum, Zürich.
- [2] Rüter, S., F. Werner, N. Forsell, C. R. L. Prins, E. Vial und A.-L. Levet (2016): ClimWood2030 – ‘Climate benefits of material substitution by forest biomass and harvested wood products: Perspective 2030’; Final Report. Thünen Report 42, Thünen Institute, Hamburg.
- [3] Taverna, R., P. Hofer, F. Werner, E. Kaufmann und E. Thürig (2007): CO<sub>2</sub>-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Umwelt-Wissen Nr. 0739, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.
- [4] BFW (2015): Treibhausgasbilanz der österreichischen Holzkette. BFW Praxisinformation | Nr. 38 – 2015, Bundesforschungszentrum für Wald, Wien.
- [5] Werner, F., R. Taverna, P. Hofer und K. Richter (2006): Greenhouse gas dynamics of an increased use of wood in buildings in Switzerland. *Climatic Change*, 71(1-3): 319 – 347.
- [6] Werner, F., R. Taverna, P. Hofer, E. Thürig und E. Kaufmann (2010): National and global greenhouse gas dynamics of different forest management and wood use scenarios: a model-based assessment. *Environmental Science & Policy*, 13(2010): 72-85.

# Lebenszykluskosten als Entscheidungsgrundlage

Holger König  
ASCONA, Gesellschaft für ökologische Projekte  
Gröbenzell, Deutschland





# Lebenszykluskosten als Entscheidungsgrundlage

## 1. Lebenszykluskosten (LZK)

Innerhalb weniger Jahre hat nachhaltiges Bauen den Einzug in die Bau- und Immobilienbranche geschafft. Architekten, Planer und auch Projektentwickler wollen rechtzeitig den gesamten Lebenszyklus von Projekten betrachten, um so gezielt Optimierungspotenzial zu nutzen. Die Lebenszykluskosten (alle Serviceleistungen, die über einen gewählten Betrachtungszeitraum in einem Gebäude entstehen) sind ein Teil von dieser Analyse.

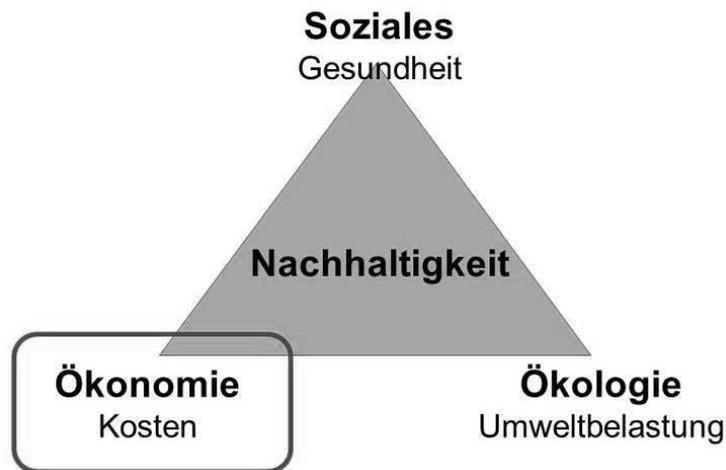


Abbildung 1: Nachhaltigkeitsdreieck

- Welche Richtlinien und Berechnungshinweise zur LZK-Berechnung gibt es?
- Was sind die wichtigsten zu berücksichtigenden Kostenarten?
- Welche Quellen gibt es für die anzusetzenden Kosten?
- Welche Kennzahlen existieren zur techn. Nutzungsdauer von Bauteilen und Anlagen?
- Wie werden die verschiedenen Kosten am sinnvollsten strukturiert?
- Welcher Detaillierungsgrad/Berechnungszeitraum ist zweckmäßig?

### 1.1. LZK-Richtlinien

- VDI 2067 Blatt 1 2000-09 (Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung)
- GEFMA 100-1 2004-07 (Facility Management; Grundlagen)
- GEFMA 130 1999-06 (Flächenmanagement)
- GEFMA 200 2004-07 (Kosten im Facility Management)
- GEFMA/gif 210 2006-12 (Betriebs- & Nutzungskosten bei gewerblichem Raum)
- GEFMA 220-1 2006-06 Entwurf (Lebenszykluskosten im FM, Einführung und Grundlagen)
- GEFMA 250 Bearbeitung läuft (Benchmarking in der Immobilienwirtschaft)
- AMEV Nr. 092: Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden, Berlin 2006

## 1.2. LZK und Normen

- DIN 276-1:2008-12 (Kosten im Bauwesen – Teil 1 Hochbau)
- DIN 18960:2008-02 (Nutzungskosten im Hochbau)
- DIN 277-1:2005-02 (Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 1: Begriffe, Ermittlungsgrundlagen)
- DIN 277-2:2005-02 (Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau – Teil 2: Gliederung der Netto-Grundfläche)
- DIN 32736:2000-08 (Gebäudemanagement)
- DIN 31051:2003-06 (Grundlagen der Instandhaltung)
- ISO 15686-5 2008-06 (Buildings and constructed assets – Service Life Planning - Part 5: Life-cycle Costing)
- EN 16627 (Economic performance of buildings)

## 1.3. LZK-Berechnung

Während des Nutzungszeitraums wird in dem Gebäude eine Fülle an Dienstleistungen ausgeführt, die jeweils mit Kosten- und Umweltbelastungen verbunden sind. Dies sind: Reinigungs-, Wartungs- und Inspektionsarbeiten, Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten, verbunden mit Rückbau- und Entsorgungsarbeiten, Umbau-, Sanierungs-, Abbruch- und Entsorgungsarbeiten.

Vorhersehbar und kalkulierbar sind

- Reinigungs-,
- Wartungs-,
- Instandsetzungs-, und
- Rückbauarbeiten.

Entscheidenden Einfluss auf die Gebäudeleistung für den Nutzungszeitraum hat der Zyklus der auszuführenden Arbeiten.

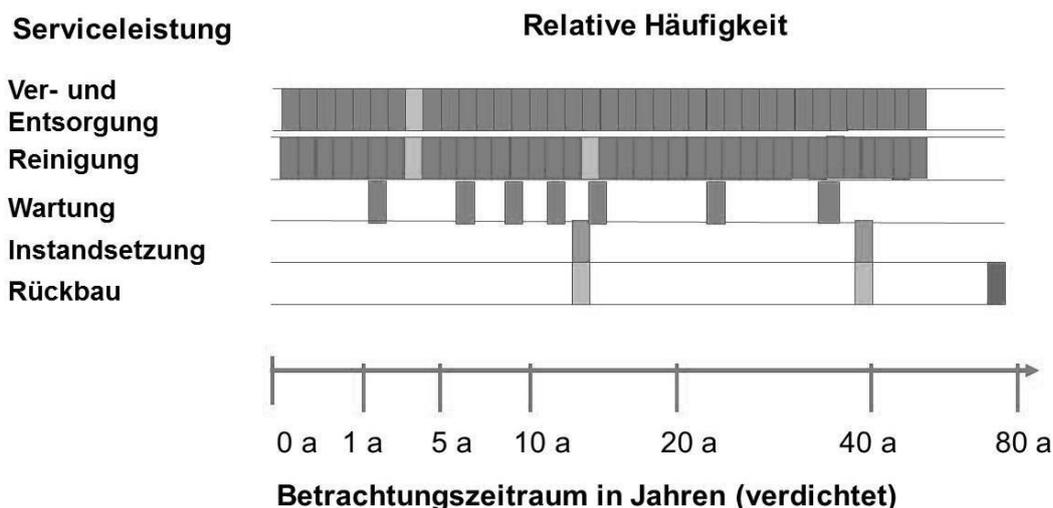


Abbildung 2: Zyklen von Dienstleistungen im Gebäude (exemplarisch)

Code Nr.	KG - 2. Ebene	KG - 3. Ebene	Bauteil / Material	a	Ersatz in 50a
344.617			Fenster- und Türenverglasung: Einfachverglasung	≥ 50	0
344.618			Fenster- und Türenverglasung: angriffhemmendes Isolierglas, Sicherheits-Isolierglas, Brandschutz-Isolierglas, Schallschutz-Isolierglas	40	1
344.621			Dichtungsprofile	30	1
344.622			Dichtstoffe	20	2
	<b>340 Innenwände</b>	<b>345 Innenwandbekleidungen</b>			
	<b>340 Innenwände</b>	<b>345 Innenwandbekleidungen</b>	<b>Beschichtungen / Oberflächenbehandlung</b>		
345.111			Innenanstriche: Nassabriebklasse 1	15	3
345.112			Innenanstriche: Nassabriebklasse 2	10	4
345.113			Innenanstriche: Nassabriebklasse ≥ 3	5	9
345.114			Innenanstriche: Lasur	18	2
	<b>340 Innenwände</b>	<b>345 Innenwandbekleidungen</b>	<b>Putz</b>		
345.211			Standard-Innenputze: Gipsputz, Anhydritputz, Kalkputz, Kalkgipsputz, Kalkzementputz, Kunstharzputz, Lehmputz	≥ 50	0
345.212			mineralische Deckputze: Zementputz, Trasskalkputz, Trasszementputz	≥ 50	0
345.213			Spezialputze: Sanierputz-/Systeme	15	3
345.214			Spezialputze: Akustikputz, Strahlenschutzputz	≥ 50	0
345.221			Putzprofile: Kunststoff, Stahl, Glasfaser	≥ 50	0
345.222			Putzträger: Stahldrahtnetz, Rippenstreckmetall, Kunststoffgewebe	≥ 50	0
	<b>340 Innenwände</b>	<b>345 Innenwandbekleidungen</b>	<b>Bekleidung</b>		
345.311			Bekleidungen: Holz, Holzwerkstoff und Mehrschichtleichtbauplatten, Aluminium, Stahl, Kupfer, Zink, Naturstein, Kunststein, keramische Fliesen und Platten, Feinsteinzeug, Steinzeug, Steingut und Spaltplatten, Glasmosaik	≥ 50	0
345.313			Bekleidungen (Systeme): Gipskartonplatten, Gipskartonverbundplatten	≥ 50	0
345.314			Bekleidungen: Kunststoff (PVC, PE, PP)	40	1

Abbildung 3: Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB, Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (Quelle: www.nachhaltigesbauen.de; Stand: 24.2.2017)

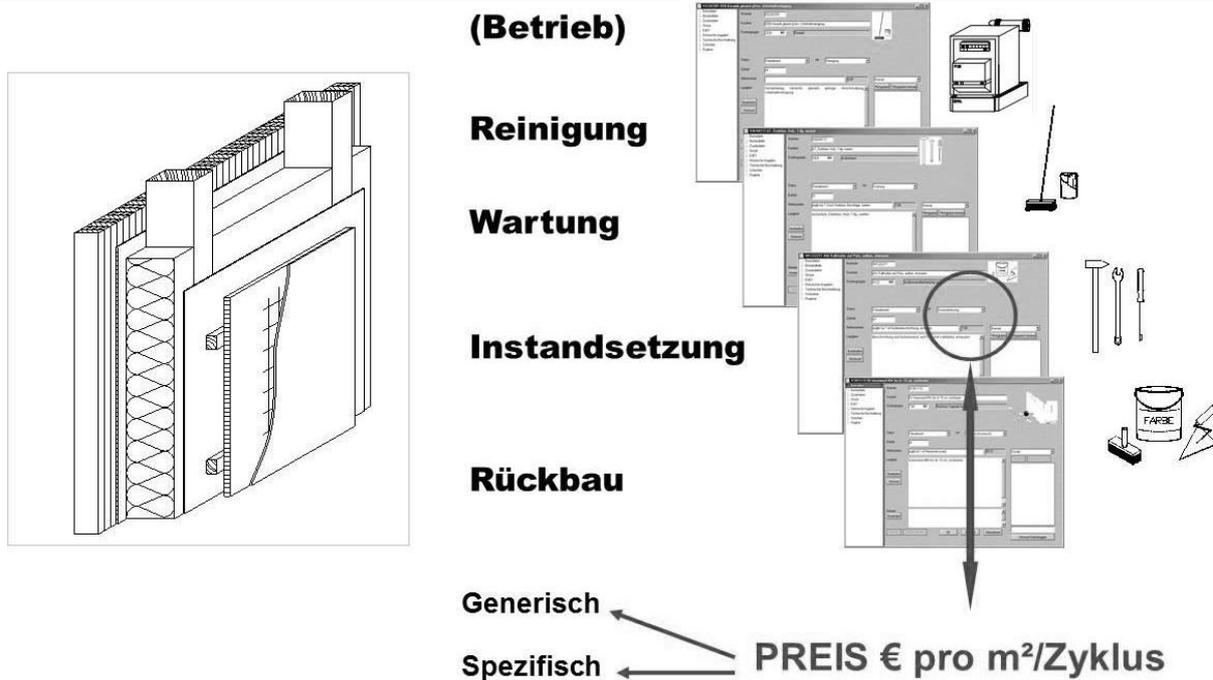


Abbildung 4: Folgekosten ermitteln

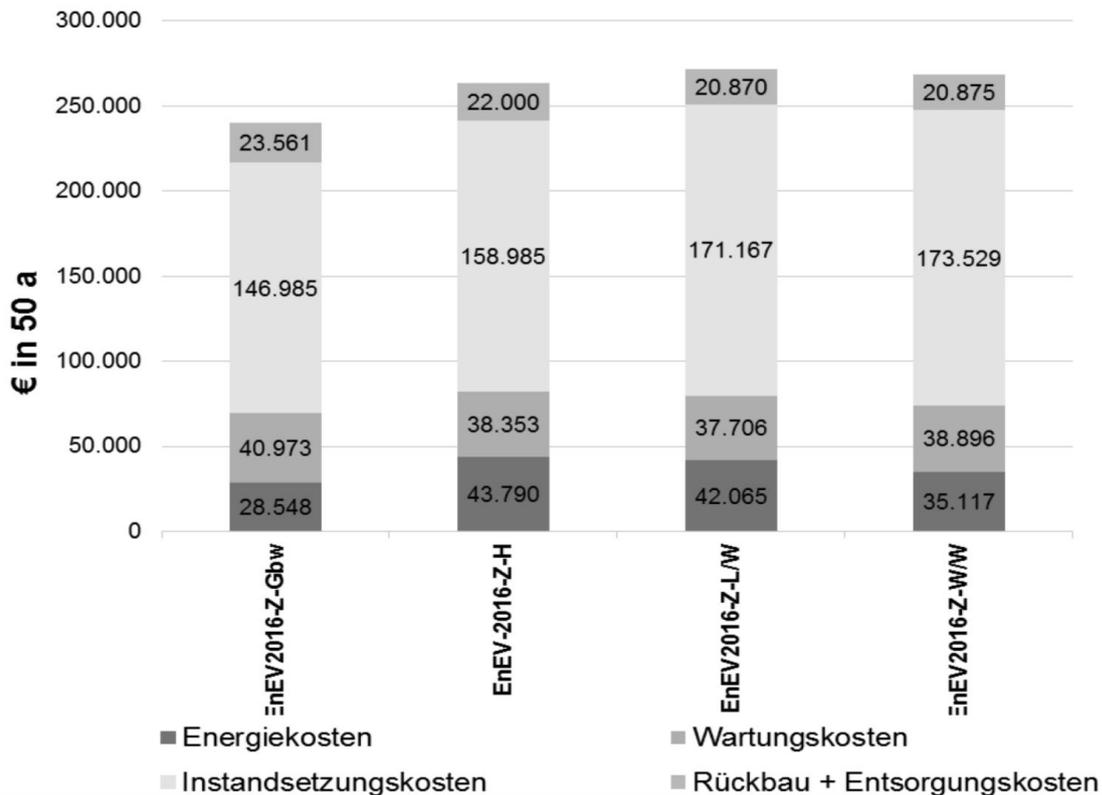


Abbildung 5: Folgekosten brutto absolut in € über 50a für vier Beheizungsvarianten, Ziegelbauweise, EnEV 2016, aufgeschlüsselt (Quelle: König, H. 2017 Lebenszyklusanalyse mit Berechnung der Ökobilanz und Lebenszykluskosten – Endbericht Projekt: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden)

## 2. Building Information Modeling (BIM)

BIM bezeichnet eine Arbeitsmethode im Bauwesen deren Grundkonzept schon seit den 1970ern existiert.

(s. Eastman, C. M., D. Fisher, et al. 1974. *An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50.* Pittsburgh, PA. : Inst. of Physical Planning. Carnegie-Mellon Univ., 1974; s. auch Eastman, C., P. Teicholz, et al. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.* Hoboken, New Jersey : Wiley, 2011).

Der Begriff „Building Information Model“ erschien erstmalig in einem Papier von van Nederveen (s. van Nederveen, G. A. and F. P. Tolman. 1992. *Modelling multiple views on buildings. Automation in Construction 1.* 1992, Bd. 3, 215-224) und wird wie folgt definiert:

„Building Information Modeling (BIM) ist eine Planungsmethode im Bauwesen, die die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen virtuellen Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhaltet. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informationsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau.“

(Quelle: National Building Information Model Standard Project Committee (NBIMS), USA, <http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>), Fachausschuss des National Institute for Building Sciences (NIBS) Facility Information Council (FIC) der Vereinigten Staaten in Fragen BIM und Standardisierung für den openBIM-basierten Datenaustausch)

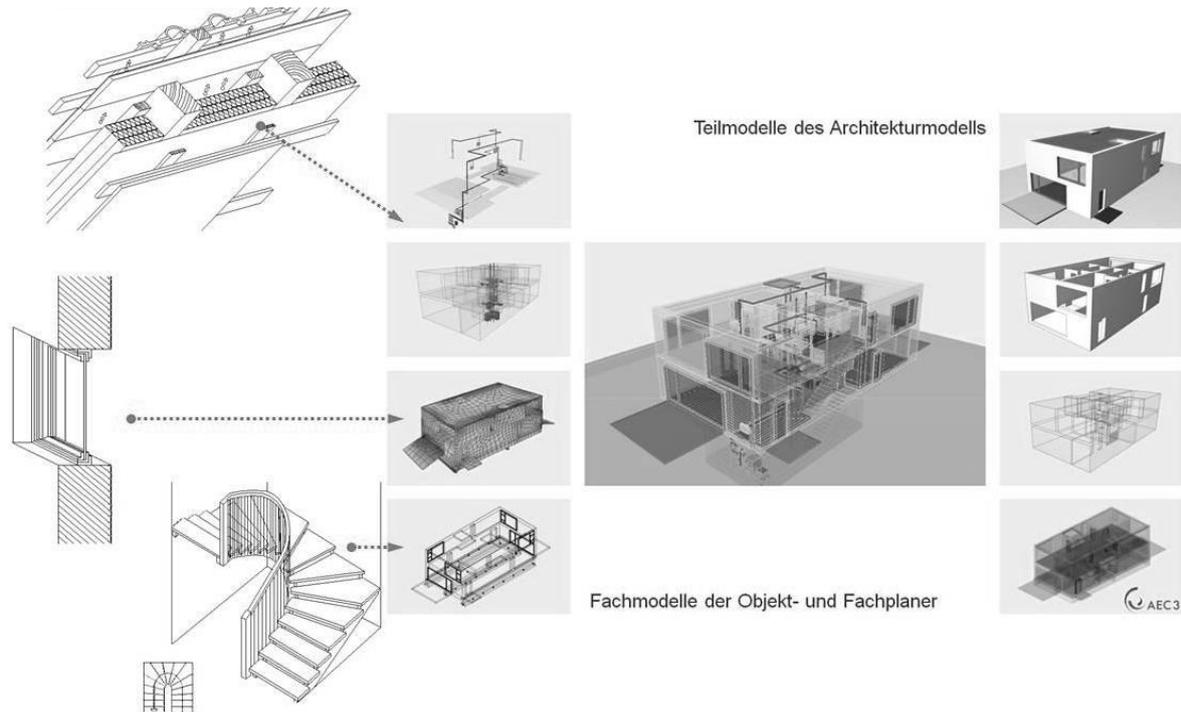


Abbildung 6: Bauelemente und Architektur-, Tragwerk-, Energie- und TGA-Fachmodell  
(Quelle: Sirados und AEC3)

Der Zuständigkeitsbereich der CEN/TC 442 ist die „Normung im Bereich der strukturierten semantischen Lebenszyklusinformationen für die gebaute Umwelt“. Das Komitee wird eine strukturierte Reihe von Normen, Spezifikationen und Berichten erarbeiten. Darin sollen die Methodologien zur Definition, zur Beschreibung, zum Austausch, zur Überwachung und zur Aufzeichnung von Bestandsdaten (en: „*asset data*“) sowie zum sicheren Umgang mit solchen Daten, zur Semantik und zu Prozessen mit den entsprechenden Verknüpfungen mit Geodaten und anderen externen Daten festgelegt werden.

Veröffentlichte Normen vom CEN/TC 442 sind:

- EN ISO 12006-3:2016 (WI=00442003)  
Bauwesen - Organisation von Daten zu Bauwerken - Teil 3: Struktur für den objektorientierten Informationsaustausch (ISO 12006-3:2007)
- EN ISO 16739:2016 (WI=00442002)  
*Industry Foundation Classes (IFC)* für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement (ISO 16739:2013)
- EN ISO 29481-1:2017 (WI=00442006)  
Bauwerksinformationsmodelle - Handbuch der Informationslieferungen - Teil 1: Methodik und Format (ISO 29481-1:2016)
- EN ISO 29481-2:2016 (WI=00442001)  
Bauwerksinformationsmodelle - Handbuch der Informationslieferungen - Teil 2: Interaktionsframework (ISO 29481-2:2012)

# Content, digitization, interoperability, collaboration

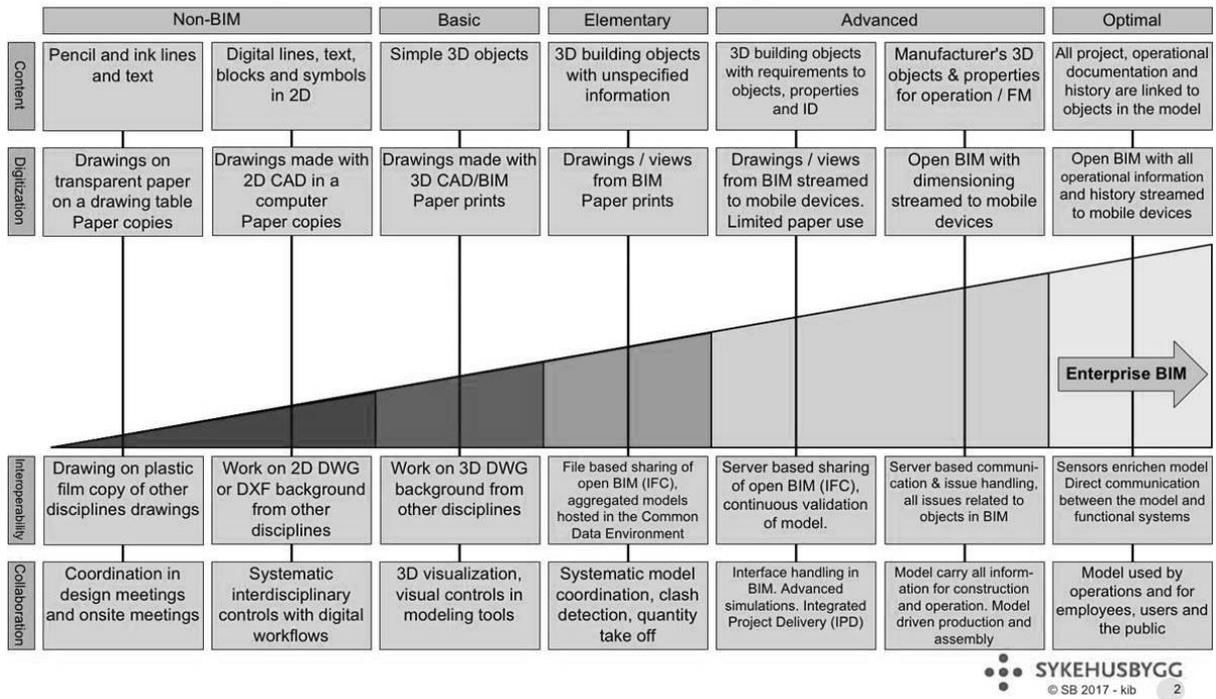


Abbildung 7: BIM Maturity Map (Quelle: BUSINESS PLAN CEN/TC 442 BIM)

## 3. BIM und Lebenszykluskosten (LZK)

Im Bereich der Ökobilanzdaten (LCA- Life Cycle Assessment) hat sich bereits ein Gremium ISO/TC59/SC17/WG3 NP 22057 (EPD4BIM) „Enabling use of EPD at construction works level using BIM“ gebildet, das sich mit der Verbindung der beiden Welten von EPDs und BIM befasst. Eine vergleichbare Entwicklung existiert zwar für den Bereich Facility Management, aber nicht für die Lebenszykluskosten als spezifische Berechnungsgrundlage. Basis wird aber mit Sicherheit die EN 16627 (Economic performance of buildings) bilden.

Im Moment liegt die Betonung auf der Verknüpfung von CAD und Ausschreibungssoftware zur spezifischen Bemusterung von Bauteilen.

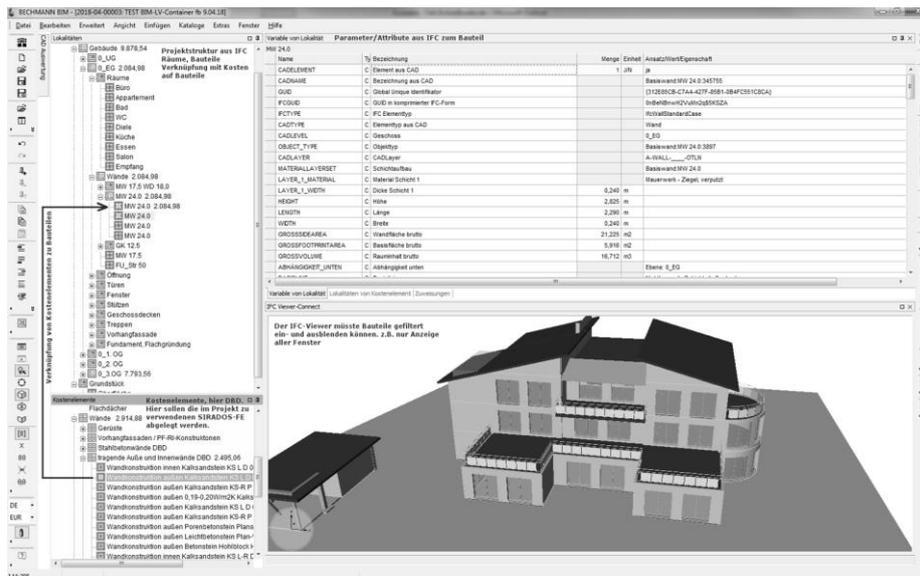


Abbildung 8: AVA-Programm Bechmann und Verknüpfung mit IFC-Datensatz

# Hybrid: Brücke zum mehrgeschossigen Holzbau?

Josef Haas  
KAMPA Objekt- und Gewerbebau GmbH  
Eggenfelden, Deutschland





# Hybrid: Brücke zum mehrgeschossigen Holzbau?

## 1. Warum Holzbau?

Die Frage nach geeigneten Wegen hin zu mehr Holzbau ergibt sich aus den geopolitischen und klimatischen Herausforderungen unserer Zeit:

Mit dem verbindlichen Klimaabkommen von Paris ist das Ziel einer maximalen Erderwärmung von 2° definiert. Die globale CO<sub>2</sub>-Emission soll zu dem Zweck auf 11 Mrd. Tonnen pro Jahr reduziert werden, nach 36 Mrd. Tonnen noch in 2013. Für die Erreichung dieser anspruchsvollen Ziele steht der Gebäudesektor in erster Verantwortung, da er z.B. in Deutschland mit mehr als 40% der wesentliche Energieverbraucher und somit Hauptverursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist.

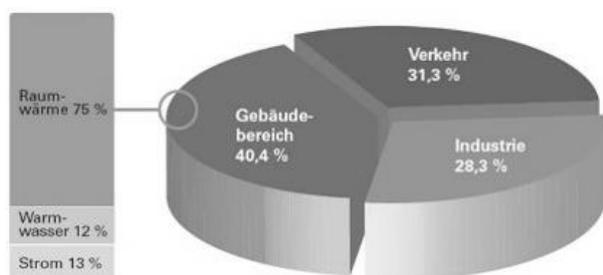


Abbildung 1: Energieverbrauch der Sektoren in Deutschland, Quelle: Energieagentur

Die Klimaziele für den Gebäudesektor in Deutschland lauten: 14% CO<sub>2</sub>-Reduktion bis 2020, im Vergleich zu 2005. In 2016 waren erst 6% geschafft. (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit). Bereits in 2009 wurde die Europäische Gebäuderichtlinie erlassen, nach der ab Dezember 2020 alle Neubauten sogenannte „Fast-Null-Energie-Gebäude“ sein müssen, welche zudem ihren verbleibenden geringen Energiebedarf durch erneuerbare Quellen, möglichst dezentral decken müssen. Auch von der Erreichung dieser, verbindlichen Zielsetzung sind wir in Deutschland und Europa weit entfernt. An der existenziellen Relevanz der Klimaziele für den Gebäudesektor ändert das jedoch nichts.

Die gesellschaftspolitische Herausforderung „bezahlbaren Wohnraum“ zu schaffen führt ebenfalls unmittelbar zur energetischen Qualität unserer Gebäude. Wenn heute monatlich ca. 1,25 Euro allein für das Heizen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche gezahlt werden müssen, können Nullenergie- oder Plusenergie-Gebäude, welche nicht nur ihre benötigte Heizenergie selbst erzeugen, sondern darüber hinaus auch die Energie für Warmwasser, Hausgeräte und Beleuchtung kostenfrei liefern, ganz wesentlich die Warmmiete und damit das Budget der Mieter entlasten.



Abbildung 2: Kosten rund ums Wohnen, Quelle: Deutscher Mieterbund / Abrechnungsjahr 2013

Schließlich müssen wir den Ressourcenverbrauch und Energiebedarf bei der Herstellung von Gebäuden betrachten. Die Bauindustrie verantwortet ca. 20% des weltweiten Ressourcenverbrauchs und allein die Zementherstellung verursacht ca. 7% der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ziegel- und Stahlherstellung sind enorm energieintensiv, geeigneter Bausand ist bereits ein knappes Gut. Für die Herstellung eines konventionellen Mehrfamilien-Gebäudes sind ca. 1.400 kWh Primärenergie pro m<sup>2</sup> Nutzfläche erforderlich (Quelle: D. Püschel, Institut für zukunftsfähiges Wirtschaften Berlin GmbH), davon mehr als 50% allein für den Rohbau. Das entspricht dem Energiebedarf für mehr als 70 Jahre Heizbetrieb dieses Gebäudes.

Holz hingegen wächst natürlich, steht mehr als ausreichend zur Verfügung, bindet während seines Wachstums CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre und lagert es dauerhaft ein. Und Holz bedarf für dessen Ernte und Verarbeitung nur sehr wenig Energie. Mit Holz können Gebäude CO<sub>2</sub>-neutral errichtet und CO<sub>2</sub>-neutral betrieben werden. Holzbau ist damit aktiver Klimaschutz. Auch am Ende des Lebenszyklus überzeugt das Holzgebäude durch geeignete Recycling-Verfahren.

Zusammenfassend heißt das: Für einen wirksamen Klimaschutz und eine erfolgreiche Energiewende müssen und werden Gebäude daher

- zunehmend aus nachhaltigen / nachwachsenden Rohstoffen errichtet werden,
- im Betrieb weniger Energie verbrauchen,
- auf erneuerbare Energie umstellen
- und diese selbst erzeugen, sowie
- in hohem Maße recyclingfähig errichtet werden.

Das entspricht dem ökologischen und ökonomischen Leistungsversprechen des Holzbaus.

Für eine vereinfachte und rein qualitative Bewertung konkurrierender Bauweisen kann nachfolgendes Schema herangezogen werden:

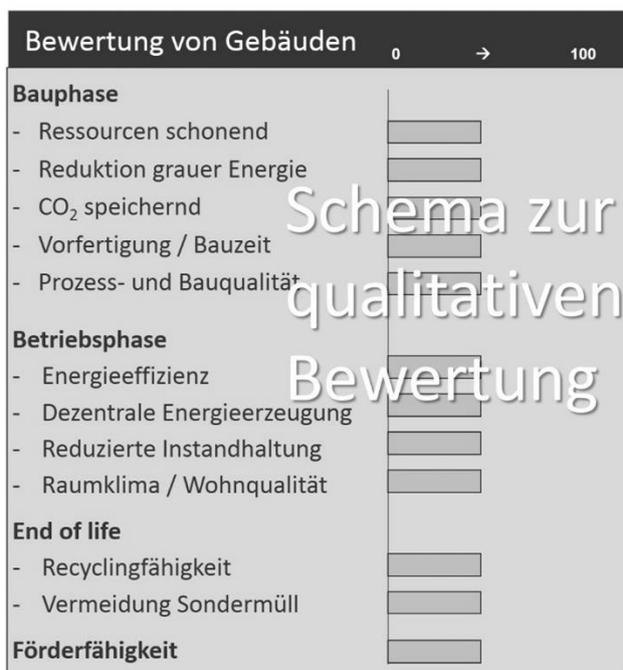


Abbildung 3: Bewertungsschema

## 2. Holz-Beton-Hybridbauweisen für mehrgeschossige Gebäude

In der aktuellen Baupraxis geht es in aller Regel nicht um eine Entweder-Oder-Entscheidung, also konventionell oder reiner Holzbau. Stattdessen kommen Mischbauweisen aus Holz und Stahlbeton zur Ausführung. Das reicht von einem konventionellen Stahlbeton-Tragwerk, welches mit einer hochwärmedämmenden Außenhaut und Fassade in Holzbauweise umhüllt wird, bis hin zu Holzbau-Tragwerken, in denen z.B. nur noch der Erschließungskern aus Stahlbeton errichtet wird oder welche komplett aus Holz gebaut werden.

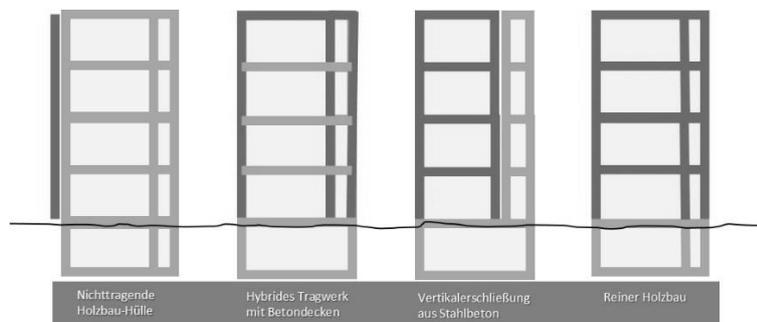


Abbildung 4: Hybrid-Bauweisen

Im Sinne des Titels dieses Referates stellt sich dabei die Frage, ob die Ausprägung der jeweils gewählten Holz-Hybridkonstruktion sich vor allem aus statischen, brandschutztechnischen oder sonstigen Notwendigkeiten eines Objektes ergibt oder ob nicht auch ganz subjektive Argumente maßgeblich sind.

Dazu werden nachfolgend vier Projekte aus der aktuellen Praxis bei KAMPA betrachtet.

## 3. Projektbeispiele in Holz bzw. Holz-Beton-Hybrid

### 3.1. Studentenwohnheim Augsburg

In der Planung befindet sich ein weiteres Studentenwohnheim in Augsburg. Bei dem hier beispielgebenden Gebäude handelt es sich um:

- 3 Vollgeschosse / Gebäudeklasse 3
- 47 Apartments
- mit zentraler Vertikalerschließung und Laubengang



Abbildung 5: Studentenwohnheim Augsburg, Ansicht

Die Bauweise ist überwiegend konventionell geprägt:

- Tragwerk komplett in Stahlbeton mit Fertigteil-Trennwänden und Filigrandecke
- Laubengang als auskragende Stahlbetondecke
- Innenwände im Trockenbau

Lediglich die nichttragende Gebäudehülle ist als vorgefertigte Holzbaukonstruktion mit bereits werkseitig montierten Türen, Fenstern und Beschattungselementen sowie vorgehängter Fassade konzipiert.

Ergebnis: Durch die hochgedämmte Holzbau-Gebäudehülle (Passivhausqualität) wird der Heizbedarf des Gebäudes weitgehend minimiert und werden die Anforderungskriterien des staatlichen Förderprogrammes „Energieeffizient Bauen / KfW40“ erreicht. Zudem wird PV-Sonnenenergie am Gebäude erzeugt und so KfW40-Plus erreicht. Das sind die Kernmotive des Investors, um neben den Tilgungszuschüssen auch einen besseren Verkaufspreis der Appartements zu erreichen.



Abbildung 6: Studentenwohnheim Augsburg, qualitative Bewertung

Jedoch muss festgestellt werden, dass nennenswertes Holzbaupotenzial in diesem Projekt nicht ausgeschöpft wird. Die einfache Gebäudeklasse 3 hätte einen kompletten Holzbau ermöglicht. Der kalkulierte Unterschied in den Baukosten dafür würde lediglich 1,4% betragen.

### 3.2. Mehrfamilienhäuser Rousseaupark

In der Genehmigungsphase befindet sich das Mehrfamilienhaus als Pilotprojekt, welche im weiteren Bauabschnitt annähernd baugleich insgesamt achtmal realisiert werden soll:

- 3 Vollgeschosse plus Staffelgeschoss / Gebäudeklasse 4
- je 17 Wohnungen, davon 9 barrierefrei und optional **R** (rollstuhltauglich)
- je 1.270 m<sup>2</sup> Wohnfläche, ohne Unterkellerung



Abbildung 7: Mehrfamilienhaus Rousseaupark, Perspektive

Die Bauweise ist durch ein hybrides Tragwerk geprägt:

- alle Außenwände in Holzständer-Bauweise, gekapselt, mit vorgehängter Fassade
- Wohnungstrennwände = Schotten als Holzständerkonstruktion, gekapselt
- Innenwände als Holzständerkonstruktion und teilweise Trockenbau
- Fortführung der Holzbau-Schotten auch im Staffelgeschoss
- Decken aus Beton-Hohldielen
- Vertikalerschließung, Laubengang und Balkone aus Fertigteil-Betonelementen, dabei werden Laubengang und Balkone an der Holzbau-Außenwand aufgelagert

Ergebnis: Neben der gewünschten energetischen Qualität gemäß KfW40-Plus führt der hohe Holzbauanteil im Tragwerk des Gebäudes auch zu einer überzeugenden Ökobilanz bereits in der Bauphase. Nachdem auch der verbleibende Stahlbetonanteil des Gebäudes konsequent mit Fertigteilen konzipiert ist, wird mit einer enorm kurzen Bauzeit und schnellen Inbetriebnahme gerechnet. Dazu wird auch der Einsatz vorgefertigter Raummodule für die immer baugleichen Bäder nennenswert beitragen.



Abbildung 8: Mehrfamilienhaus Rousseaupark, qualitative Bewertung

Dieser Investor trifft eine bewusste Entscheidung pro Ökoqualität und Energieeffizienz, gesicherter und reproduzierbarer Bauqualität sowie Wohnqualität der Gebäude, um der angestrebten Zielgruppe und der gewünschten Entwicklung des Quartiers gerecht zu werden und eine dauerhafte gute Vermietbarkeit (Warmvermietung ist angestrebt) zu erreichen.

### 3.3. Weinhotel in Volkach

Im Herbst 2018 wird in Volkach das Weinhotel errichtet:

- Untergeschoss plus vier Geschosse / Gebäudeklasse 5
- 214 Betten, Restaurant, mehrere Seminarräume
- Wellness und Pool im zweiten Obergeschoss
- ca. 7.800 m<sup>2</sup> BGF
- besondere Art und Nutzung / Sonderbau



Abbildung 9: Weinhotel in Volkach, Ansicht

Dieses Gebäude erfährt eine horizontale Gliederung hinsichtlich der Bauweisen:

Untergeschoss und Erdgeschoss vollständig aus Stahlbeton, das gilt auch für die Vertikalerschließung.

Die drei Obergeschosse komplett in Holzbauweise:

- Brandwände: Holzmassiv, 100 mm, gekapselt, Metallständer-Vorsatzschale  
F 90B + M + K<sub>2</sub>60
- Außenwände: Holzständer, 240 mm, gekapselt, hinterlüftete Fassade  
F 90B + K<sub>2</sub>60
- Trennwände: zweischalige Holzständer, 2 x 80 mm, feuerhemmend  
F 90B
- Trennwände-Flur: Holzständer, 200 mm, gekapselt + Federschiene raumseitig  
F 90B + K<sub>2</sub>60
- Decken: Holzmassiv, 220 mm, Federschiene unterseitig, Estrich oberseitig  
F 90B + K<sub>2</sub>45 / K<sub>2</sub>60
- Balkone: Holzmassiv auskragend, 220 mm, Abdichtung, Belag  
keine Anforderung
- Stützen, Träger: Holzmassiv, sichtbar  
F 90B

Ergebnis: Trotz Gebäudeklasse 5 wird ein sehr hoher Holzbau- und Massivholz-Anteil erreicht. Auch an diesem Gebäude wird deutlich, wie der Holzbau mit seinen differenzierten Konstruktionen den jeweiligen Bauteilanforderungen sehr spezifisch gerecht werden kann.



Abbildung 10: Weinhotel in Volkach, qualitative Bewertung

Die Aufenthalts-Qualität, Behaglichkeit und das Wohlfühlen der Hotelgäste sind wesentliche Motive des Investors pro Holzbau!

### 3.4. Büro- und Ausstellungsgebäude KAMPA K8 in Aalen

Im zweiten Halbjahr 2014 hat KAMPA GmbH sein Büro- und Ausstellungsgebäude, das KAMPA K8 in Aalen-Waldhausen errichtet:

- Untergeschoss plus sieben Geschosse / Gebäudeklasse 5 (Hochhausgrenze)
- 3.500 m<sup>2</sup> Nutzfläche
- Vertikalerschließung mit zwei notwendigen Treppen und einem Fahrstuhl

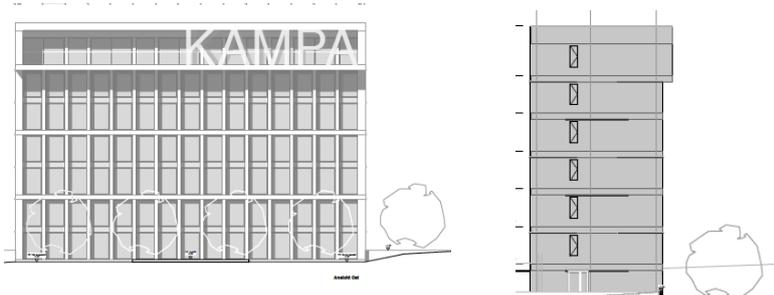


Abbildung 11: Büro- und Ausstellungsgebäude KAMPA K8 in Aalen, Ansichten

Das Gebäude ragt bis an die Hochhausgrenze und wurde, abgesehen vom Untergeschoss, komplett in Holzbauweise errichtet:

- Holz-Skelettkonstruktion (ungekapselt) mit Zugverankerungsstützen
- BSH-Unterzüge, ungekapselt
- aussteifende Massivholz- Wand- und Deckenscheiben (CLT)
- Treppenraum, Versorgungs- und Fahrstuhlschacht ebenfalls aus Massivholz (CLT), mit K<sub>2</sub>60-Kapselung
- vorgehängte, geschossübergreifende Fassadenelemente in Holzrahmenbau mit Holzschalung und werkseitig montierten Türen und Fenstern

Ergebnis: Das KAMPA K8 ist europaweit das bisher einzige, bis an die Hochhausgrenze ragende Gebäude, welches wirklich zu 100% in Holzbauweise errichtet wurde, also insbesondere inklusive Vertikalerschließung. Die energetische Qualität des Gebäudes (Passivhaus-Bauteile) sowie die Wärmerückgewinnung aus der Raumlüftung und die eingesetzte Eisspeicher-Technologie reduzieren den Energiebedarf auf ca. 48.000 kWh pro Jahr. So kann allein mit der dachmontierten PV-Anlage (60 kWp) Plusenergie erzeugt werden, was für diese Gebäudetypologie mit einem kleinen Faktor „Dachfläche bezogen auf die Geschossfläche“ eine enorme Herausforderung darstellt. Sowohl die Errichtung des Gebäudes als auch der Betrieb des Gebäudes gelingen somit CO<sub>2</sub>-neutral.



Abbildung 12: Büro- und Ausstellungsgebäude KAMPA K8 in Aalen, qualitative Bewertung

„Ganz aus Holz“ – das ist der Ansporn für dieses Gebäude gewesen, da KAMPA führender Hersteller von Ein-/ Zweifamilienhäusern in nachhaltiger Holzbauweise und mit serienmäßiger Plusenergie-Qualität ist. Diese Produktpositionierung wird durch das KAMPA K8 eindrucksvoll dokumentiert.

## 4. Zusammenfassung und Fazit

Man hätte erwarten dürfen, dass mit zunehmender Geschosshöhe und steigender Gebäudeklasse, bedingt durch statische, brandschutztechnische oder sonstige baurechtliche Anforderungen der Anteil Stahlbeton in der jeweiligen Hybridbauweise steigen würde. So entspricht es der allgemeinen Auffassung in der Branche, welche ja ganz überwiegend in ihrem Erfahrungsschatz durch konventionelle Bauweisen geprägt ist.

In der Evidenz zumindest der hier gewählten Projektbeispiele ergibt sich jedoch ein paradoxes Ergebnis: Je anspruchsvoller das Gebäude, desto mehr Holzbauanteil im Hybrid.



Abbildung 13: Holzbauanteil der gezeigten Projekte (ohne Berücksichtigung eines Untergeschosses)

Und bei Betrachtung der Hintergründe der Projekte und der Motive der jeweiligen Investoren wird deutlich, dass eben nicht nur die technischen Parameter die Ausprägung der Hybridbauweise bestimmen, sondern oft ganz subjektive Aspekte den Ausschlag geben. Einerseits stößt auch der vom Holzbau überzeugte Investor oder Planer regelmäßig an technische oder auch kaufmännische Grenzen für den Einsatz von Holz an bestimmten Bauteilen. Typisch sind weit gespannte Decken, Erschließungskerne, Balkone oder Laubengänge, welche in Holz einen enormen Aufwand verursachen würden und daher in Stahlbeton wirtschaftlicher zu realisieren sind. Auch die bestehenden Bau- bzw. Brandschutzvorschriften tragen dazu erheblich bei. Dann ist eine hybride Bauweise, welche die spezifischen Stärken verschiedener Baustoffe clever miteinander verbindet, allemal sinnvoller als komplett in konventionelle Bauformen zurück zu fallen.

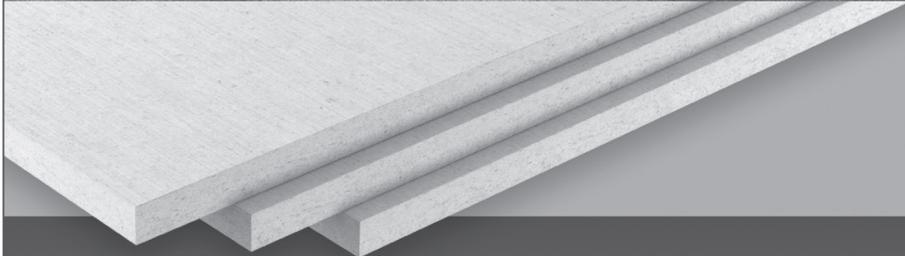
Häufig wird dem Holzbau aber ganz einfach zu wenig zugetraut, existieren bei den Investoren und Planern zu wenige, selbst gemachte positive Erfahrungen mit dem Holzbau. Dann kommt es vor, dass also nur so viel Holzbau akzeptiert wird wie mindestens notwendig ist, um z.B. ein hohes Energieeffizienz-Niveau und die damit verbundenen staatlichen Zuschüsse zu erreichen. Hier bleibt zu wünschen, dass mit den dann eintretenden Holzbau-Erfahrungen bei einem nächsten Projekt diese Investoren und Planer einen Schritt weiter gehen.

Auch in dieser Weise stellt der Hybridbau also tatsächlich eine Brücke dar, eine Brücke hin zum mehrgeschossigen Holzbau.



# **Sponsoren und Aussteller**





**fermacell**<sup>®</sup>

**fermacell** im Holzbau –  
nachhaltig, wirtschaftlich  
und leistungsfähig

■ **fermacell Gipsfaser-Platten:**  
über 30 Jahre erfolgreich im Holzbau

[www.fermacell.at](http://www.fermacell.at)





Wenn aus einzelnen  
Teilen etwas Großes wird.  
Egger Bauprodukte.

[www.egger.com/bauprodukte](http://www.egger.com/bauprodukte)

Auf EGGER Bauprodukte kann man bauen.  
Unsere modulare Unternehmensarchitektur – und somit auch das Stammhaus in  
St. Johann in Tirol – ist der beste Beweis. Die Kombination aus **OSB 4 TOP**, **DHF** und  
**Schnittholz** bietet im flexiblen Holzrahmenbau eine einfache und nachhaltige Lösung.  
So wird aus vorgefertigten Elementen in kürzester Zeit etwas ganz Großes.

**MEHR AUS HOLZ.**

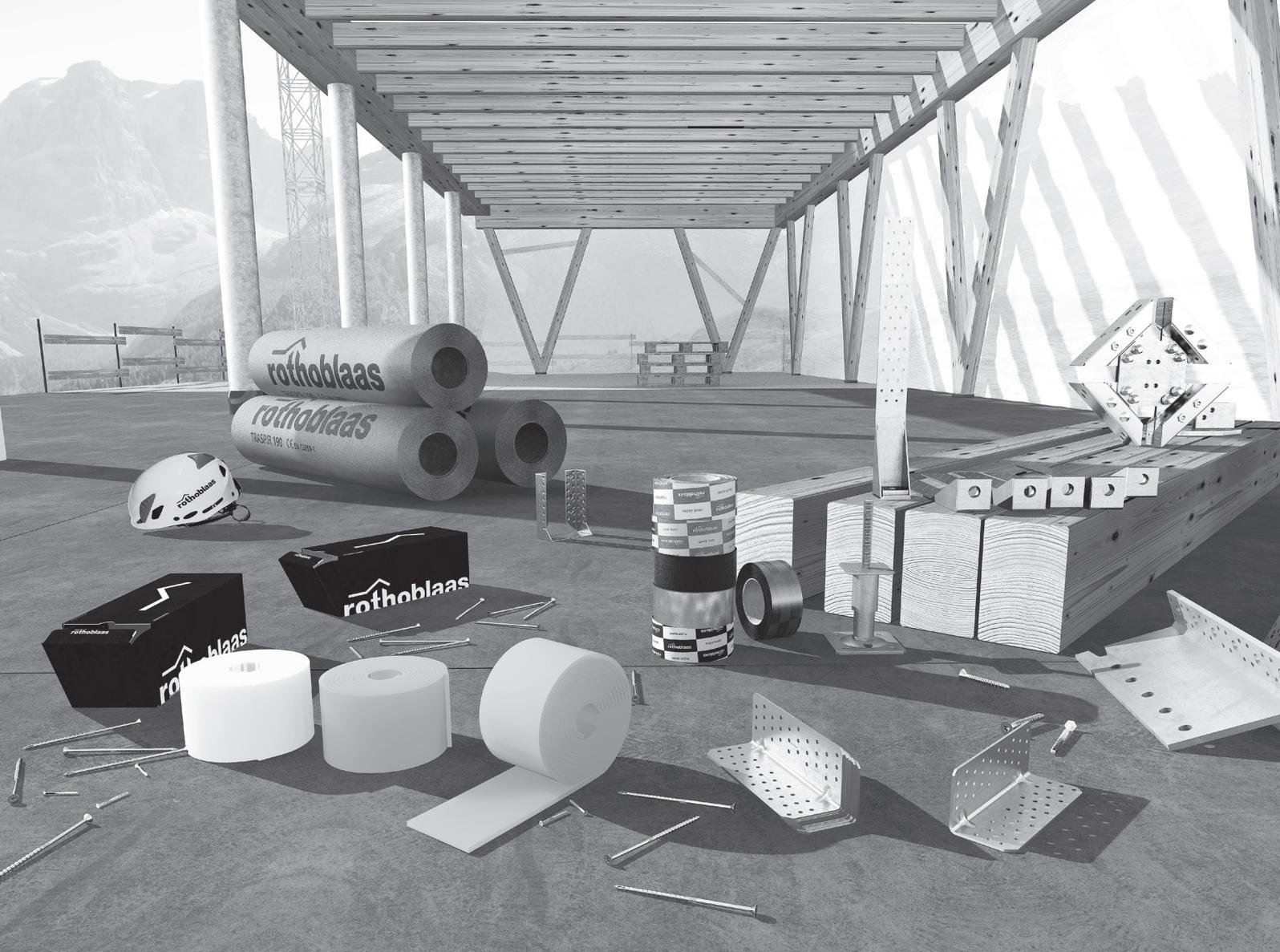
**E EGGER**

# HASSLACHER NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders**.



[hasslacher.com](http://hasslacher.com)



# THE RIGHT SOLUTION FOR ALL YOUR NEEDS

## SUPPORT

Technical consultancy and tools for designers as My Project and BIM/CAD libraries, to get the maximum from our solutions

## PRODUCTS

Fastening, Airtightness and Waterproofing, Soundproofing, Fall protection, Tools and Machines

## INNOVATION

Innovative solutions as the X-RAD connection system, that is a true revolution within the CLT construction

For further information:  
[www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com)

 **rothoblaas**

Solutions for Building Technology



# STEICO – Das Naturbausystem

## STEICO *G LVL* Furnierschichtholz

Verklebte Querschnitte für höchste Belastbarkeit z.B. für Hauptträger (z.B. Unterzüge, Fensterstürze), Deckenelemente mit Fineline-Optik sowie als Schwellenmaterial für höchsten Lastabtrag

### VORTEILE

- Verklebte Querschnitte aus STEICO *LVL R* oder STEICO *LVL X* Furnierschichtholz
- Hochbelastbare, trockene und formstabile Bauteile
- Alternative zum Einsatz von Stahlträgern (bis zu 50% Gewichtsersparnis)
- Höhen bis 40 cm, Breiten bis 100 cm, Längen bis 18 m
- Einfache Verarbeitung – vergleichbar mit Nadel-Vollholz
- Reduzierter Materialeinsatz



Das Zeichen für verantwortungsvolle Waldwirtschaft



Promoting Sustainable Forest Management



Premium Partner Forum **HOLZ** | Bau



### 1. Schwelle und Rähm

- Reduzierung von Stützenquerschnitten
  - Außenwand: dünne Querschnitte = Geringe Wärmebrücken durch Materialreduzierung
  - Innenwand: Schlanke Konstruktion = Gewinn an Wohnfläche
- Setzungssicherheit durch hohe Drucksteifigkeit
- Ideal für mehrgeschossigen Wohnungsbau

### 2. Fenstersturz

- Freie Fassadengestaltung – Fensteröffnungen bis 6,0 m und mehr
- Ersatz von Stahlträgern und einfachere Anschlussdetails
- Reduzierte Trägerhöhen und verringerte Auflagerlängen (Stützenbreiten) als bei Brettschichtholz

### 3. Unterzug

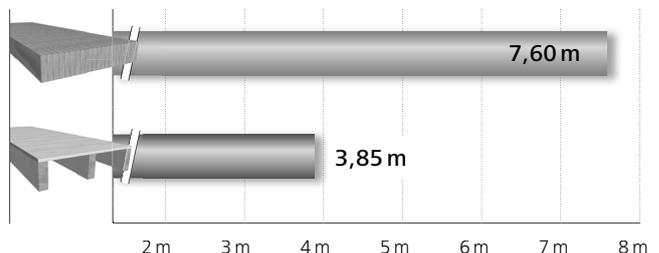
- Freie Grundrissgestaltung mit großen, offenen Räumen
- Einfacher Brandschutznachweis
- Ersatz von Stahlträgern inkl. wirtschaftliche Holzbauanschlüssen

### 4. Massivdecken

- Großformatige Elemente (bis zu 18 m Länge, 1,00 m Breite)
- Große Spannweiten selbst bei geringer Konstruktionshöhe
- Steife Elemente (Schwingungsnachweis)
- Fineline-Optik
- Robust im Brandschutz

STEICO *G LVL R*  
Massivdecke  
h = 300 mm

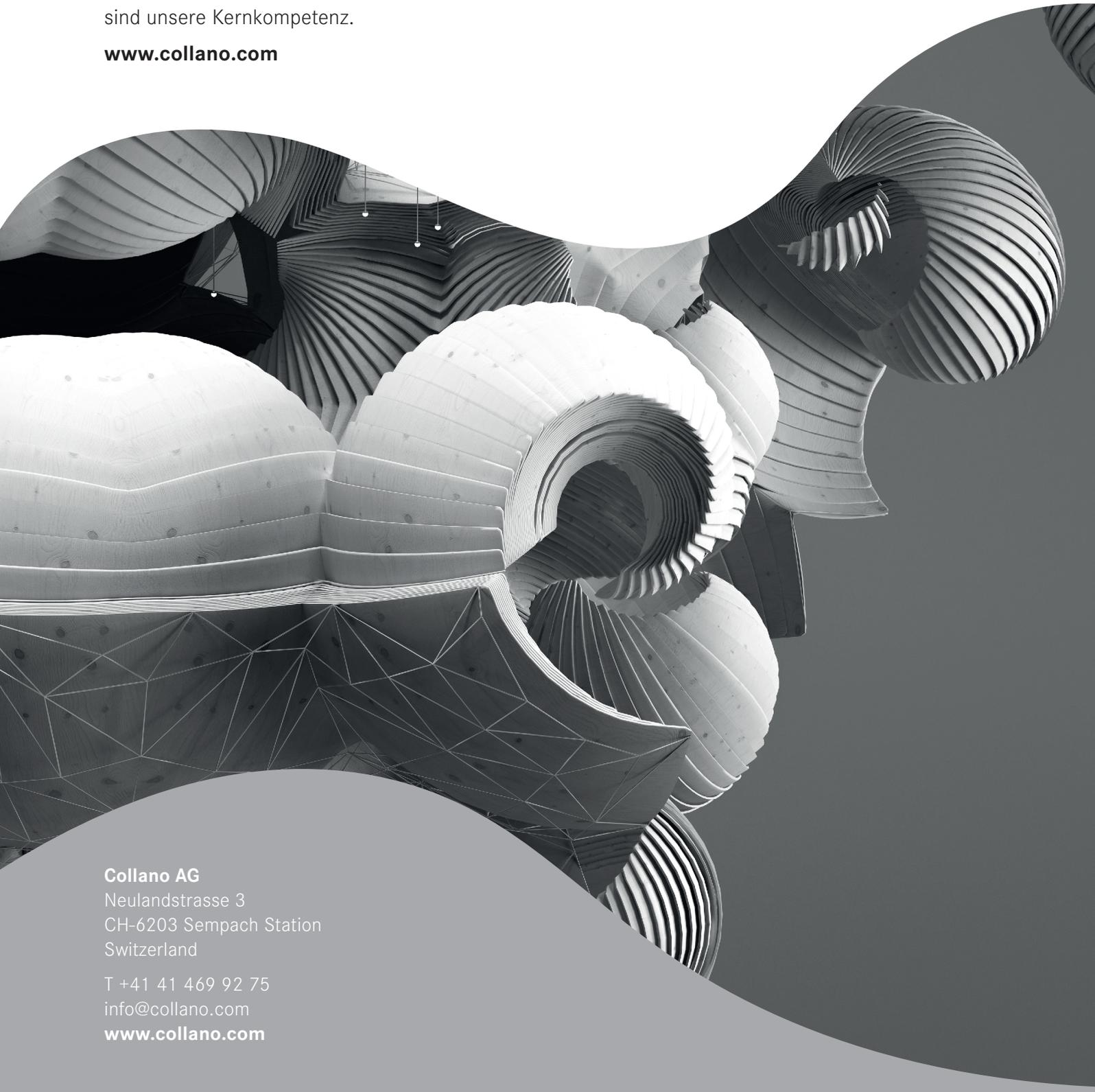
C24 Rippe  
h = 240 mm  
b = 60 mm  
e = 625 mm



# Klebstoff-Verbindungen mit Holz

Wo immer Holz am Bau seine Rolle nachhaltig spielt, ist Collano die verbindende Kraft. Mit exakt jenen Fähigkeiten, die es dafür braucht. Zukunftsfähige Klebelösungen sind unsere Kernkompetenz.

[www.collano.com](http://www.collano.com)



**Collano AG**  
Neulandstrasse 3  
CH-6203 Sempach Station  
Switzerland  
T +41 41 469 92 75  
info@collano.com  
[www.collano.com](http://www.collano.com)

## Die Lösung für flach geneigte Dächer



**E58 RS<sup>®</sup>**



### **Der neue Ergoldsbacher E58 RS<sup>®</sup> verbindet moderne Architektur mit den Vorzügen eines Steildaches.**

Viele Bauherren wünschen sich ein Haus mit einer zeitgemäßen, klaren Form. Auf die Sicherheit, die das Steildach bietet, wollen sie trotzdem nicht verzichten. Aus gutem Grund: Ein Steildach mit Tondachziegeln hält sehr lange und ist einfach zu verarbeiten. Weil das Wasser gut ablaufen kann, ist das Dach regensicher und muss kaum gewartet werden. Der neue Ergoldsbacher E58 RS<sup>®</sup> vereint alle Vorteile. Dank seiner besonderen technischen Formgebung passt er auf flach geneigte Dächer ab 10° Dachneigung. Das erlaubt eine moderne Bauweise, ohne kosten- und wartungsintensive Abdichtarbeiten.

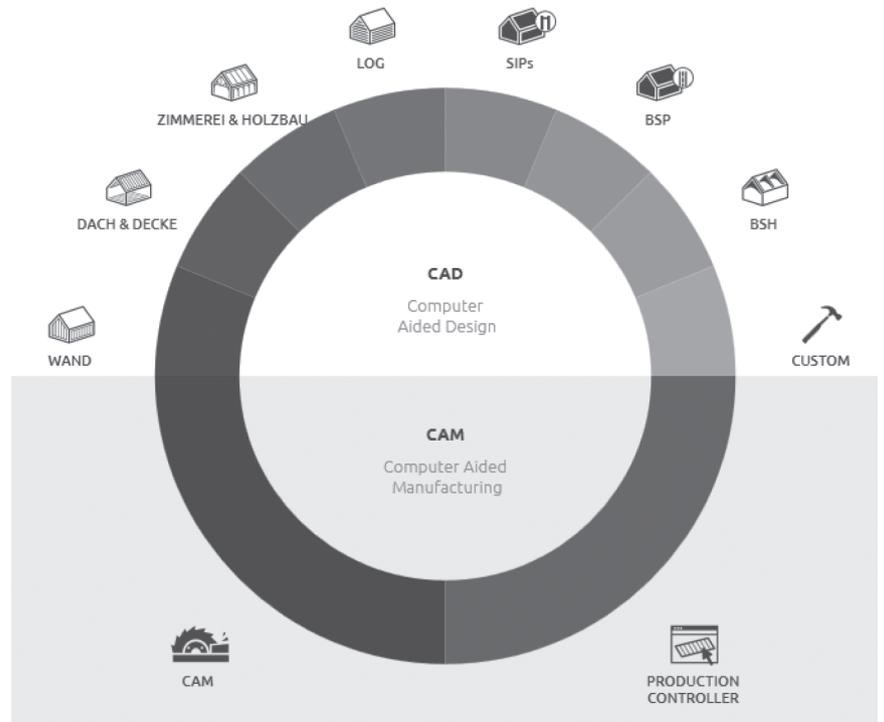
## Einfach CAD

hsbcad – CAD/CAM für den  
Holzbau auf der Basis von  
AutoCAD Architecture®

hsbcad ist die intelligente 3D-CAD-Lösung für alle Bereiche des Holzbaus. hsbcad basiert auf AutoCAD Architecture® - der mit über 9 Millionen Installationen weltweit führenden CAD-Plattform. Auf der Grundlage von AutoCAD Architecture® vereint **hsbcad** den **gesamten Planungsprozess** im Holzbau und HolzFertighausbau **in einer Lösung** und in einem einzigen dynamischen und durchgängigen Konzept: **BIM** (Building Information Modeling). BIM unterstützt Sie dabei, Ihr 3D-Modell intelligent, konsequent und produktiv zu nutzen. Denn hsbcad bietet **Datenfluss** von der Architektur über den Verkauf bis hin zur Arbeitsvorbereitung und CNC-Fertigung – **eine Lösung für alles!**

## 1 Lösung für alle Bereiche

hsbcad bietet innerhalb einer  
Oberfläche für alle Bereiche des  
Holzbaus eine einheitliche Lösung



## Wir sind für SIE da

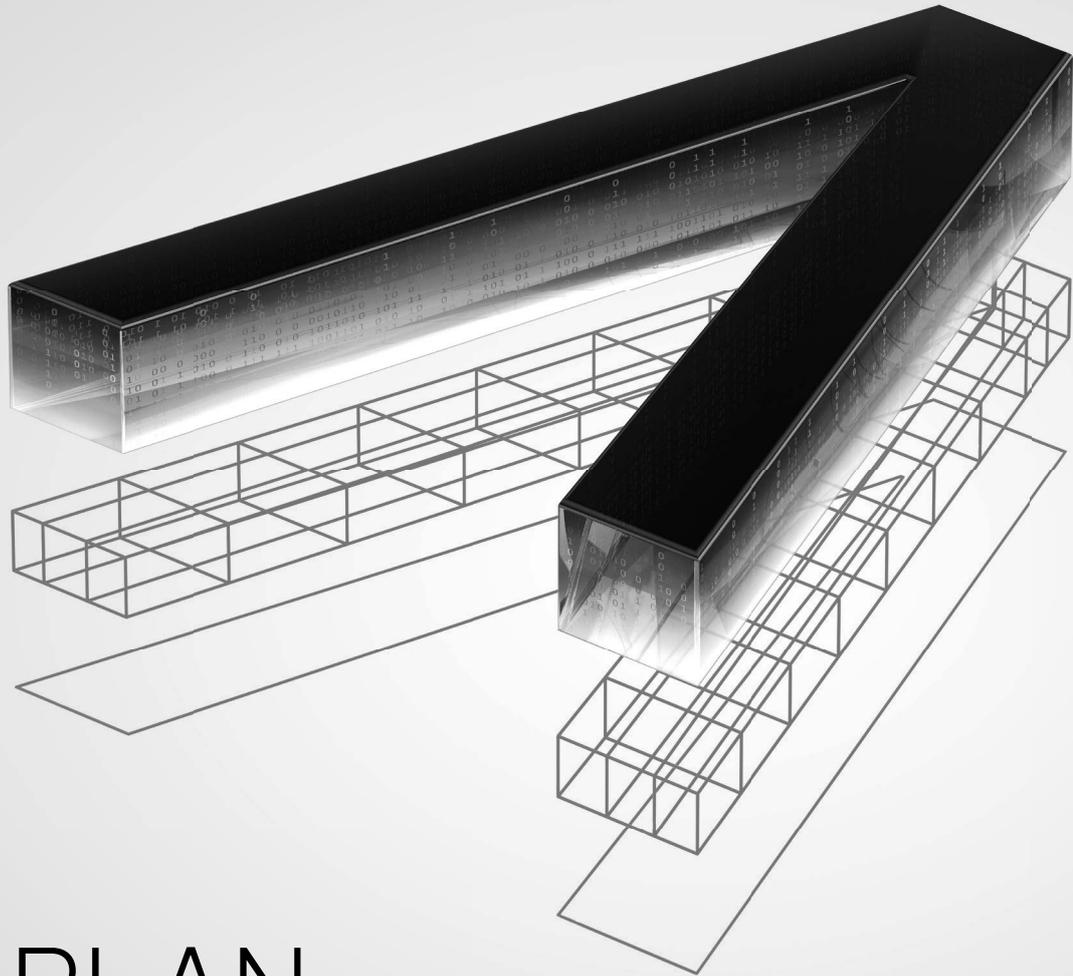
Forum Holz Bau Wirtschaft 2018  
Salzburg (AT)

Besuchen Sie unseren Stand im Foyer.  
Wir freuen uns auf ein Gespräch mit Ihnen!



# Work wonders, with LVL

From schools to skyscrapers to family homes that lock in, not just release, carbon. Our high-performance, precision engineered wood materials allow you to push beyond wood's perceived boundaries and to achieve longer spans and new building heights. A sustainable way of unleashing your creativity today. Read more: [www.storaenso.com](http://www.storaenso.com)



# ALLPLAN RAISE YOUR LEVEL

- > Von Papier zu Cloud BIM
- > Von allgemeinen zu spezialisierten Werkzeugen
- > Vom Datenaustausch zum Daten-Workflow

**JETZT KOSTENFREI**  
TESTEN: [allplan.com/at](https://allplan.com/at)

 ALLPLAN  
ARCHITECTURE

 ALLPLAN  
ENGINEERING

 ALLPLAN  
BIMPLUS

 ALLPLAN  
ALLFA

tectofix 3000

# FÜR HOLZHAUSPIONIERE

## Vorfertigungsanlage für Dach-, Decken- und Wandelemente



**tectofix 3000**  
**GANZJÄHRIGE**  
**BESICHTIGUNG**  
 TERMINVEREINBARUNG  
 07955 385-0



**ZEIT- UND KOSTENSPAREND**  
 40% schneller durch Vorfertigung



**WIRTSCHAFTLICHKEIT**  
 durch kurze Amortisation



**PRAXISNAH**  
 dank einfacher Bedienbarkeit



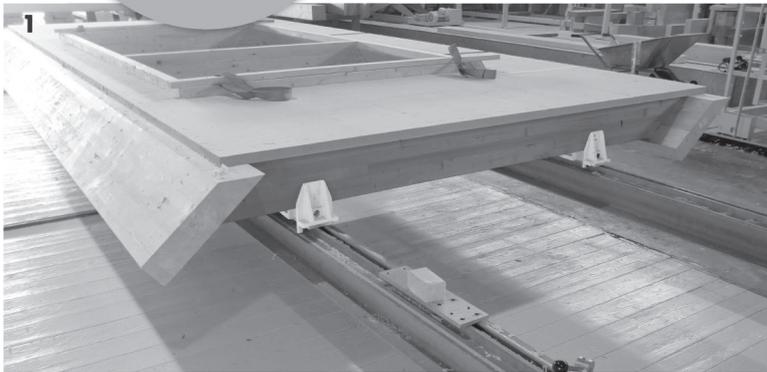
**PLATZSPAREND**  
 durch Parkposition

**bauer  
 technik**

Bauer Holzbau GmbH  
 Alte Höhe 1  
 D-74589 Satteldorf-Gröningen

**VOM HOLZBAUER.  
 FÜR HOLZBAUER.**

**T** + 49 (0) 7955 385-0  
**M** info@bauer-holzbau.de  
**W** www.bauer-holzbau.de  
 www.youtube.de (Suchwort: tectofix)



1 / Dachelement mit integrierter Pfosten-Riegelkonstruktion: Vertikale Pfetten-Überstände sind einfach möglich



2 / Wohnhaus: Sichtdachstuhl mit Querbauehler



3 / Restaurant: 40 cm hohe Geschossdecke mit gekrümmtem Randträger und ausgespartem Unterzug auf tectofix 3000

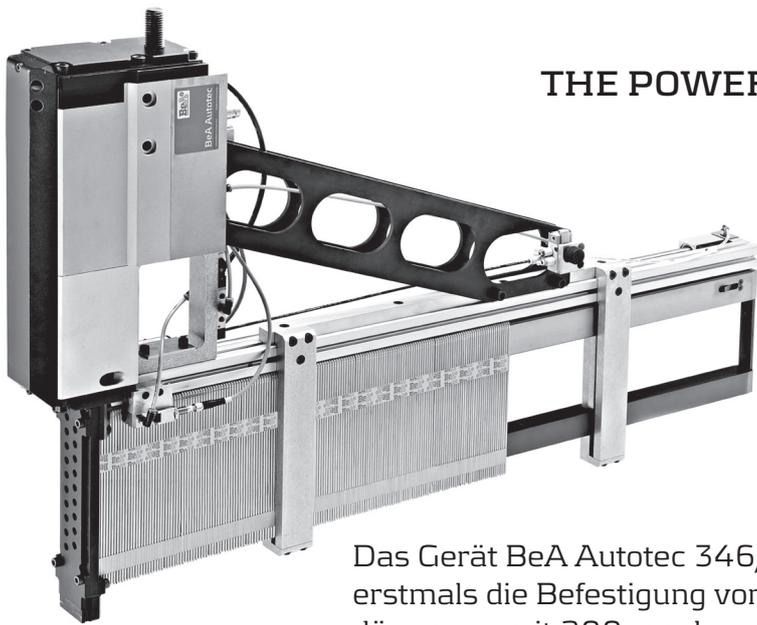


4 + 5 / Wandfertigung in idealer Arbeitshöhe

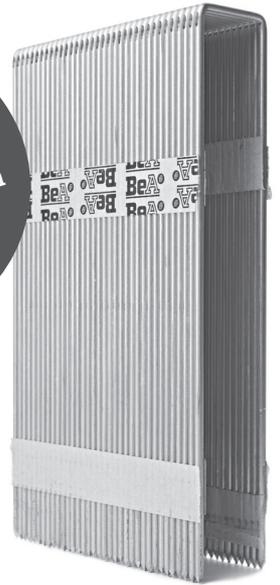
tectofix 3000

THE POWER OF FASTENING

**BeA** 



Neu!  
BeA Klammern  
bis 200 mm



Das Gerät BeA Autotec 346/200-285 ermöglicht erstmals die Befestigung von 160 mm starker Außen-  
dämmung mit 200 mm langen Heftklammern.  
Auch als Handgerät BeA 346/200-951E für den  
mobilen Einsatz lieferbar

## BeA – Industrielle Geräte und Befestigungsmittel

Joh. Friedrich Behrens AG  
Bogenstraße 43 – 45, 22926 Ahrensburg, Germany  
Tel. +49 (0) 4102 78 – 444, Fax +49 (0) 4102 78 – 270  
info@behrens-group.com, www.bea-group.com

## Der Partner des Handwerks



### Rundmagazinschrauber KMR 3338

für Schraubenlänge 40 – 80 mm  
und Durchmesser 4,5 – 5 mm

- besteht aus Schraubenvorsatz  
und Antriebsmaschine (0-2850 U/Min, 750W)
- schnelles und rationelles Verarbeiten von  
magazinierten Coilschrauben
- exaktes tiefengenaues Einschrauben  
durch die Klauenkupplung
- starker Motor mit großer Leistungsreserve
- großer Längenbereich von 40 bis 80 mm
- mit Verlängerung ideal zum Verschrauben  
großflächiger Bodenbeläge



Joh. Friedrich Behrens AG, Bogenstr. 43 – 45, 22926 Ahrensburg  
Tel. 04102 78-444, info@kmreich.com, www.kmreich.com

---

# ZELLULOSE

Von Natur aus der beste Dämmstoff.

## GRAU IST DAS NEUE GRÜN

SPEZIALIST FÜR ZELLULOSEDÄMMUNG UND LUFTDICHTHEIT

Wir liefern echte, ehrliche Qualität. Und wir wissen wovon wir reden. Unsere Lösungen sind kompetent, engagiert und vor allem nicht von der Stange. Wir sind kreativ. Innovativ ökologisch halt. Wie unsere Zellulosedämmung eben, mit der waren wir nämlich einer der ersten „ÖKO“-Spinner in Europa. Lust auf grünes Dämmen?

[www.isocell.com](http://www.isocell.com)

### ISOCELL

LUFTDICHTHEITS-SYSTEME  
UND ZELLULOSEDÄMMUNG

Brettsper Holz schallhemmend und stark - der „GePI-connect“-Verbinder

# Expertise verbindet

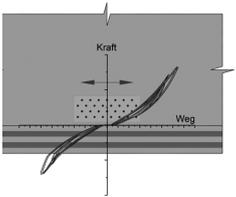
Erdbebensicher mit BSP bauen



Gemeinsam mit der **Universität Innsbruck** und **GETZNER** haben wir einen neuen BSP-Winkelverbinder mit integriertem Schallschutz und optimierter Erdbebenbeanspruchbarkeit entwickelt.

Das von Getzner patentierte System basiert auf integrierten Dämmschichten, welche die Entstehung von Schallbrücken verhindern.

Dadurch wird die Schallübertragung über die Flanken konsequent vermieden. Die zwei Elastomerschichten ober- und unterhalb des Winkels unterbinden eine Vibrationsübertragung sowohl über den „**GePi connect**“-Verbinder als auch die Verschraubung in die tragenden Bauteile. Nur so kann eine schallbrückenfreie und somit akustisch ideal wirksame Ausführung gewährleistet werden.



Wir bieten mit dem System **maximale Effizienz** durch Lastaufnahmen **bis zu 40 kN**.

„Das schalltechnisch entkoppelte System wird nun zusätzlich durch eine spezielle Abstufung der Steifigkeiten der Befestigungsmittel von Decke zu Wand optimiert“, erläutert Roland Maderebner von der Universität Innsbruck. Dadurch wird bei Erdbebenbeanspruchungen eine **schadensfreie Energiedissipation** ermöglicht. Somit haben wir eine **neue Generation von Holzverbindern für den Lastfall Erdbeben** entwickelt.



## Umfassendes Holzverbinder-Sortiment

# Tragende Rolle im gesamten Sortiment

ETA für nahezu alle Produktgruppen verfügbar



Unsere tragende Rolle punkto Befestigungstechnik haben wir heuer als erster Hersteller mit der ETA für unser Balkensäulen-Sortiment einmal mehr untermauert.

**Last-Verbinder**

Unter der Schwerlast-PTP-Holzverbinder...  
 4 Punkt...  
 20...  
 4 an Lastträger...  
 4 an Lastträger...  
 Pitzl

Auch im Bereich der Schwerlast-Pfostenträger PTP plus befinden wir uns mit einer charakteristischen Lastaufnahme von 516 kN in einer neuen Leistungsklasse. „Eine Höhenverstellung des eingebauten Pfostenträgers unter 300kN Lasteinwirkung ist tatsächlich einzigartig“, bestätigt DI Roland Maderebner vom Holzbaulehrstuhl Innsbruck.

Unangefochten an der Spitze des Anbieterfeldes befindet sich auch die HVP-Holzverbinder-Serie, mit der wir jeweils aktuelle Entwicklungen am Markt bedienen können.

Als deutscher Holzverbinder-Hersteller befinden wir uns damit unangefochten an der Leistungsspitze der am Markt befindlichen Systeme.



Weitere Informationen: [www.pitzl-connectors.com](http://www.pitzl-connectors.com). Individuelle Beratung: +49 (0) 8703 9346-0

# 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

Besuchen Sie  
uns an unserem  
Stand und sichern  
Sie sich ein Haas-  
Lebkuchenherz!

**Haas**

besser bauen.



## WAND - DECKE - DACH - ELEMENTE

- Planung
- Produktion
- Logistik



# HAAS HOLZBAUSYSTEME

## KONSTRUKTIVER HOLZBAU

- Brettschichtholz-  
Konstruktionen
- Deckenelemente
- Dachkonstruktionen



## NAGELPLATTEN- BINDER

Konstruktionen mit Nagelplattenbindern sind eine preisgünstige Lösung mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und finden überall dort Anwendung, wo leichte Konstruktionen, besondere Formen oder große Spannweiten gefordert sind.

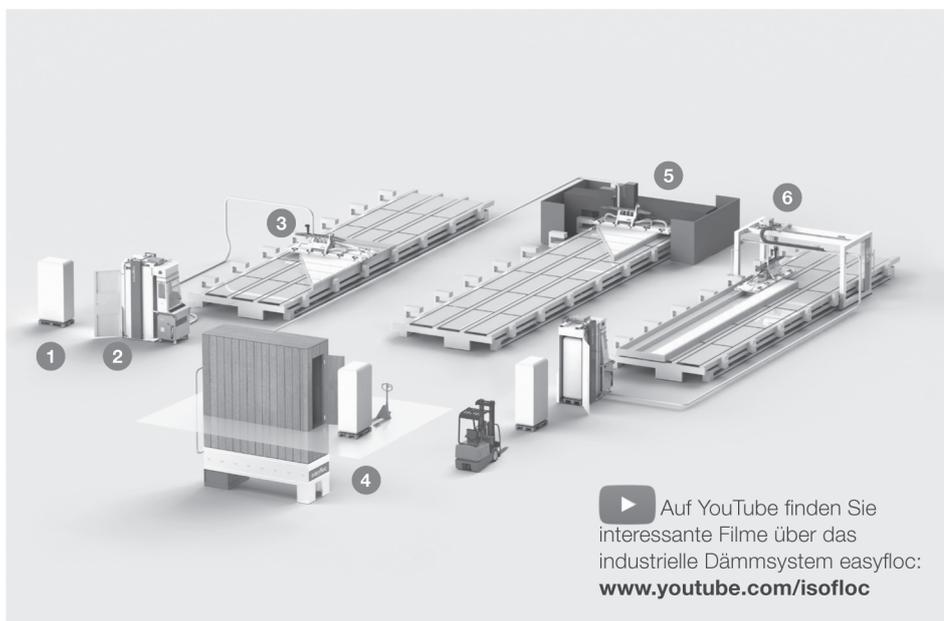


Wir unterstützen Sie mit unserer mehr als 40jährigen Erfahrung im Holzhausbau! Bleiben Sie auf der sicheren Seite und werden Sie Haas-Partner!

### Haas Fertigbau GmbH

Industriestraße 8 · D-84326 Falkenberg  
Telefon +49 8727 18-426  
Telefax +49 8727 18-554  
Holzbausysteme@Haas-Fertigbau.de

# EFFIZIENZ- UND QUALITÄTSSTEIGERUNG



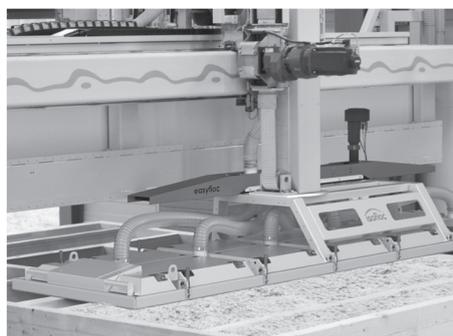
**Beim industriellen Dämmsystem easyfloc sind Produkte und Einblas-technik optimal aufeinander abgestimmt. Die Vorzüge der Einblasdämmstoffe kommen dadurch voll zum Tragen. Das System ermöglicht bessere Dämmresultate bei höherer Effizienz – während die Kosten deutlich gesenkt werden.**

## Kürzeste Taktzeiten

Die isofloc Großballentechnologie sowie die effiziente Maschinenteknik mit ihren geringen Totzeiten ergeben eine industrieweit unschlagbare Befüllleistung. Zudem erfordert das easyfloc Dämmsystem nur wenige manuelle Eingaben, den Rest erledigen die Maschinen automatisch. Das erlaubt ein rasches und sicheres Befüllen der Bauelemente. Mit einem Tastendruck lassen sich sogar Sonderfächer mit außergewöhnlichen Geometrien automatisch dämmen. Da im offenen Zustand gedämmt wird, müssen Sie auch keine Befüllöffnungen mehr planen, bohren und wieder schließen. So ist das industrielle Dämmsystem easyfloc zwei- bis fünfmal schneller als das herkömmliche Einlegen von Dämm-matten von Hand. Damit kann die Ausstoßleistung des gesamten Werks erhöht werden. Engpässe an den Dämmstationen sind Vergangenheit.

## Tiefste Kosten

Da das industrielle Dämmsystem easyfloc einen Großteil der Aufgaben automatisch erledigt, können die Dämmarbeiten von nur einer Person erledigt werden – eine beträchtliche Kosteneinsparung! Im Gegensatz zum Mattendämmstoff entfallen bei einblasbaren Dämmstoffen auch der Zuschnitt und der Verschnitt, was die Kosten noch weiter senkt. Die vorgefertigten Holzelemente werden mit dem industriellen Dämmsystem easyfloc in offenem Zustand gedämmt. Der Vorteil: Es ist keine stabile Beplankung mehr notwendig, die dem Einblasdruck standhält. So sind Sie in der Wahl der Beplankung völlig frei und können auch auf weniger teure Außenhüllen zurückgreifen. Neben der integrierten Qualitätssicherung kann das Dämmergebnis auch optisch und haptisch nachkontrolliert werden und gibt auf diese Weise zusätzlich Sicherheit.



## Erfolg mit System

Das industrielle Dämmsystem easyfloc ist für die Integration in bestehende Fertigungsstraßen ausgelegt und gewährleistet damit einen optimalen Fertigungsablauf ohne Unterbrüche. Das System ist modular aufgebaut und wächst mit den Anforderungen des Holzbauunternehmens.

- 1 isofloc Zellulose-Großballen
- 2 Großballenauflöser und Einblasmaschine
- 3 Einblasplatte mit schwenkbarer Bedienkonsole
- 4 easyfloc Bunkerlösung
- 5 Multifunktionsbrücke von Weinmann oder Hundegger mit Einblasplatte
- 6 easyfloc Brückenlösung mit Einblasplatte

## DAS PATENTIERTE ORIGINAL

Die patentierte Einblasplatte ist auf der Unterseite mit einer luftdurchlässigen Membran ausgestattet. Dadurch kann die Luft beim Einblasvorgang gleichmäßig entweichen und die Platte bleibt während des gesamten Befüllvorgangs ruhig auf dem Holzbauelement liegen. Dies sorgt für einen optimalen Einblasvorgang mit perfekter Verteilung des Einblasdämmstoffes im Gefach. Gleichzeitig dichtet die Membran die oben offenen Gefache ab und gewährleistet so ein staubarmes Einblasen.

(EP 2 333 198 B1 für AT, BE, CH/LI, CZ, DE, DK, FI, FR, GB, NL, PL, SE)

Unsere Mitarbeiter beantworten gerne Ihre Fragen:

isofloc AG  
Soorpark, CH-9606 Bütschwil  
Tel.: +41 (0)71 313 91 00  
E-mail: [info@isofloc.ch](mailto:info@isofloc.ch)  
Internet: [www.isofloc.ch](http://www.isofloc.ch)

# ORCA **AVA** bringt Sie zum Ziel!

© 1990-2017 by ORCA Software GmbH • Alle Rechte vorbehalten  
Bildnachweis: © AllentForce - Fotolia.com

Ausschreibung  
Vergabe  
Abrechnung

durchgängiges  
Kostenmanagement

Testen Sie jetzt, wie gut ORCA AVA zu Ihnen passt.  
Kostenlos – unverbindlich.

[www.orca-software.com/ava](http://www.orca-software.com/ava)



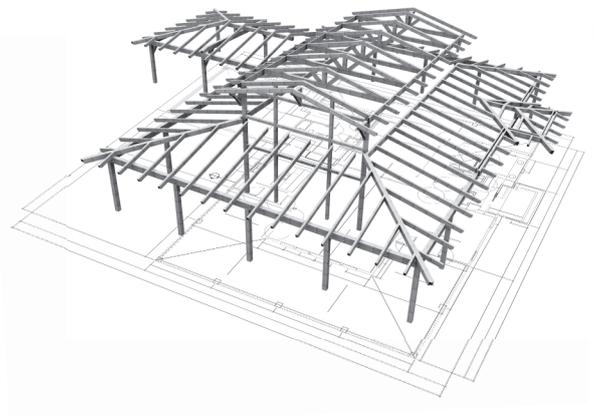


## DIE SEMA-LÖSUNG

Software für die Planung, Konstruktion und Fertigung im Holz- und Treppenbau sowie dem blechverarbeitenden Gewerbe

## 3D CAD/CAM

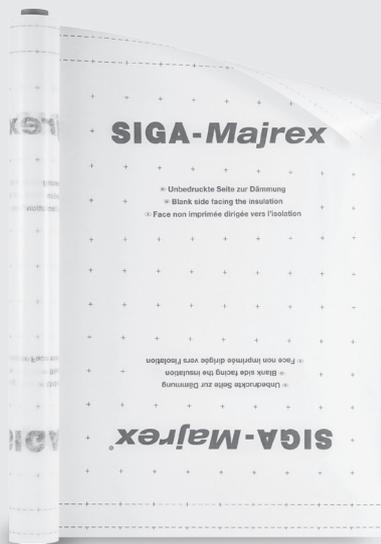
- Planung & Architektur
- Dachkonstruktion
- Fassade & Metalleindeckung
- Holz- & Fertigbau
- Treppenbau
- Büroorganisation & Kalkulation mit **WGsystem**





# SIGA<sup>+</sup> 1966

SIGA ist führend in der Entwicklung, der Produktion und dem Vertrieb von wohngiftfreien Hochleistungsprodukten für eine luft- und winddichte Gebäudehülle. Rund 400 Mitarbeitende streben in über 20 Ländern nach einer Welt mit Gebäuden ohne Energieverlust.



## **Majrex<sup>®</sup>** – die sichere Dampfbremse für jede Konstruktion

Die patentierte Dampfbremse SIGA-Majrex mit Hygrobrid<sup>®</sup>-Technologie ermöglicht den kontrollierten Feuchtetransport in eine Richtung und bietet erhöhte Sicherheit in jeder Konstruktion.



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

### Neubau



### Flach- und Steildach



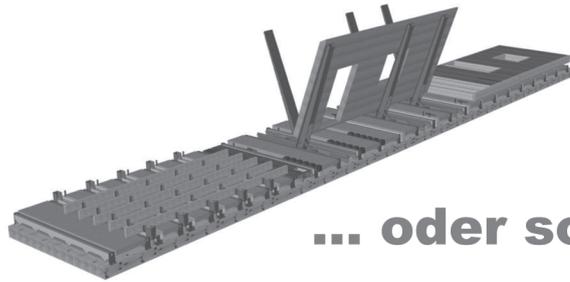
### Sanierung



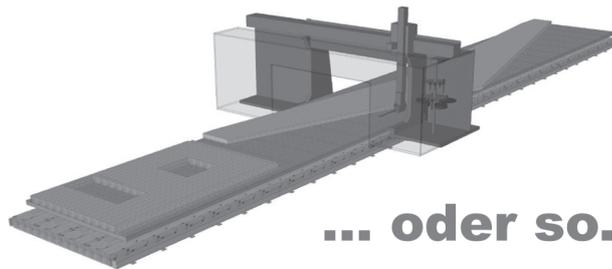
Stick with us.

[siga.swiss](http://siga.swiss)

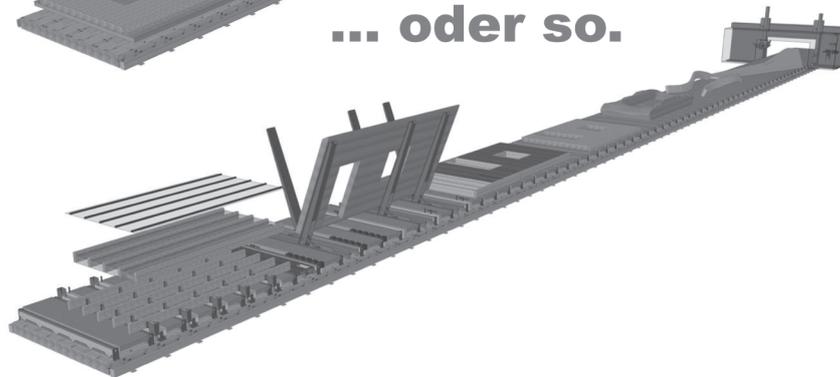
**So könnte Ihre Lösung  
aussehen ...**



**... oder so ...**



**... oder so.**



## **TW-Concept Line**

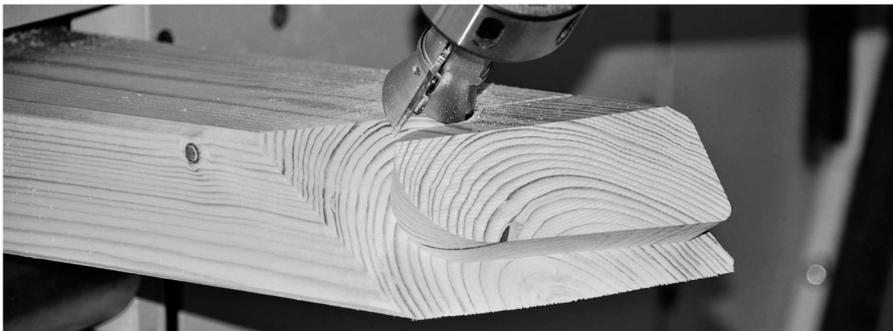
Konfigurieren Sie mit uns zusammen Ihre optimale  
Tischlösung oder Ihren optimalen Portal-Roboter.

Modulare, erweiterbare Komponenten  
**in Schweizer Qualität.**

mehr Infos:  
[www.technowood.ch](http://www.technowood.ch)

Technowood  
Horb 5  
CH-9656 Alt St. Johann  
[info@technowood.ch](mailto:info@technowood.ch)  
+4171-997 04 00

# „Design trifft digital“: Die neue Maschinengeneration von WEINMANN.



Meister im Abbund.  
Unfassbar leistungsstark.  
**BEAMTEQ B-660**



Holzrahmenbau nach Maß.  
Universell einsetzbar.  
**BUILDTEQ A-500**



Experte im Holzrahmenbau.  
Sensationell wirtschaftlich.  
**WALLTEQ M-120**