

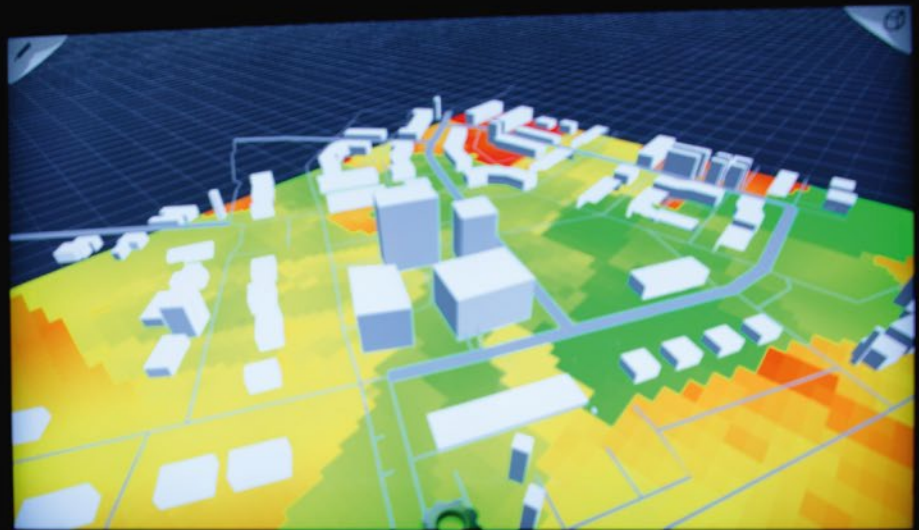


Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Zukunft Bauen Digitale Bauwelt

Das Magazin der Forschungsinitiative
Zukunft Bau



Nutzungshinweis/Haftungsausschluss

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Die Verantwortlichkeit für die konkrete Planung und die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik liegt im Einzelfall allein beim Planer. Ein Vertragsverhältnis oder vertragsähnliches Verhältnis wird durch diese Broschüre nicht geschlossen. Für die Inhalte der Sekundärquellen sind die Autorinnen, Autoren und der Herausgeber nicht verantwortlich.

Inhalt

Vorwort	5
Digitalisierung – Eine Chance für das Bauwesen	6
Hochdämmende und recycelbare Holz-Massivbauweise.	9
Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken	13
CDP // Energy	16
Zielgruppen- und prozessorientierte Untersuchung freier BIM-Werkzeuge	19
Plotbot/Crawler	23
Digital Hut	26
Entwicklung und Ausrichtung der BBSR-Forschung zur Digitalisierung und zu BIM	28
eLCA – Neue Schnittstelle zur EnEV-Berechnung ergänzt den digitalen Workflow in der Gebäudeplanung.	30
Initiative „Effizienzhaus Plus“ – 7 Jahre Plus!	33
Bildungsbauten im „Effizienzhaus Plus“- Standard	37
5. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE 2017.	40
3dTEX: Textiles Leichtwandelement.	42
HYBAU – Bauliche Hygiene im Krankenhaus	45
TN-Technologie für den Einsatz in Architekturverglasungen	50
Die Zukunft des Bauens	52
Großformatige energieeffiziente Fassaden aus Textilbeton mit Sandwichtragwirkung – Entwicklung von Herstellmethoden, Bemessungs- und Fügekonzepten	54
H ₂ O_WoodController	57
Innovative Wohnkonzepte werden erprobt: die Modellvorhaben der Variowohnungen . . .	60
Die Begleitforschung bei den Modellprojekten zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen	64
Gebäude als intelligenter Baustein im Energiesystem – Lastmanagement-Potenziale von Gebäuden im Kontext der zukünftigen Energieversorgungsstruktur in Deutschland.	67
Machbarkeitsuntersuchungen zu kontinuierlichen und schalungsfreien Bauverfahren durch 3-D-Formung von Frischbeton.	72
Trends und Strukturen der Baukonjunktur	75
Erschließung der Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich der Kreislaufwirtschaft Bau . .	78

Diskussion an der Schnittstelle von Architekturdebatte und Forschungsdiskurs	82
Bauen mit Weitblick – Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau . . .	84
Additive Fertigung durch Extrusion von Holzleichtbeton	88
Anreize und Hemmnisse des Wohnungsneubaus	91
Einrichtung eines virtuellen „Museums der 1000 Orte“ zur Präsentation der Kunst am Bau des Bundes	94
Bildnachweise	98
Literaturhinweise des Herausgebers	100

Vorwort

Seitens der Forschung werden enorm große Anstrengungen unternommen, das Bauen einfacher, schneller und moderner umzusetzen, das Bauwesen insgesamt auf eine zukunftsweisende, fortschrittliche und nachhaltige Ebene zu stellen. Digitale Methoden und Werkzeuge nehmen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle ein – und deren Bedeutung wächst stetig.

Die Digitalisierung hat seit der Gründung der Forschungsinitiative Zukunft Bau im Jahr 2006 ihren festen Platz in der Forschungsförderung. Mit dem Einzug von Building Information Modeling und der Entwicklung neuer Herstellungsmethoden hat die Durchdringung der Baubranche mit digitalen Technologien eine zusätzliche Dynamik erhalten.

Für eine erfolgreiche Umsetzung sind jedoch zwei Aufgabengebiete zu betrachten:

Zunächst ist (betriebs)intern die Digitalisierung zu organisieren. Medienbrüche dürfen nicht zu Informationsverlusten führen. Dabei ist es besonders wichtig, für eine einheitliche Bearbeitung von Daten und Informationen eigene Standards zu setzen. Schon hier lassen sich mit einem vergleichbar geringen Aufwand erhebliche Mehrwerte generieren.

Lothar Fehn Krestas

Unterabteilungsleiter Bauwesen,
Bauwirtschaft im Bundesministerium
des Innern, für Bau- und Heimat

Des Weiteren wird die Methode Building Information Modeling (BIM) als Teil der Digitalisierung angesehen, sie fokussiert sich auf ein konkretes Bauwerk. Dabei muss die Umsetzung transdisziplinär gedacht werden: Baubezogene Daten werden prozessübergreifend genutzt. Die Methode BIM liefert hier Datendurchgängigkeit und eine strukturierte Datenaufgabe und -verfügbarkeit in Bauwerksdatenmodellen.

Die Digitalisierung beschäftigt sich also mit der Datendurchgängigkeit entlang unternehmensinterner und unternehmensübergreifender Prozesse. Die interne Organisation sowie die Durchgängigkeit baubezogener Informationen sind somit die Grundlagen für eine erfolgreiche Digitalisierung des Bauwesens.

Mit der aktuellen Ausgabe des Magazins „Zukunft Bauen“ werden einige zukunftsweisende Projekte aus der Welt des digitalisierten Bauens vorgestellt. Sie erhalten Einblicke in aktuelle Forschungsarbeiten der Forschungsinitiative Zukunft Bau sowie Ausblicke auf kommende Entwicklungen im Bauwesen.

Robert Kaltenbrunner

Leiter der Abt. Bau- und Wohnungswesen
im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

Digitalisierung – Eine Chance für das Bauwesen



Interview mit Lothar Fehn Krestas

Unterabteilungsleiter Bauwesen,
Bauwirtschaft im Bundesministerium
des Innern, für Bau- und Heimat

Frage: Die Kapazitäten des Baugewerbes sind derzeit nahezu vollständig ausgelastet. Investieren die Unternehmen der Bauwirtschaft aktuell in Forschung und Entwicklung? Werden die Fördermöglichkeiten des Bundesbauministeriums überhaupt abgerufen?

In der Tat, die Bauwirtschaft ist so gut beschäftigt wie seit Langem nicht mehr. Und dennoch kümmert sie sich auch um ihre Zukunft. Die Nachfrage nach den anwendungsnahen Programmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau ist ungebrochen. Im November 2017 hat ein neuer Rekord, seit der Gründung der Initiative 2006, die Attraktivität erneut bestätigt. Im Vergleich zum Vorjahr haben wir in der Antragsforschung fast ein Drittel mehr an Projektskizzen erhalten. Eine echte Herausforderung für die Kolleginnen und Kollegen im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), die die Umsetzung des Programms engagiert und mit höchster Fachkompetenz betreuen.

Frage: Mehr Bundesinvestitionen für Forschung und Entwicklung! Diese Forderung hört man aktuell von Vertretern aus der Wissenschaft und der Wirtschaft. Wird das Bundesbauministerium auf diesen Ruf reagieren?

Gerade auf dem Gebiet der angewandten Bauforschung hat das BMI den Forschungsmehrbedarf nicht nur längst erkannt, sondern auch bereits darauf reagiert.

So konnte die Forschungsinitiative Zukunft Bau in der vergangenen Legislaturperiode kontinuierlich von zusätzlichen Mitteln für Forschung und Entwicklung aus der ressortübergreifenden Hightech-Strategie der Bundesregierung profitieren.

In der Antragsforschung stehen so beispielsweise 30% mehr Fördermittel zur Verfügung als noch im Jahr 2015. Konkret fördern wir in der aktuellen Förderrunde Forschungsprojekte im Bauwesen mit 11 Mio. € – eine sehr konkrete Zukunftsinvestition in die Bauforschungslandschaft.

Frage: Wie genau fördert man eigentlich die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit der Bauwirtschaft?

Die Bauforschung des Bundesbauministeriums soll die klein- und mittelständische Bauwirtschaft fit machen, um die großen gesellschaftlich relevanten Themen umsetzen zu können und stark für den europäischen Binnenmarkt zu sein.

Dieses Ziel verfolgen wir seit der Gründung der Forschungsinitiative vor elf Jahren.

Geforscht wird im Verbund aus Bauwirtschaft und Wissenschaft. Eine interdisziplinäre Herangehensweise fördert das Bundesbauministerium dabei ausdrücklich.

Die Förderschwerpunkte werden jährlich überprüft, neue Fragestellungen und Zukunftsthemen aufgenommen. Die Förderthemen der aktuellen Förderrichtlinie beispielsweise decken ein breites Spektrum ab: Sie reichen vom kostengünstigen Wohnungsbau über energieeffizientes, ressourcenschonendes und klimagerechtes Bauen bis hin zu Mehrwerten für Architektur, Stadtraum und Gestaltungsqualitäten. Auch die Fragen der Digitalisierung im Bauwesen bilden aktuell einen wichtigen Schwerpunkt.

Frage: *Der Prozess der digitalen Transformation in der Industrie erstreckt sich zunehmend auch auf das Bauwesen. Welche Chancen sehen Sie in der Digitalisierung von Planungs- und Bauprozessen?*

Größere Termintreue, mehr Kostenwahrheit, eine höhere und frühzeitige Planungsqualität! Gerade im Hinblick auf die Herausforderung, gesenkte und bezahlbare Baukosten bei zugleich hoher Qualität erreichen zu können, ist es von großer Bedeutung, diese Effizienzpotenziale in den Planungs- und Bauprozessen zu heben. Die Digitalisierung kann ein Beitrag zu mehr bezahlbarem Wohnen und Bauen sein.

Frage: *Kann dies allein durch die Digitalisierung erreicht werden?*

Natürlich können diese Effizienzpotenziale nicht alleine durch die Verfügbarkeit von Informationstechnologie gehoben werden. Generell kann man sagen: Die Omnipräsenz digitaler Techniken ist nicht das entscheidende Kennzeichen der Digitalisierung, denn dies würde bedeuten, dass digitale Techniken nur Hilfswerkzeuge bei der Umsetzung ehemals analoger Arbeitsweisen sind. Stattdessen werden wir veränderte und neue Arbeitsweisen und Prozesse erleben, die von Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt werden. Ein wesentliches Kennzeichen der Digitalisierung von Planungs- und Bauprozessen wird eine intensivere Kooperation zwischen den Projektbeteiligten sein.

Die Basis dieser intensiven Kooperation sind Datenmodelle. In den Modellen werden projektspezifisch alle relevanten geometrischen und alphanumerischen Daten eingegeben, fortgeschrieben und verwaltet. Durch den Abgleich in einem projektübergreifenden Koordinierungsmodell können die Projektbeteiligten alle Informationen transparent aufeinander abstimmen und prüfen.

Es muss aber auch klar dargestellt werden, dass die Methode des BIM, also des Building Information Modeling, allein weder eine gute Planungsqualität noch einen optimalen Projektverlauf garantiert. Entscheidend ist weiterhin die Anwendung durch die qualifizierten Fachleute.

Frage: *Ein wesentliches Element des nachhaltigen Bauens ist die Lebenszyklusbetrachtung. Wie wirkt sich denn die Digitalisierung im Lebenszyklus eines Gebäudes aus?*

Durch die Nutzung digitaler Technologien ergeben sich mit der Methode des BIM neue Mög-

lichkeiten im Lebenszyklus eines Gebäudes. Während der Planungsphase können Kollisionsprüfungen zwischen den einzelnen Gewerken detailliert und teils automatisiert durchgeführt werden. Bereits in dieser Phase können Berechnungen zu Lebenszykluskosten erstellt und entsprechende Entscheidungen getroffen werden. In der Bauphase liegen beispielsweise Informationen zu terminlichen Abhängigkeiten bei der Montage von Objekten detailliert vor. Und am Ende der Bauphase werden die für den Betrieb des Gebäudes notwendigen Informationen schneller, übersichtlicher und verlustfreier zur Verfügung gestellt. Damit setzt die Digitalisierung dort an, wo die Ursache von vielen Projektstörungen liegt.

Frage: *Die Digitalisierung soll dabei helfen, einen mangelhaften Informationsaustausch zu beheben und so Projektstörungen zu vermeiden?*

In der Vergangenheit haben sich die am Bauprozess Beteiligten aus ökonomischen Gründen insbesondere nach innen optimiert. Dies bedeutet, dass alle internen Prozesse tendenziell so optimiert wurden, dass die Schnittstellen nach außen nur mit dem vertraglich geschuldeten Minimum bedient werden. Dies führt an den Schnittstellen zu einem hohen Verlust an bereits digital vorliegenden Informationen und somit zu einer mehrfachen „Neuerstellung“ dieser Informationen. Es muss aufgezeigt werden, dass eine Weitergabe von Informationen über das vertraglich geschuldete Minimum hinaus für alle Beteiligten zu einem Effizienzgewinn führen kann.

Frage: *Der Erfolg der Digitalisierung bedarf der breiten Beteiligung aller Akteure. Was ist die Voraussetzung dafür?*

Ganz klar: produktneutrale Lösungen mit systemoffenen Datenschnittstellen, also „Big Open BIM“. Nichts anderes kommt für den Bundeshochbau in Betracht und auf nichts anderes zielt die Unterstützung des Bundesbauministeriums.

Damit alle Akteure der Wertschöpfungskette Bau die Möglichkeit haben, sich in die Entwicklung einzubringen, setzen wir auf einen schrittweisen, praxisorientierten Digitalisierungsprozess. Eine andere Vorgehensweise ist nicht realistisch. Denn noch sind nicht alle Voraussetzungen für einen regelmäßigen und umfangreichen Einsatz der BIM-Methode geschaffen.

Hierzu zählt auch der Bereich der Standardisierung und Normung. Es ist wichtig, dass auch

auf internationaler Ebene die richtigen Weichen gestellt werden. Das BMI wirkt schon jetzt selbst und vertreten durch das BBSR in den Normungsgremien mit und plant, diese Aktivitäten zukünftig zu intensivieren.

Darüber hinaus hat das BMI gemeinsam mit dem BMWi den Branchendialog „Digitaler Hochbau“ initiiert, an dem auch mehrere Kammern und Verbände beteiligt sind. Mit dem Branchendialog wollen wir den digitalen Transformationsprozess politisch flankieren und gezielt unterstützen. Der Dialog bietet Gelegenheit für den Austausch der Akteure untereinander, schafft Synergieeffekte und soll gezielt die digitale Entwicklung des Planens und Bauens unterstützen.

Frage: Setzt der Bund auch bei seinen eigenen Baumaßnahmen auf die Methode BIM?

In den vergangenen Jahren haben wir im Bundeshochbau, wenn auch zunächst auf Projektabschnitte begrenzt, kontinuierlich Erfahrungen zur Digitalisierung gesammelt. Diese Erfahrungen werden in einem Kompetenzzentrum „Digitales Planen und Bauen“ für den Bundeshochbau zusammengeführt und ausgewertet. Das Kompetenzzentrum wird in der ersten Hälfte dieses Jahres mit der Arbeit beginnen. Weitere Aufgaben des Kompetenzzentrums sind u. a. das Erstellen von BIM-spezifischen Arbeitsunterlagen wie beispielsweise Auftraggeberinformationsanforderungen und BIM-Ablaufpläne, die Begleitung von BIM-Pilotprojekten und die Beratung der Bauverwaltungen, die für den Bund tätig sind.

Frage: Die Digitalisierung des Bauwesens wird sich nicht auf die Planungs- und Bauprozesse beschränken. Hat das Bundesbauministerium auch die weiteren Bereiche des Bauwesens im Blick?

Im Zuge der Digitalisierung werden sich vernetzte Systeme in der gesamten Wertschöpfungskette des Bauwesens etablieren. Die Digitalisierung wird Architekten und Ingenieure als auch das bauausführende Gewerbe und somit das Handwerk erfassen. Neben dem BIM als digitaler Planungsmethode werden sich beispielsweise auch digitale Fertigungsverfahren etablieren, wobei diese aufeinander aufbauen. Es wird ein letztlich lückenloser Informationsfluss von der Planung zum physikalischen Bauprozess, zum Gebäudebetrieb bis zur Wiederverwertung entstehen. Architekten und Ingenieure können durch digitale Fertigungsverfahren wieder näher an den Bauprozess heranrücken. Mit

der digitalen Fertigung sind viele Hoffnungen verknüpft: höhere Ressourceneffizienz, materialgerechte Designkonzepte oder Kosten- und Zeitersparnis.

Es sind aber noch viele Fragen zu klären. Wie wird sich die digitale Fertigung auf die traditionelle Trennung von Planung und Ausführung auswirken? Wird die digitale Fertigung ein neues Arbeitsgebiet für Architekten und Ingenieure? Wie wirkt sich die digitale Fertigung auf Handwerk und Baustellenlogistik aus?

Damit die hohen Erwartungen an die Digitalisierung erfüllt werden können, sind noch viele Innovationen erforderlich. Hierzu braucht es zukunftsorientierte Unternehmer in der Planung und in den Handwerks- und Bauunternehmen, kreative Bauherren, aber auch innovative Forscher und Entwickler. Und genau hier kommt wieder unsere Forschungsinitiative Zukunft Bau ins Spiel. Mit dieser fördern wir die angewandte Forschung im Bauwesen und so auch Forschung zu Fragestellungen der Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette Bau.

Der Bund will einen zügigen Übergang zur Digitalisierung des Bauens organisieren und dabei gerade die mittelständischen Planer und Handwerksbetriebe ermutigen, ihre Chancen zu erkennen.

Hochdämmende und recycelbare Holz-Massivbauweise

Baukonstruktionen aus Massivholz, welche durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens erfüllen

Prof. Achim Menges, Universität Stuttgart

Die weite Verbreitung, hohe Leistungsfähigkeit und leichte Bearbeitbarkeit von Holz machen es zu einem idealen Baumaterial für innovative Konstruktionen. Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines Massivholz-Bausystems, bei dem einfache Holzelemente durch digitale Fertigungsmethoden so bearbeitet werden, dass sie durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens erfüllen. Am Beispiel eines variablen Prototyp-Gebäudes, das in Partnerschaft zwischen der Universität Stuttgart, der Jade Hochschule und der IBA Thüringen entwickelt und gebaut wird, soll das Bausystem erprobt werden.

Entwicklungsprozess

Vollholz weist nicht nur ökologisch herausragende Eigenschaften auf, sondern ist auch ökonomisch eine der günstigsten Bauweisen. Im Vergleich zu anderen Baumaterialien für tragende Konstruktionen weist Holz generell hervorragende Dämmeigenschaften auf. Der kapillare Aufbau der Holzstruktur bedeutet, dass das Holz zugleich tragend und dämmend eingesetzt werden kann. Das Grundprinzip einer isolierenden Vollholzkonstruktion wurde in einem Vorgängerprojekt unter der Leitung von Hans Drexler an der Münster School of Architecture entwickelt. Durch die Einschnitte wird nicht nur die Dämmwirkung des Materials deutlich verbessert, sondern auch die Spannungen innerhalb der Profile werden aufgehoben. Diese Entlastungsschnitte, die ein tangenciales Aufspalten des Vollholzes verhindern, werden hier durch ihre kammartige Ausbildung auch als Dämmung wirksam. Die Weiterentwicklung des Konstruktionssystems in Verbindung mit digitalen Entwurfs- und Fertigungsmethoden geschieht auf zwei Ebenen. Zum einen soll das System bauphysikalisch leistungsfähiger werden und einen Aufbau erleichtern. Zum anderen soll der architektonische Entwurfsspielraum durch präzise digitale Vorfertigung erheblich erweitert werden.

Durch eine komplett digitale Planung und Fertigung wird es möglich, die Positionen der einzelnen Balken zueinander individuell zu definieren. So entsteht ein geometrisch äußerst flexibles Materialsystem, das durch Form und Fügung konstruktive und bauphysikalische Anforderungen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens erfüllt. Während oft mit hoch entwickelten und teuren Produkten gebaut wird, ist in diesem Fall ein sehr günstiges Material die Ausgangsbasis. Das Projekt versteht sich deshalb als ein Beitrag für kostengünstiges Bauen. Ähnlich einer modernen Blockhütte soll nur mit dem Rohmaterial Holz gearbeitet werden. Im Gegensatz zu dieser klassischen Konstruktion und auch zum Vorgängerprojekt, verläuft die Faserrichtung in diesem neuartigen Konstruktionssystem entlang der Tragrichtung.

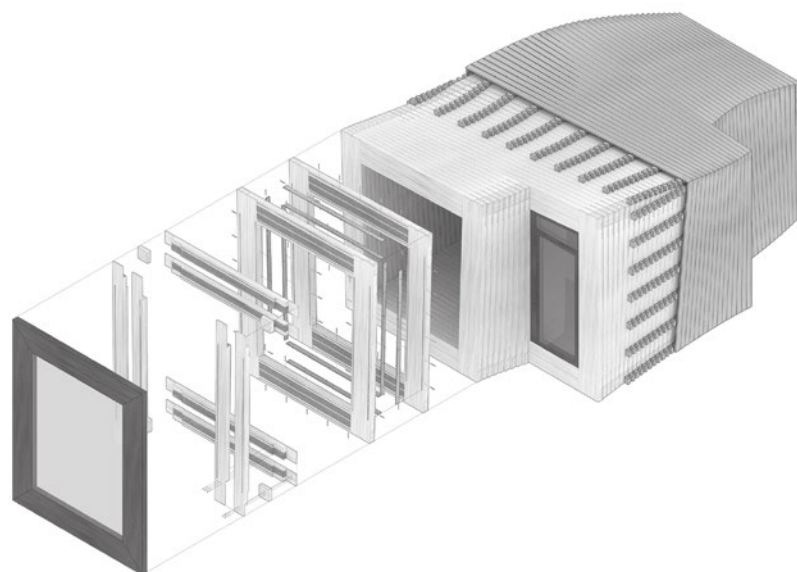


Abbildung 1: Explosionszeichnung des Konstruktionssystems

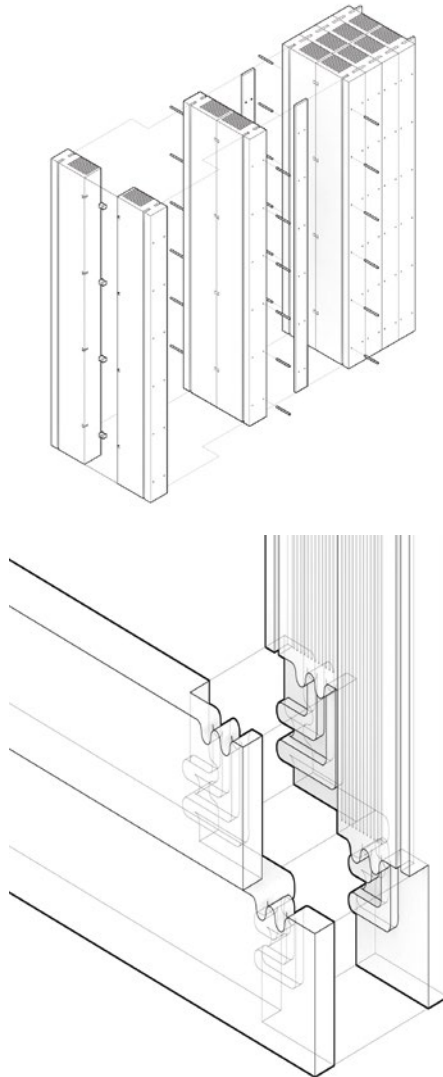
Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030



Prof. Achim Menges

Professor, Institutsleiter ICD
Institut für Computerbasiertes
Entwerfen und Baufertigung,
Fakultät für Architektur und
Stadtplanung

Die Digitalisierung führt zunächst zu einer anteiligen Automatisierung des eigentlich prädigitalen Planens und Bauens. Das echte Potenzial digitaler Technologien wird dann freigesetzt, wenn wir Planungsmethoden, Bauprozesse und Bausysteme integrativ und computerbasiert neu denken.



Im Verlauf des Projekts wurde die Anzahl und Anordnung der Schlitzte zunächst im Vergleich zu anderen Materialien durch eine Simulationssoftware untersucht. Die Evaluierung von Prototypen an der Materialforschungs- und Prüfanstalt der Bauhaus-Universität Weimar hat anschließend einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ergeben, der allerdings stark von der Luftdichtigkeit der Konstruktion abhängt. Die Entwicklung von konstruktiven Aspekten steht auch im engen Zusammenhang mit einem digitalen Entwurfswerkzeug, das die Generierung von kompletten Entwürfen mit maximalem Informationsgehalt erlaubt. Nicht nur die Geometrie des Gebäudes wird mit dem Entwurfswerkzeug erstellt, sondern die gesamte digitale Kette bis hin zu allen Konstruktionsdetails, Gebäudeinformationen und den Maschinendaten. Vor allem spielt in diesem Fall die Verbindung über Eck und entlang der Konstruktion eine wichtige Rolle. Die Art der Fügung ist darauf ausgelegt, dass die Luftdichtigkeit erhöht und gleichzeitig konstruktiv wirksam wird. Für diese Entwicklung war es essenziell mit Industriepartnern in Kontakt zu treten, um die Machbarkeit der Konstruktion ständig zu evaluieren. Zwar wurden im Labor des ICD bereits mehrere kleine Prototypen gebaut, jedoch verfügt der dort benutzte Industrieroboter über einen anderen Arbeitsraum und andere Maschinendaten als übliche CNC-Maschinen mit heutigem Stand der Technik. Die Fertigung des Demonstratorgebäudes sollte deshalb in enger Zusammenarbeit mit einem Holzbau- oder Schreinerunternehmen erfolgen.

Abbildungen 2 und 3:

Konstruktionssystem mit Verbindungsdetails in der Wandebene und in der Ecke

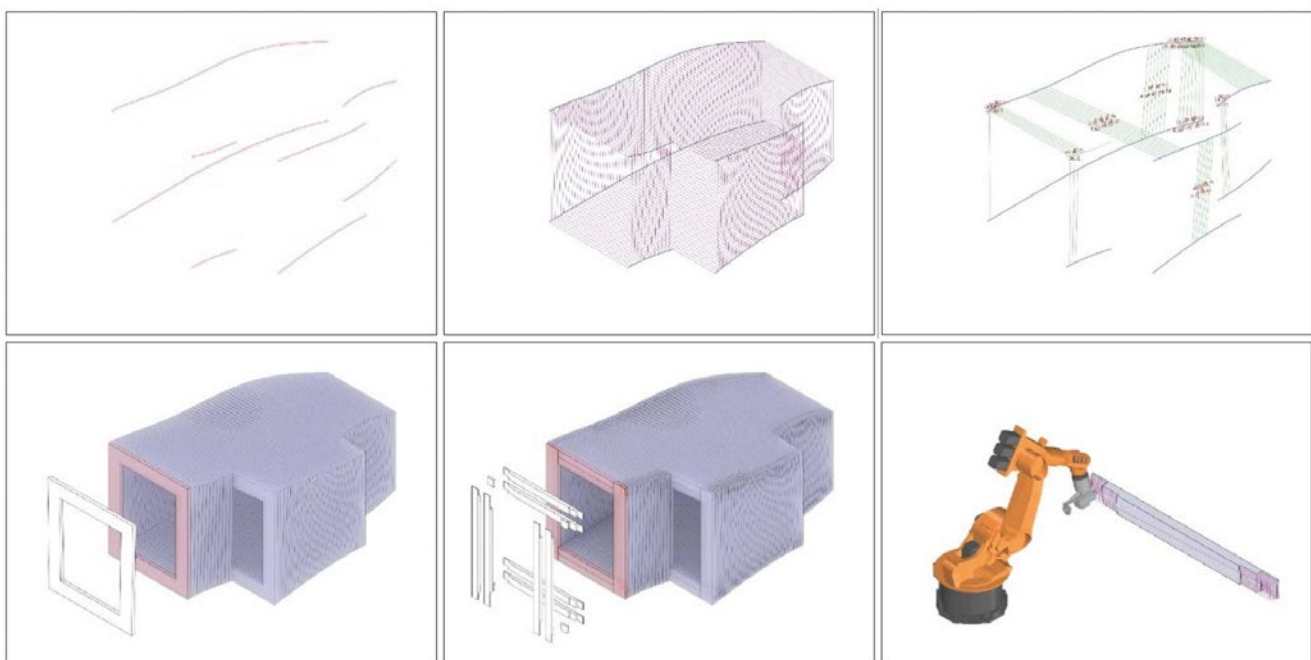


Abbildung 4: Visualisierung der Schritte des computerbasierten Entwurfswerkzeugs vom Design-Input bis zur Fertigung



Abbildung 5: Alle vorgefertigten Gebäudesegmente sind bereit zum Aufbau vor Ort. „Just in sequence“ gefertigt.

Die Planung und der Bau des Demonstratorgebäudes stellen einen wesentlichen Schritt in der Konkretisierung der Planungs- und Fertigungstechnologien dar, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts praxisnah untersucht wurden. Im August 2017 wurden finale Entwürfe und Detailentscheidungen getroffen, um die Produktion des Demonstrators zu beginnen. Die Ausführung konnte aus architektonischer Sicht zeigen, dass das Bausystem auch im baulichen Maßstab durch seine geometrische Komplexität eine besondere Wirkung aufweist. Es konnte aber auch festgestellt werden, dass einfaches Konstruktionsvollholz für die hohen Anforderungen an eine präzise Fertigung ungeeignet ist. Das ungenaue Rohmaterial hatte zur Folge, dass der subtraktive Fertigungsprozess wesentlich länger als ursprünglich antizipiert dauerte. Innerhalb von acht Wochen wurden 464 individuelle Balken auf einer Fünf-Achs-CNC-Maschine gefräst und zu sechs Modulen zusammengebaut. Diese Module wurden auf zwei Tiefladern innerhalb eines Tages zum Aufbauort transportiert und innerhalb von zwei Tagen zu einem kompletten Gebäude zusammengebaut.

Architektonisches Konzept

Die Internationale Bauausstellung IBA Thüringen als Projektpartner hat eine neue Geschäftsstelle in Apolda in einem historischen Gebäude

des Architekten Egon Eiermann gefunden. An der Rückseite des historischen Gebäudes findet sich eine unbebaute Grünfläche mit landschaftlichen Qualitäten im Übergang zu Gärten



Abbildung 6: Fertig bearbeitete Vollholzbalken. Jeder Balken hat eine individuelle Nummer und wurde „just in sequence“ gefertigt.



Abbildung 7: Liegender Aufbau von insgesamt sechs Gebäudesegmenten, die jeweils ungefähr 1 m lang waren. Zwischen den Lagen wird Leinenstoff zur Abdichtung verwendet.

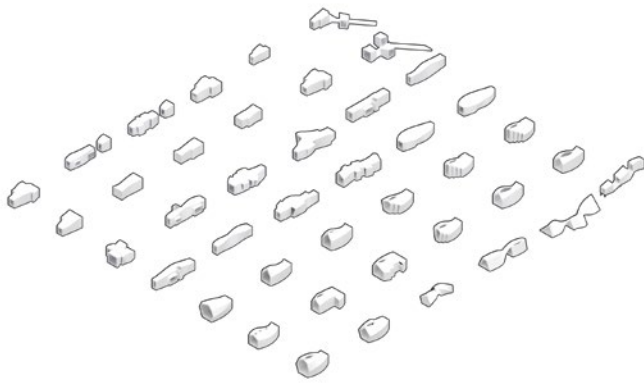


Abbildung 8:

Entwurfsvarianten, die mit dem Entwurfswerkzeug möglich sind und im Verlauf des Forschungsprojekts erzeugt wurden.

der Gebäude und einer Kleingartenanlage. Das Prototyp-Gebäude soll auf der leicht ansteigenden freien Fläche als architektonische Inszenierung des landschaftlichen Kontexts eingesetzt werden. Diese Inszenierung reflektiert die Aufgabenstellung der IBA Thüringen Stadt-Land: In dem landschaftlich geprägten und kleinteilig besiedelten Bundesland Thüringen ist Architektur immer im Spannungsfeld zu dem landschaftlichen Kontext zu denken.

Als eines der ersten voll parametrisch entworfenen und digital hergestellten Gebäude mit einer Vollholzkonstruktion stellt das Projekt einen wichtigen Schritt in der modernen Holzforschung dar. Vor allem die praxisnahe Evaluation der Entwurfs- und Fertigungsmethodik hat eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen zur Folge. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass Mono-Material-Konstruktionen durch intelligente Entwurfsprozesse und eine digitalisierte Fertigung effizient herstellbar sind und einen wesentlich höheren architektonischen Entwurfsspielraum erlauben. Dafür das Demonstratorgebäude benötigte hohe Genauigkeit hatte zunächst noch einen wesentlich höheren Fertigungsaufwand zur Folge. Dieser Unterschied könnte in einem weiteren Entwicklungsschritt mit einer generellen Überarbeitung des Produktionsablaufs stark reduziert werden. Das Forschungsprojekt kann insofern als erster Schritt für die Entwicklung eines neuen Bausystems angesehen werden.

Eckdaten

Hochdämmende und recycelbare Holz-Massivbauweise

Projektteam:

Universität Stuttgart,
Institut für Coputerbasiertes Entwerfen (ICD)
Prof. Achim Menges, Oliver Bucklin,
Oliver David Krieg

Jade Hochschule Oldenburg
Fachbereich Architektur
Vertretungsprofessur Hans Drexler

In Kooperation mit:

IBA – Internationale Bauausstellung
Thüringen

Projektunterstützung:

Thüringer Forst
Rettenmeier Holding AG
Serge Ferrari – Stamisol
Hoffmann GmbH
HolzWider GmbH

Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken

Agnes Kelm, Anica Meins-Becker, Matthias Kaufhold,
Bergische Universität Wuppertal

Zur Etablierung der Methode BIM und zur Förderung des digitalen Wandels wurde das gegenständliche Forschungsprojekt beantragt und durchgeführt. Insbesondere mangelte es zum Zeitpunkt der Antragstellung an Standards und einem einheitlichen Verständnis in Bezug auf den BIM-Prozess und damit einhergehender Veränderungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft.

Das Forschungsprojekt „BIM-basiertes Bauen im Prozess“ soll den Rahmen für ein längerfristiges Großprojekt spannen. Ziel dessen ist es, die Standardisierungsbestrebungen von Bauwerksdatenmodellen in allen Lebenszyklusphasen voranzutreiben. Dies wird bei gleichzeitiger Rechts- und Normkonformität dazu beitragen, die Transparenz in Bezug auf die Methode BIM für die am Immobilienlebenszyklus Beteiligten zu schaffen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine idealtypische Soll-Prozesskette unter Einsatz der BIM-Methode entlang des Lebenszyklus eines Bauwerkes entwickelt. Der standardisierte Lebenszyklus-Prozess soll konkret aufzeigen, welche Schritte zur Umsetzung von BIM-Projekten aus Sicht der Bauherrenschaft notwendig sind. Auf Grundlage dessen können Informations- und Kommunikationsschnittstellen identifiziert werden. Analysen verändern sich durch Leistungsanforderungen der Beteiligten und offene Fragen wie z.B. rechtliche Fragestellungen können weitergehend durchgeführt bzw. bearbeitet werden. Das Forschungsprojekt ist phasenübergreifend auf den gesamtheitlichen Bauwerkslebenszyklus ausgerichtet und betrachtet die Prozesse von der Projektentwicklung bis zum Rückbau einer Immobilie. In mehreren parallel stattfindenden sowie in Vorbereitung befindlichen Forschungs-

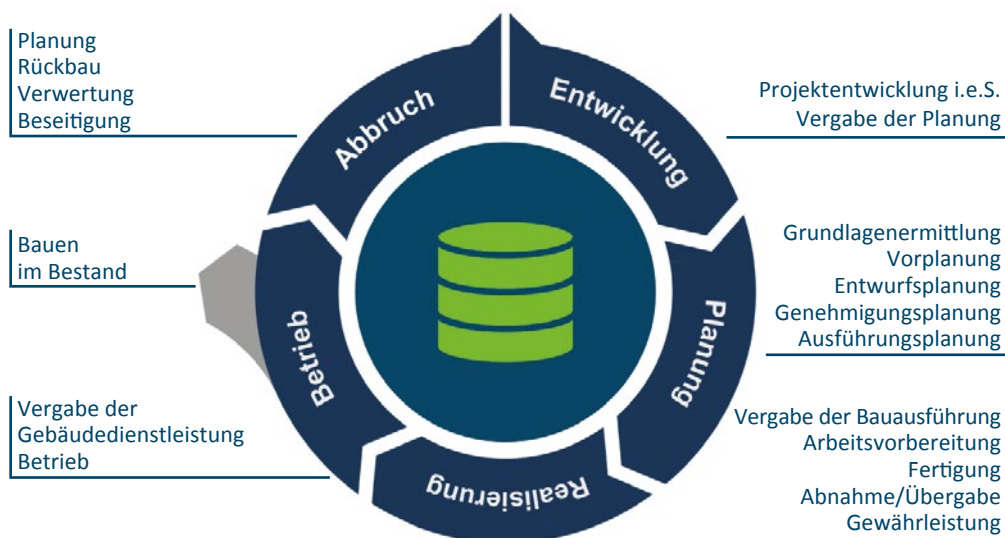


Abbildung 9: Bauwerkslebenszyklus

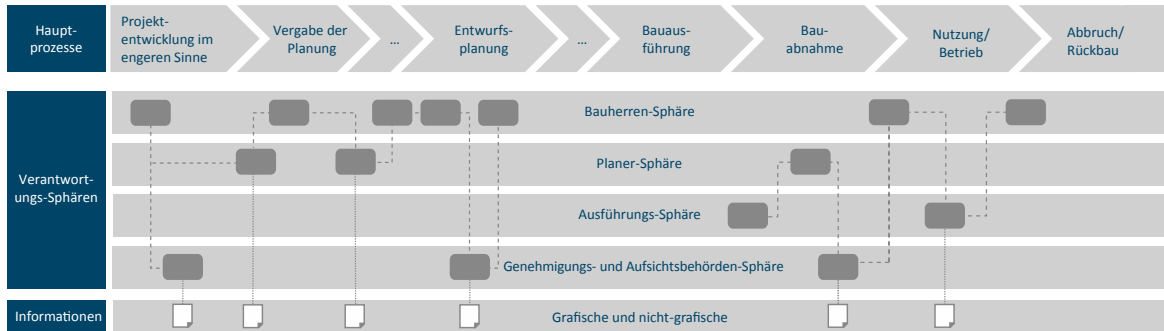


Abbildung 10: Prozessmodell mit Verantwortungssphären und Informationsbezug

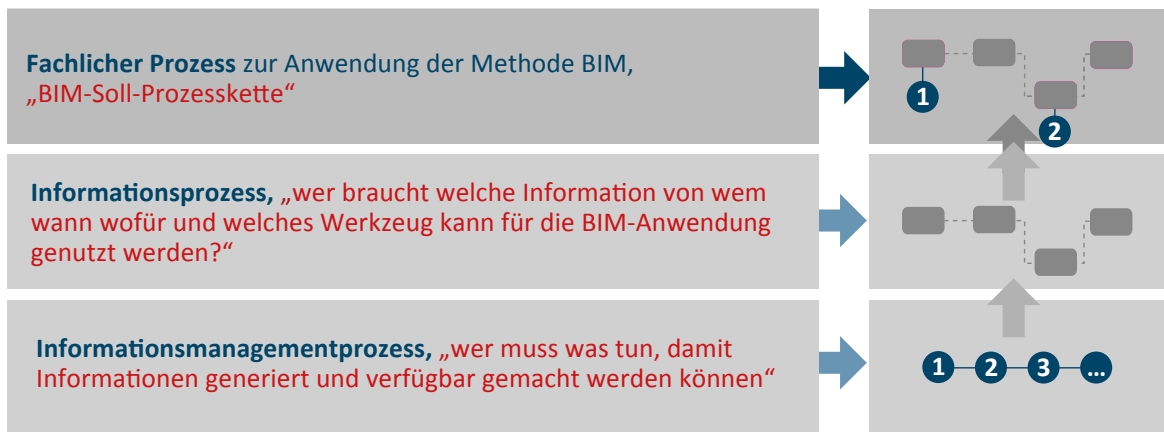


Abbildung 11: Beziehung zwischen fachlichem Prozess, inhaltlichem Informationsprozess und Informationsmanagementprozess

projekten der BUW werden darüber hinaus Teilabschnitte vertiefend betrachtet.

Im ersten Schritt erfolgte die Herleitung eines Prozessszenarios und die Entwicklung eines methodenunabhängigen, standardisierten Prozessablaufs. Betrachtet wurden hierbei die aus Sicht des Bauherrn wesentlichen Kommunikations- und Austauschschnittstellen mit den Projektbeteiligten in allen Lebenszyklusphasen eines Hochbauprojekts. Auf Grundlage von Literaturrecherchen und Experteninterviews wurde hierzu analysiert und festgelegt, wie die einzelnen Prozessschritte verlaufen und welcher Beteiligte wann welche Leistung und Informationen wem gegenüber erbringt bzw. zu liefern hat, um den Forderungen des Bauherrn nach einem erfolgreich errichteten und bewirtschafteten Bauwerk gerecht zu werden. Praxisunternehmen, Institutionen und weiteren Akteuren wird somit ein Überblick über die in Bezug auf den Informationsaustausch bestehende Situation vermittelt, sodass ein gemeinsames Verständnis der relevanten fachlichen Zusammenhänge gegeben ist. Eine Validierung der Prozesse erfolgte anhand der Durchführung

von Expertenworkshops. Hieraus entstand ein sogenannter Informationsprozess, der die Frage beantwortet: „Wer braucht welche Informationen von wem wann wofür?“

Des Weiteren wurde in Anlehnung an die ISO 19650 ein sogenannter Informationsmanagementprozess zur Anwendung der Methode BIM erstellt, der wiederum die Frage beantwortet: „Wer muss was tun, damit Informationen generiert und verlustfrei verfügbar gemacht werden können?“ Diese Entwicklung erfolgte einerseits durch die Analyse von BIM-Leitfäden, -Richtlinien, -Normen, die Beteiligung in verschiedenen Gremienarbeiten, andererseits auch durch die Begleitung von Praxisprojekten und Unterstützung von Unternehmen, die auf die Umsetzung von BIM-Projekten spezialisiert sind.

Im Anschluss erfolgte die Zuweisung des Informationsmanagementprozesses zum Informationsprozess. Aus der Zusammenführung beider Prozesse resultiert der BIM-Prozess. Die Umsetzung erfolgte durch Anwendung des Business Process Modelling und eines entwickelten Prozessmodells.

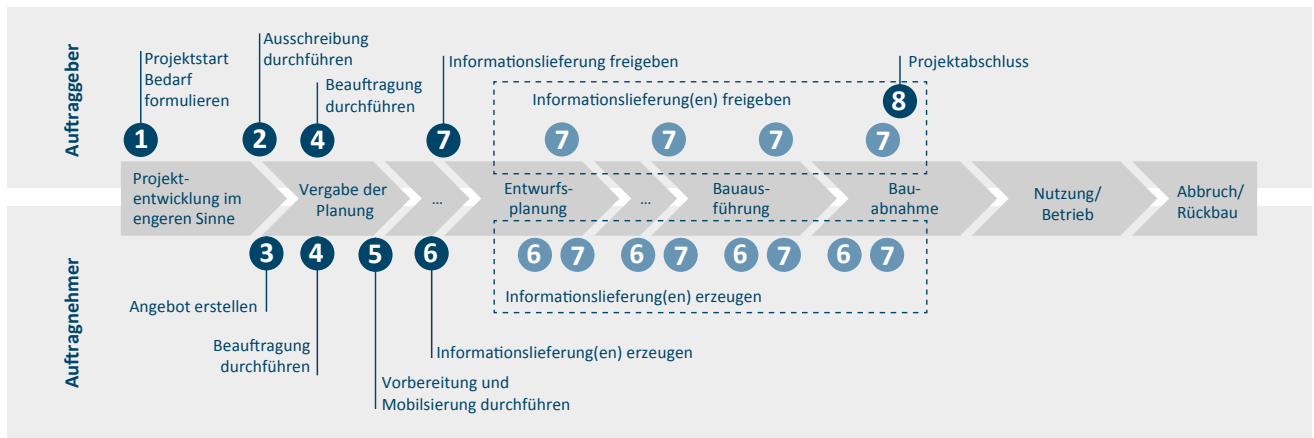


Abbildung 12: Übersicht Informationsmanagementprozess

Zur praxisnahen Umsetzung wurde basierend auf den Ergebnissen des analysierten BIM-Prozesses ein Bauherren-Leitfaden zur Anwendung der Methode BIM verfasst und eine Methodik zur Erzeugung von BIM-zielorientierten Abfragen als Vorbereitung für die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) entwickelt.

Darüber hinaus erfolgte die Durchführung einer Online-Umfrage zum „Status quo – digitales Planen, Bauen und Betreiben“ in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie auf der Grundlage einer Umfrage, die das Institut im Jahr 2011 durchgeführt hatte.

Eckdaten

BIM im Prozess

Forscher:

Bergische Universität Wuppertal
Lehr und Forschungsgebiet Baubetrieb
und Bauwirtschaft

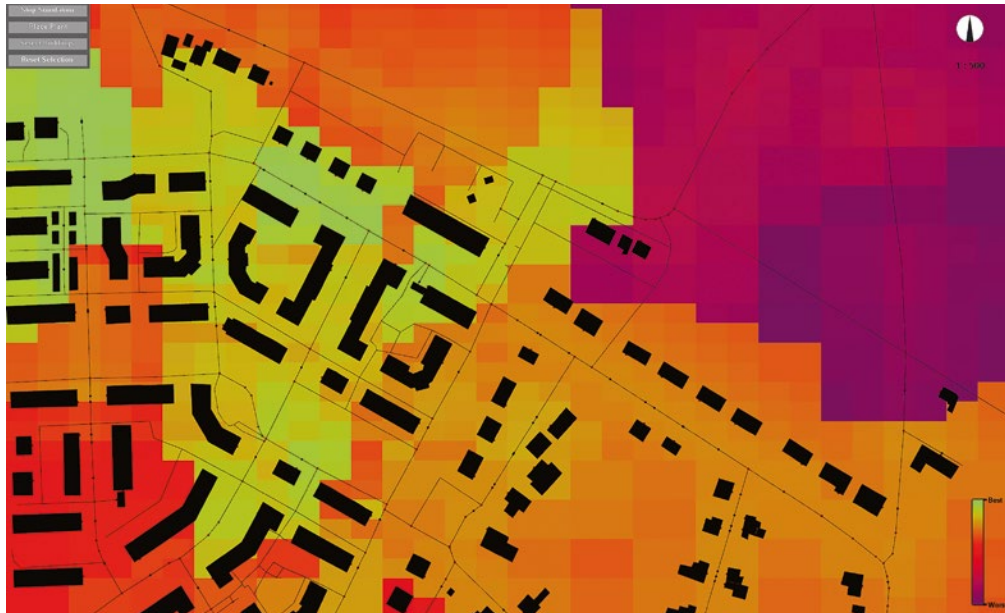
Prof. Manfred Helmus (Projektleiter),
Anica Meins-Becker, Agnes Kelm,
Mathias Kaufhold

CDP // Energy

Simulationsgestützte Entwurfsplanung im städtebaulichen Kontext unter Berücksichtigung energetischer und raumklimatischer Aspekte

Gerhard Schubert, Technische Universität München

Abbildung 13:
Analyse zur Identifikation
der günstigen Positionen zur
Platzierung der Heizzentrale



Energetische und raumklimatische Aspekte von Entwurfsentscheidungen werden heutzutage in städtebaulichen Planungsphasen nur ungenügend berücksichtigt. Die Ursachen hierfür finden sich in unzureichenden Bedien-schnittstellen wie auch Softwarelösungen. Zur Auflösung dieser Diskrepanz wurden Anforderungen an Analysemethoden zur energetischen Betrachtung in kreativen Planungsphasen untersucht – aufbauend hierauf wurden Lösungsansätze konzeptionell entwickelt und als Applikationen prototypisch umgesetzt.

Die Arbeit am Projekt erfolgte in einem interdisziplinären Team zwischen dem Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen (Prof. Thomas Auer) und dem Lehrstuhl für Architekturinformatik (Prof. Frank Petzold). Die Bearbeitung erfolgte in parallelen wie auch gekoppelten Arbeitsschritten: Die Wissenschaftler für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen erforschten Methoden zur Berechnung und Analyse relevanter energetischer und raumklimatischer Aspekte im Maßstab 1 : 500 auf deren Basis die Definition konzeptioneller Anforderungen an Berechnungsmodelle erfolgte. Das Team um Prof. Petzold fokussierte sich auf die computergestützte Implementie-

rung der aufgestellten Methoden auf Basis der bestehenden Form CDP // Collaborative Design Platform. Die CDP als Entwurfsplattform ermöglicht dem Planer wie gewohnt mittels Arbeitsmodellen und Handskizzen zu Entwerfen. In Echtzeit berechnete Analysen und Simulationen werden direkt im Modell angezeigt und erweitern den Ermessensspielraum des Nutzers um zusätzliche Entscheidungsebenen. Im Fokus der Forschung stand hierbei maßgeblich die Entwicklung effizienter, aber dennoch genauer Algorithmen wie auch geeigneter Anwendungs- und Visualisierungskonzepte. Die Arbeitsschritte untergliedern sich hierbei wie folgt:

1. Eruiierung relevanter Berechnungs- bzw. Simulationsmethoden

Am Anfang stand die Identifikation und Definition geeigneter Berechnungs- und Analysemodelle zur Untersuchung der Versorgungsmöglichkeiten mit Wärmenetzen und zur Ermittlung der Potenziale erneuerbarer Energien (Solar und oberflächennahe Geothermie) in frühen städtebaulichen Planungsphasen. Diese basieren auf der gebäudescharfen Ermittlung

des Wärmebedarfs und der erschließbaren solaren und geothermischen Energiemengen. Zusätzlich wurden geeignete Simulationsmethoden zur präziseren Analyse des thermischen Verhaltens und der Tageslichtverhältnisse innerhalb eines Gebäudes identifiziert. Die Herausforderung liegt hierbei maßgeblich in diesen Phasen nur vage und unscharf vorhandenen Daten. Es mussten somit Ansätze untersucht und Methoden entwickelt werden zur prognostizierenden Echtzeit-Vorhersage energetischer Aspekte und Auswirkungen unter Angabe unvollständiger Planungsinformationen.

2. Erweiterung der CDP // Collaborative Design Platform um zusätzliche Plugins

Unter Berücksichtigung der aufgestellten Berechnungsmodelle und Methoden erfolgte die Konzeption und Implementierung mehrerer Plugins auf Basis der bestehenden Entwurfsplattform CDP // Collaborative Design Platform. Der Fokus lag hierbei in der Umsetzung folgender Analysetools:

• Plugin zur Analyse der Versorgungsmöglichkeiten mit Wärmenetzen

Es wurde ein Plugin zur Analyse der Versorgungsmöglichkeiten mittels Fernwärmenetz konzipiert und prototypisch implementiert. Die Basis hierzu bildet die automatische, optimierte Trassenverlegung auf Basis des Straßen-/und Wegenetzes. Ausgehend hiervon erfolgt die Berechnung der Wärmeabnahme pro Meter Netztrasse je Trassensegment. Es wurden zwei unterschiedliche Methoden zur Analyse des Planungsgebietes implementiert. Methode 1 berechnet bei einer manuell platzierten Heizzentrale das Versorgungspotenzial im Netz. In Methode 2 erfolgt eine automatische Bewertung des gesamten Planungsgebietes für die Standortqualität der Heizzentrale.

• Plugin zur Berechnung und Analyse des Solarpotenzials

Das Plugin zur Berechnung des Solarpotenzials umfasst die analytische Untersuchung sämtlicher Gebäude im Planungsgebiet (existierende Bebauung wie auch Neuplanung). Aus der Berechnung der Solareinstrahlung auf den Dachflächen im Jahresverlauf unter Berücksichtigung der Verschattung wird die erzeugbare Strommenge aus Photovoltaik gebäudespezifisch ermittelt und dem möglichen Stromverbrauch gegenübergestellt.



Abbildung 14: Automatische Generierung und Bewertung des Wärmenetzes in Abhängigkeit von der Position der Heizzentrale (physisches Objekt auf der Tischoberfläche – rot markiert)

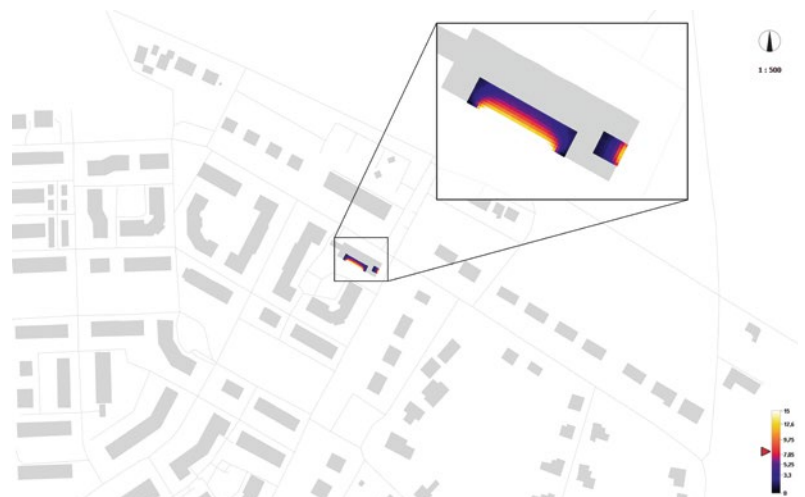


Abbildung 15: Tageslichtverfügbarkeit für einen ausgewählten Analyseraum inklusive Vergrößerung der Darstellung



Abbildung 16: Darstellung des durch solare Einstrahlung gedeckten Energieverbrauchs in Prozent; rot markierte Gebäude sind nicht Teil der Betrachtung.

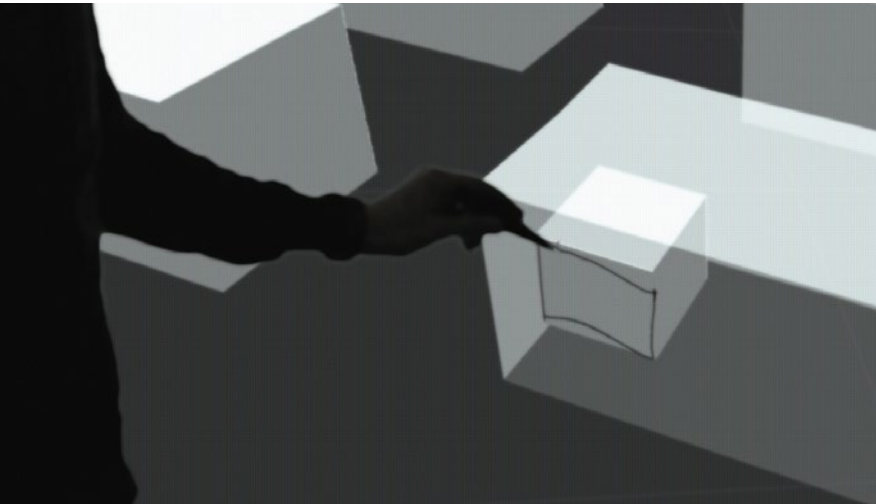


Abbildung 17:

Auswahl des Analyseraums – die Geometrie mit 6 m Raumtiefe wird direkt aus der Handskizze konstruiert, dem Gebäude zugeordnet und im 3-D-Modell positioniert und referenziert

• **Plugin zur Analyse des Potenzials aus oberflächennaher Geothermie**

Zur Abschätzung des Potenzials oberflächennaher Geothermie wurde das System um die Anbindung an WMS-Server erweitert. Dies ermöglicht die Darstellung relevanter Informationen in Form von zusätzlichen Kartenebenen. Zusätzlich wurde eine Methode zur gebäudespezifischen Berechnung des Wärmepotenzials aus oberflächennaher Geothermie konzeptionell erstellt.

• **Plugin zur Simulation des Tageslichts**

An der Schwelle zwischen Innen- und Außenraum ermöglicht dieses Plugin eine Tageslichtsimulation zur Ermittlung des Tageslichtquotienten für einen Analyseraum innerhalb des Gebäudes. Die Auswahl/das Markieren des Simulationsbereiches erfolgt über eine Handskizze, die Simulation wiederum mittels der Software Radiance. Die Eingabe wie auch Ausgabe findet direkt an der CDP statt.

• **Plugin zur thermischen Simulation**

Die Berechnung einer thermischen Simulation erfolgt ebenfalls über die Definition eines Analyseraumes via Handskizze. Im Rahmen des Projektes wurde die Methode zur Ermittlung des Energiebedarfs und der thermischen Komfortbedingungen definiert und eine erste Implementierung unter Einbindung der kommerziellen Software TRNSYS getestet.

3. Strategien zur Informationsvisualisierung und Berücksichtigung entsprechender Abstraktionsgrade

Die Einbettung der Analyseergebnisse in den Planungsprozess erfordert entsprechende Methoden der Informationsvisualisierung und der

Repräsentation der Simulationsergebnisse. Im Rahmen des Projektes wurden entsprechende Strategien für die einzelnen Plugins untersucht, konzipiert und im Rahmen der Plugins implementiert. Der Fokus lag hierbei maßgeblich auf der Darstellung der Ergebnisse in Echtzeit wie auch auf möglichen Darstellungsformen von Tendenzen widerspiegelnder Ergebnisse. Lösungsansätze hierfür fanden sich u. a. in der sukzessiven Detaillierung der Analyseverfahren wie auch transparenter, „gefadeter“ Übergänge.

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes CDP // ENERGY wurden Methoden zur energetischen Überprüfung von städtebaulichen Entwürfen in frühen Planungsphasen konzipiert, untersucht und prototypisch implementiert. Ausgehend von raumklimatischen bzw. energetischen Gesichtspunkten wurde eine Anforderungsanalyse für die Bereiche Fernwärmeversorgung, erneuerbare Energiepotenziale sowie Tageslicht- und thermische Simulationen auf Gebäudeebene erarbeitet. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen konnten im Rahmen des Projektes fünf Berechnungsmethoden erarbeitet werden. Die prototypische Implementierung für drei Methoden hiervon erfolgte auf Basis der bestehenden CDP // Collaborative Design Platform.

Das Projekt wurde u. a. mit freundlicher Unterstützung durch die Stiftung Bayerisches Baugewerbe und Euroboden GmbH durchgeführt.

Eckdaten

CDP // Energy

Forscher:

Technische Universität München
Lehrstuhl für Architekturinformatik
Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen, TU München

Prof. Frank Petzold,
Prof. Thomas Auer,
Gerhard Schubert (Projektleitung),
Cécile Bonnet, Ata Chokhachian,
Ivan Bratoev

Projektunterstützung:

Stiftung Bayerisches Baugewerbe
Euroboden GmbH

Zielgruppen- und prozessorientierte Untersuchung freier BIM-Werkzeuge

Prof. Petra von Both, Steffen Wallner, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

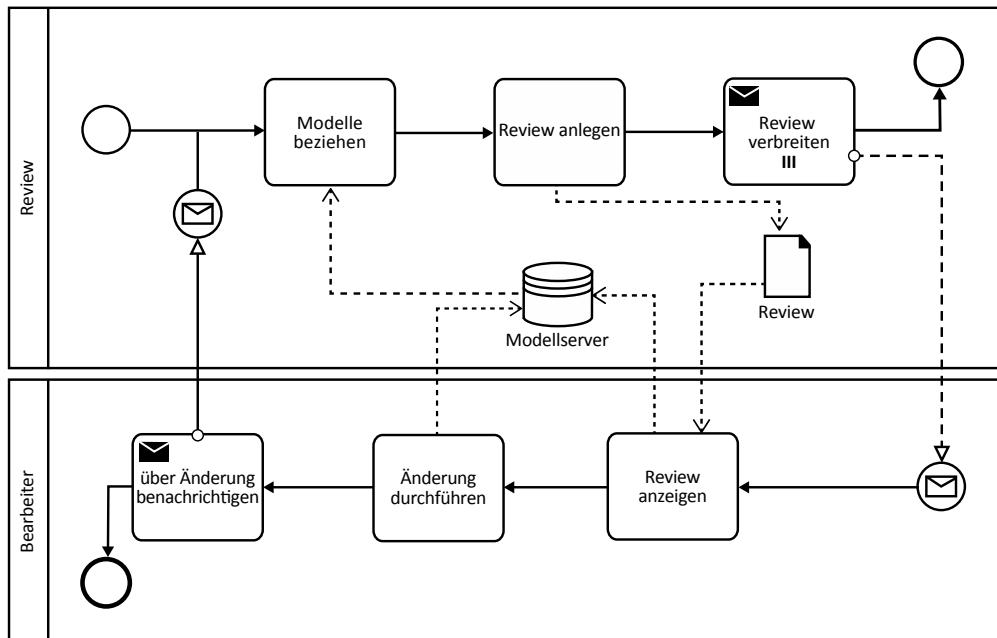


Abbildung 18: BPMN für Nutzungsszenario „Zusammenführen“

In Deutschland beschäftigen nach einer Strukturerhebung des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2016 ca. 90 % der Architektur- und Ingenieurbüros weniger als zehn Mitarbeiter. Studien belegen, dass die dort erwirtschafteten Überschüsse oft nicht ausreichen, um kosten-intensive BIM-Softwarelösungen von kommerziellen IT-Unternehmen zu nutzen. Auf der anderen Seite existieren verschiedene kostenfreie Tools die in Forschungs- und Community-Projekten sowie die von kommerzieller Seite aus entwickelt wurden. Hier mangelt es derzeit aber noch an einer systematischen Untersuchung und praxisbezogener Bewertung solcher Werkzeuge, um deren praxisbezogene Anwendbarkeit einschätzen zu können.

Die Identifizierung, prozessbezogene Analyse und Bewertung frei verfügbarer BIM-Tools ist Gegenstand des Forschungsvorhabens „BIM-Tools Overview“. Das Forschungsprojekt gliederte sich in folgende Arbeitsschritte:

- Identifizierung relevanter BIM-Prozesse und Entwicklung von Nutzungsszenarien
- Suche nach freien Tools und Ableiten von Softwareklassen
- Definition der Bewertungskriterien

- Testen und Bewerten der Tools
- Zuordnung zu den Nutzungsszenarien
- Aufbereiten der Ergebnisse für die Öffentlichkeit auf einer Website

Es zeigte sich, dass bei Weitem mehr Quellen durchsucht werden mussten, als freie Tools gefunden wurden. Während der Arbeitsvorbereitung wurde daher ein Wiki-System eingerichtet, wodurch redundante Suchen verhindert werden konnten.

Die BIM-Prozesse wie auch die Bewertungskriterien wurden basierend auf eigenen Kenntnissen sowie beziehend auf Prozessbeschreibungen in aktueller Literatur, wie BIM-Leitfäden und Normen, entwickelt. Ein in diesem Kontext wichtiges Dokument war die „Information Delivery Manual“-Methode. Obwohl aus dem Dokument zwar nicht direkt relevante Prozesse abgeleitet werden konnten, unterstreicht dass der Datenaustausch wesentlich für jeden BIM-Prozess ist. Andere Quellen wie der BIM-Leitfaden für Deutschland, der BIM-Referenzprozess sowie Veröffentlichungen diverser Autoren liefern Argumente für BIM, indem sie Potenziale und Zielsetzungen aufzeigen. Es fanden sich

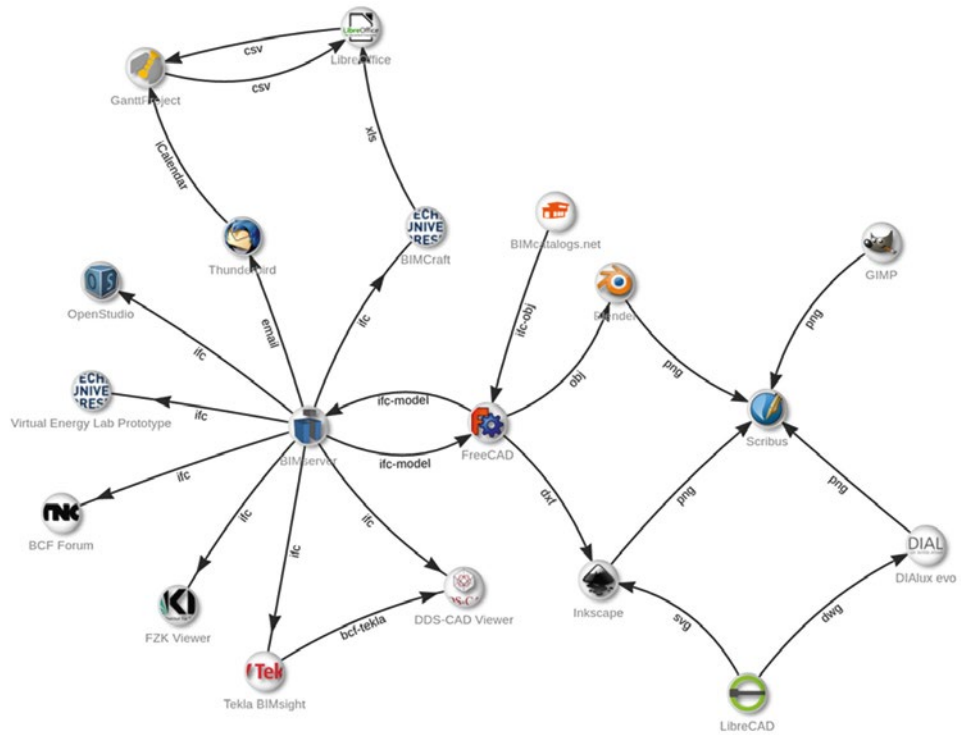


Abbildung 19: Gesamtprozess über Werkzeuginteraktion

dort jedoch keine praxistauglichen Nutzungsszenarien, die direkt auf die anvisierte Zielgruppe angewendet werden konnten. Basierend auf den Arbeiten von Hausknecht und Liebich wurden daher – auch unter Einbeziehung eigener Expertise – sechs Szenarien entwickelt und in der BPMN Notation formalisiert. Die Suche nach den Tools war im Wesentlichen online gestützt und bezog auch online verfügbare wissenschaftliche Publikationsdatenbanken mit ein. Für die Auswahl, Untersuchung und Bewertung

der gefundenen Tools wurden Kriterien hinsichtlich Funktionalität, Ergonomie und Zuverlässigkeit festgelegt. Zudem musste ein relevantes Tool:

1. kostenfrei zu beziehen und ohne Lizenzgebühren kommerziell zu nutzen sein
2. eine Registrierung zur Nutzung verlangen können
3. auf einem heutzutage gängigen Betriebssystem laufen

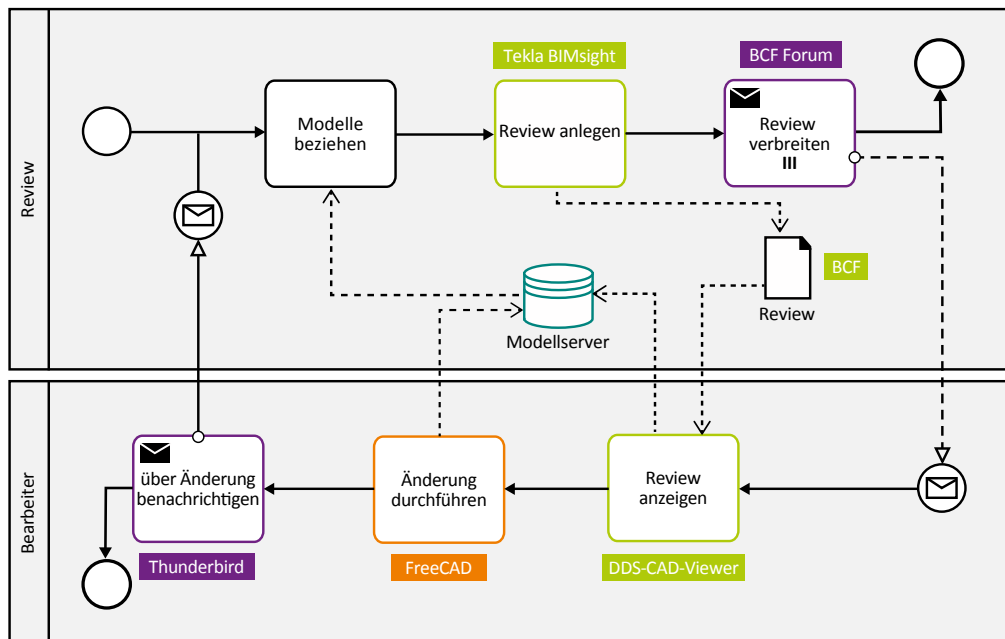


Abbildung 20: Nutzungsszenario mit eingeordneten Tools

Blender 2.77a



Dieses Open-Source Tool ist ein universaler Modellierer, um 3D-Inhalte zu erzeugen. Neben der umfangreichen Bearbeitung von Geometrie, ist es möglich, geskriptete und physikalische Animationen anzufertigen und diese fotorealistisch mit einer integrierten Engine zu rendern. Zusätzlich integriert das Tool eine Spiele-Engine, mit der interaktive Welten erzeugt werden können. Außerdem sind Werkzeuge zur Videobearbeitung und Objektverfolgung vorhanden.

Fluid Designer Website Sverchok

Konvertieren	Ja
IO	JPEG, PNG, TARGA, TIFF, AVI, MPEG, 3DS, DAE, DXF, OBJ, STL, VRML, X3D und weitere
Überlagern	Ja
Alternativen	Maya, Rhinoceros, Cinema 4D
Systeme	Linux, Mac, Windows
Stabilität	hoch
Architektur	Desktop
Lizenz	GNU GPL Version 3
Anlegen	Ja
Support	Ja
Editieren	Ja
Dokumentation	Ja (Manuell, Videos, Bücher)
Einrichtung	einfach
Erweiterbar	Add-ons, Python-Skripte
Share	Nein
Sprachen	Englisch
Kommunikation	Nein
Kommentieren	Nein
Visualisierung	Ja
Fachbereich	Design, Architektur, Animation
Aktivitäten	hoch
Mobil	Nein
Selektion	Ja
Kollisionsprüfung	Nein

Abbildung 21:
Screenshot des Steckbriefs von Blender

Modellierer Publish

Konzeption und Konstruktion

Im Vergleich zu anderen Tools enthält Blender eine sehr große Menge an Funktionen, Menüs und Untermenüs. Das ist dem universalen Ansatz des Tools geschuldet. Um Blender effektiv zu nutzen, bedient sich ein Nutzer genauso oft der Tastatur wie der Maus. Blender gibt keinen direkten Workflow vor, sondern bietet sehr umfassende Methoden zur Manipulation von 3D-Modellen an.

Das Tool weist zwar eine überdurchschnittliche Lernkurve auf, jedoch hilft der methodische und detaillierte Aufbau der Benutzeroberfläche, ein besseres Verständnis für Design- und Konstruktionsprozess in der Architektur zu erlangen (Dounas und Sigalas, 2009). Eine gute Handhabung ist eine Frage der Übung und des Wissens um Strategien, um mit den vielen Werkzeugen das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Mitunter sind bestimmte Vorstellungen mit Blender dann schneller umzusetzen, als mit den Modellierern, die eher der Architekturdomäne zugeordnet werden (de Dinechin, 2012).

Das *Modifier* Werkzeug erlaubt, parametrische Formen zu erzeugen. Da Blender in Python geschrieben ist und alle Funktionen in eigenständigen Skripten umgesetzt sind, ist ein Nutzer nicht nur auf die vorgegebenen Funktionen beschränkt, sondern kann Algorithmen und Funktionen selber schreiben. Hervorzuheben ist das Add-on *Sverchok*, welches die grafische Programmierung von parametrischer Geometrie erlaubt und damit dem Grasshopper Plugin des kommerziellen Rhinoceros 3D-Modellierer ähnelt.

Durch die große Anzahl an Funktionen zum Erzeugen von Geometrie, kann Blender gut in der frühen Phase der Konzeption als auch der Konstruktion eingesetzt werden. Blendens Austauschformate liefern allerdings keine für die Architekturdomäne relevante Semantik. In einem möglichen Workflow, kann Blender dennoch zum Modellieren der Geometrie eines Gebäudemodells genutzt werden. Danach würde über das OBJ-Dateiformat ein Export nach FreeCAD stattfinden, in dessen Architektur-Modul dann die notwendige Semantik für ein Gebäudemodell hinzugefügt und dieses als IFC exportiert werden kann.

Präsentation

Da mit Blender aus den 3D-Geometrien Videos, Animationen und Bildern hergestellt werden können, lässt es sich gut zum Erzeugen von Portfolios oder zur Entwurfspräsentation nutzen. Dabei sind zwei mögliche Workflows denkbar: Ein IFC-Gebäudemodell liegt vor und wird zum Beispiel mit FreeCAD über das Dateiformat OBJ nach Blender exportiert oder kann direkt mittels des IfcOpenShell Plugins für Blender in Blender importiert werden. Zudem kann die Geometrie in Blender selbst generiert werden. In beiden Fällen kann das Modell durch weitere Details (Billboards, Landschaftsobjekte, usw.) angereichert werden. Mit Hilfe des großen Umfangs an Funktionen zum Einstellen der Rendering-Engine werden individuelle, fotorealistische Darstellungen erzeugt. Diese können dann in einem Layout Tool wie Scribus zu einem Poster, Flyer, Magazin arrangiert werden.

Um fotorealistische Renderings zu erzeugen, kann die interne, auf Ray-Tracing basierende Engine mit Hilfe einer grafischen Programmiersprache konfiguriert werden. Für Objekte und Szenen werden dabei Elemente wie für einen Schaltplan auf einer 2D-Zeichenebene angeordnet und mit Kanten verbunden. Die Elemente entsprechen verschiedenen Shadern oder mathematischen Funktionen. In jedem Element können die Parameter des Shaders oder der Funktion eingestellt und Ergebnisse als Output-Parameter über die Kanten an andere Elemente weitergeben werden, die diese dann als Input-Parameter verwenden. Das Programmieren der Rendering-Pipeline bleibt eine anspruchsvolle Aufgabe, die jedoch durch das parallele Anzeigen einer Vorschau erleichtert wird. Durch die entstehende Feedbackschleife wird schnell verständlich, welche Einstellung gerade welche Auswirkungen hat.

Mit Blender4Web existiert ein Add-on, das es erlaubt, ein 3D-Modell, welches in Blender erzeugt oder nach einem Import nur angepasst wurde, auf einer Website zu veröffentlichen und interaktiv sowie Plugin-in frei im Browser anzuzeigen.

Einstieg

Die Komplexität von Blender resultiert nicht aus dem Schwierigkeitsgrad der Handhabung, um beispielsweise Szenen, Animationen und die Rendering-Pipeline zu modellieren, sondern aus seinem großen Funktionsumfang, der das Tool zum Teil unübersichtlich erscheinen lässt. Dank einer sehr aktiven Community gibt es jedoch eine ebenso große Menge an teilweise sehr guten YouTube Videos, die vollständig und auf verschiedenen Niveaus den Designprozess für das reine Modellieren von 3D-Szenen, über Animation und komplexe physikalische Simulation von Grund auf zeigen und erklären.

Tipps:

- Für den Austausch mit zum Beispiel FreeCAD ist die korrekte Verwendung von Längeneinheiten zu beachten.
- Video, das die Möglichkeiten des parametrisierten Entwerfens aufzeigt.
- Artikel zur Verwendung von Blender, um Physically Based Shading umzusetzen.
- Ein Tutorial, um ausgehend von einer Handskizze ein 3D-Modell eines Gebäudes zu erstellen und fotorealistisch zu rendern.
- Wiki, zur Nutzung von Blender in der Architektur. Neben Tutorials sind dort vor allem eine größere Menge von Texturen, Materialien, Modellen und Skripten zu finden, die frei nutzbar sind.
- Fluid Designer ist ein kostenfreies Tool auf Basis von Blender. Das Benutzerinterface wurde leicht vereinfacht und Bibliotheken für Materialien und Objekte wurden integriert. Das Tool implementiert keine spezielle BIM Funktion und zielt auf das einfachere Erstellen von Innenraumvisualisierungen ab.

Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030

Thorsten Klooster
Kennwert KW GmbH, Berlin

■ ■ *Digitalisierung im Bauen zeitigt den Widerspruch von Hightech (IoT, BIM) und Lowtech (das Bauen). Gebäude wandeln sich zu interaktiv physischen (Bau-)Systemen eigener Art, bestehend aus Hardware und Software in Beziehung zu einer Materialkomponente. 'It does offer one serious improvement ... offers better chances for mankind to map up its own rubbish.'* (Bruce Sterling) ■ ■

Nach diesen Kriterien konnten etwa 80 Tools identifiziert werden. Sie wurden 13 Softwareklassen zugeordnet und mit einer kurzen Beschreibung im Wiki-System hinterlegt. Aus dieser Menge wurden dann etwa 19 Tools in einer ersten Grobanalyse als praxistauglich ausgewählt und nach einem Kriterienkatalog detailliert bewertet.

Für die Auswahl dieser Tools spielte die Möglichkeit des Datenaustausches eine wesentliche Rolle. Ein Tool wurde nur dann detailliert bewertet, wenn es in irgendeiner Form einen sinnvollen Datenaustausch zu anderen freien Tools aufweist, da der größte Mehrwert der BIM-Methode in der Reduzierung von Mehrfacheingaben liegt. Die weiteren Kriterien beschreiben die Gebrauchstauglichkeit und Funktionalität der Tools. Insgesamt sind es 30 Kriterien, welche je nach Softwareklasse und Komplexitätsgrad differieren.

Es konnten generelle Aussagen zur Qualität der Tools von kommerziellen Anbietern, aus Forschungsprototypen und Community-Projekten gemacht werden. So fanden sich auf kommerzieller Seite hauptsächlich Viewer ohne Funktionen zur Modellanreicherung. Die Forschungsprototypen waren wider Erwarten unterrepräsentiert und selten funktionsfähig. Vor allem außerhalb des BIM-Kontextes war die Auswahl an Tools aus Community-Projekten sehr groß. Es konnten dort Tools identifiziert werden, die das Modellieren erlauben und eine gute Gebrauchstauglichkeit aufweisen.

Zur Aufbereitung der Ergebnisse auf der Website wurde ein Konzept entwickelt, das die formale Zuordnung der Tools zu den Nutzungsszenarien erlaubt. Die Form der Website war damit von den Inhalten getrennt und in drei Ansichten aufgeteilt: eine Willkommenseite, auf der die zugrunde liegende Motivation und eine kurze Beschreibung des Aufbaus der Website formuliert ist. Für jedes Nutzungsszenario wird zudem eine Beschreibung angezeigt sowie ein BPMN-Diagramm, mit dem die Tools per Hyperlink verknüpft sind. Zusätzlich wird auf Grundlage der Prozessbeschreibung ein idealisierter und ein unterstützter Prozess beschrieben. Für jedes Tool wird die Liste der Bewertungskriterien und ein ausführliches Review angezeigt.

Die hier gewonnenen Informationen über freie Tools sollen kleinen Unternehmen helfen, den Anschluss an die kostenintensive Einführung von BIM im Planungsprozess nicht zu verlieren. Es wurde erwartet, dass gerade Forschungsprototypen eine ergiebige Quelle für solche

Tools sind. Leider konnte dies nicht bestätigt werden, da die Tools entweder gar nicht verfügbar, nicht kommerziell nutzbar oder kaum gebrauchstauglich waren. Im Gegenzug zeigten gerade die Community-Projekte durch Transparenz und Maßnahmen zur Qualitätssicherung, dass freie Tools auch im Kontext von BIM-Prozessen umsetzbar und gebrauchstauglich sind. Die Ergebnisse sind auf der Website <https://bimtoolsoverview.building-lifecycle-management.de> veröffentlicht.

Eckdaten

BIM Tools Overview

Forscher:

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),
Fachgebiet Building Lifecycle
Management (BLM)
Prof. Petra von Both
Steffen Wallner (Projektleitung)

Plotbot/Crawler

Entwicklung eines neuartigen webbasierten und sensorgeführten Bewegungsautomaten für den Auftrag und die Erneuerung komplexer Schichtsysteme zur Funktionalisierung von Gebäudeoberflächen

Prof. Heike Klussmann, BAU KUNST ERFINDEN, Universität Kassel

Das Forschungsvorhaben Plotbot/Crawler zielt auf die Entwicklung eines webbasierten und sensorgeführten Bewegungsautomaten für Fassaden. Mit diesem mobilen Roboter sollen komplexe Schichtsysteme zur Funktionalisierung von Gebäudeoberflächen aufgebracht werden. Mittels einer konsistent verzahnten Werkzeug-Software-Logik werden Oberflächen von Bauelementen beliebiger Geometrie instantan angesteuert oder nach einer zuvor digital erstellten Bearbeitungssystematik beschichtet.

Mit der Entwicklung des Plotbot/Crawlers beantwortet das Forscherteam Fragen zum Thema Physical Computing im Bauwesen. Dies sind interaktive, physische Systeme, die auf die reale Welt einwirken und sich mit der Beziehung zwischen Mensch und der digitalen Welt befassen. Plotbot/Crawler, Database und

Gebäudeoberfläche bilden in exemplarischer Weise ein solches System. Es ist ein Verbund informatischer, softwaretechnischer Komponenten mit physisch-mechanischen und elektronischen Teilen, die über eine Dateninfrastruktur kommunizieren.

Mittels eines solchen Verbunds kann notwendige Automatisierungstechnik durch Verfahren der Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration, Selbstdiagnose und Kognition intelligenter werden und die Menschen in zunehmend komplexen Arbeits- und Lebenssituationen besser unterstützen. Die Entwicklung derartiger Systeme für das Bauwesen ist bislang wenig fortgeschritten. Sie ist aber von Interesse, weil sie z. B. im Hinblick auf die Erfordernisse einer nachhaltigen und wirtschaftlichen Umstrukturierung der Gebäudesubstanz (Effizienzhäuser)

Abbildung 22:
Plotbot/Crawler, Ausstellung
BAU 2017, Forschungsinitiative
Zukunft Bau



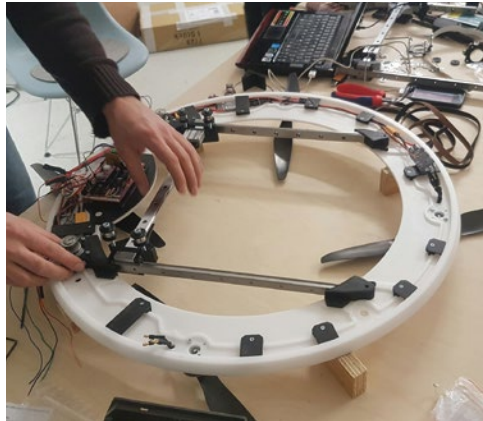


Abbildung 23: Plotbot/Crawler, mobile Basis, Konstruktion im Lab Bau Kunst Erfinden

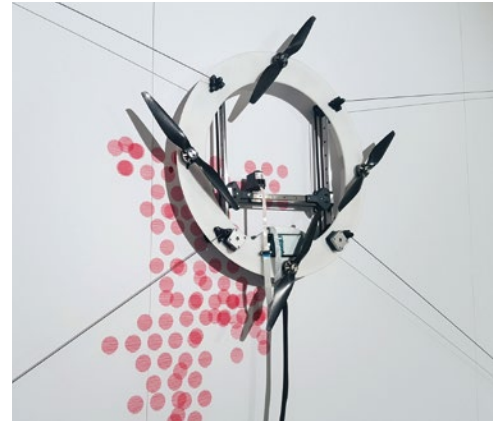


Abbildung 24: Plotbot/Crawler, mobile Basis an Testfläche

**Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030**



Anica Meins-Becker

Bergische Universität Wuppertal, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen

/// Es sind dynamische Zeiten für die Bau- und Immobilienwirtschaft, was Prognosen generell schwierig macht. Ich bin allerdings der Meinung, dass wichtige Themen wie nachhaltiges und ressourcenschonendes Bauen, die Digitalisierung der Prozesse und die Anwendung der Methode BIM bis 2030 weiter an Bedeutung gewinnen werden. ///

einen gleichermaßen konzeptuellen wie handlungsorientierten Ansatz bietet, für diesen Sektor die Potenziale einer technologieorientierten sowie flexiblen Produktion zu erschließen.

In Bezug auf die Positionier- und Wiederholgenauigkeit sowie den angestrebten möglichst flexiblen Einsatz des Plotbot/Crawlers an Fassaden unterschiedlicher Bauart, Oberfläche und Größe hat sich das Prinzip der seilgestützten Roboterführung als am besten geeignet herausgestellt. Zur Positionierung der mobilen Basis wird diese vertikal ausgerichtet an vier Seilen befestigt, die jeweils an den Eckpunkten der Fassade oben–links/oben–rechts/unten–links/unten–rechts bzw. der zu bearbeiteten Fläche verankert sind. Die Wege und Positionen sind über die Seillängen präzise steuerbar und werden durch Wind, Schlupf oder

andere mechanische Einflüsse nicht beeinträchtigt. Für die Aufnahme der Funktionswerkzeuge wurde ein H-Bot im Zentrum der mobilen Basis entwickelt. Dieses zweiachsige System dient zur Werkzeugaufnahme und gezielter Steuerung und Positionierung des Funktionswerkzeugs an der Wand.

Mit dem Aufbringen und der Erneuerung des DysCrete-Schichtsystems hat das Forschungsprojekt eine konkrete Anwendung als Aufgabenstellung. Bei DysCrete handelt es sich um einen farbstoffsensitiven energieerzeugenden Beton. Hierbei werden Funktionsschichten, die Licht nach den Prinzipien der technischen Photosynthese in elektrische Energie umwandeln können, auf die Betonoberfläche aufgetragen – wobei manche dauerhaft mit dem Beton verbunden sind, während andere in regelmäßigen zeitlichen Abständen erneuert werden, die den üblichen Renovierungszyklen für Fassadenanstriche entsprechen. Der Fassadenroboter Plotbot/Crawler eignet sich zum Auftragen dieser Funktionsschichten, lässt sich aber auch so modifizieren, dass er noch andere Funktionssysteme aufnehmen kann. Die Modifikation des Plotbot/Crawlers ermöglicht die Integration verschiedener und spezifischer Funktionssysteme in die gebaute Substanz über ein Druckverfahren. Als Beispiele für solche Funktionssysteme können u. a. gedruckte Sensorsysteme, Physical-Computing-Fassaden, Effektpigmentbeschichtungen, Fotobetonfassaden, mehrfarbige Gebäudegrafiken, Leitsysteme, lichtreflektierende oder nachleuchtende Oberflächen, dekorative Schichtsysteme sowie Versiegelungen gelten. Eine weitere Modifikation des Plotbot/Crawlers ist die In-situ-Nutzung als 3-D-Drucker. Diese Modifikation ist beispielsweise dazu geeignet, geometrisch komplex gebaute Substanz historischer Gebäude in situ zu erneuern (Sandstein- oder Ziegeldruck).

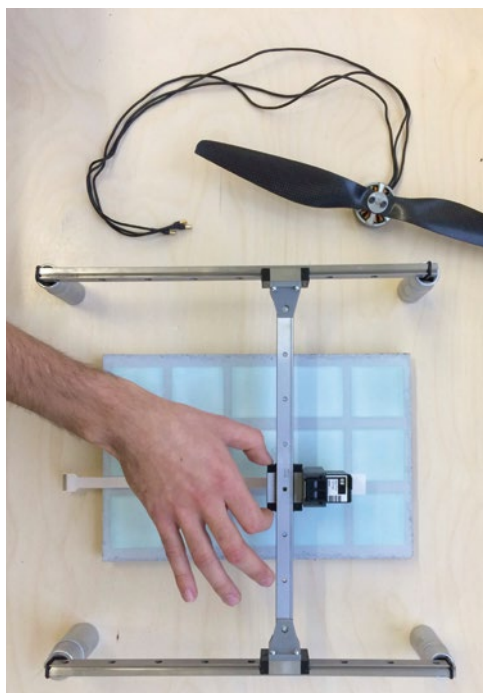


Abbildung 25: Plotbot/Crawler, H-Bot mit Sprüh-Druckkomponente

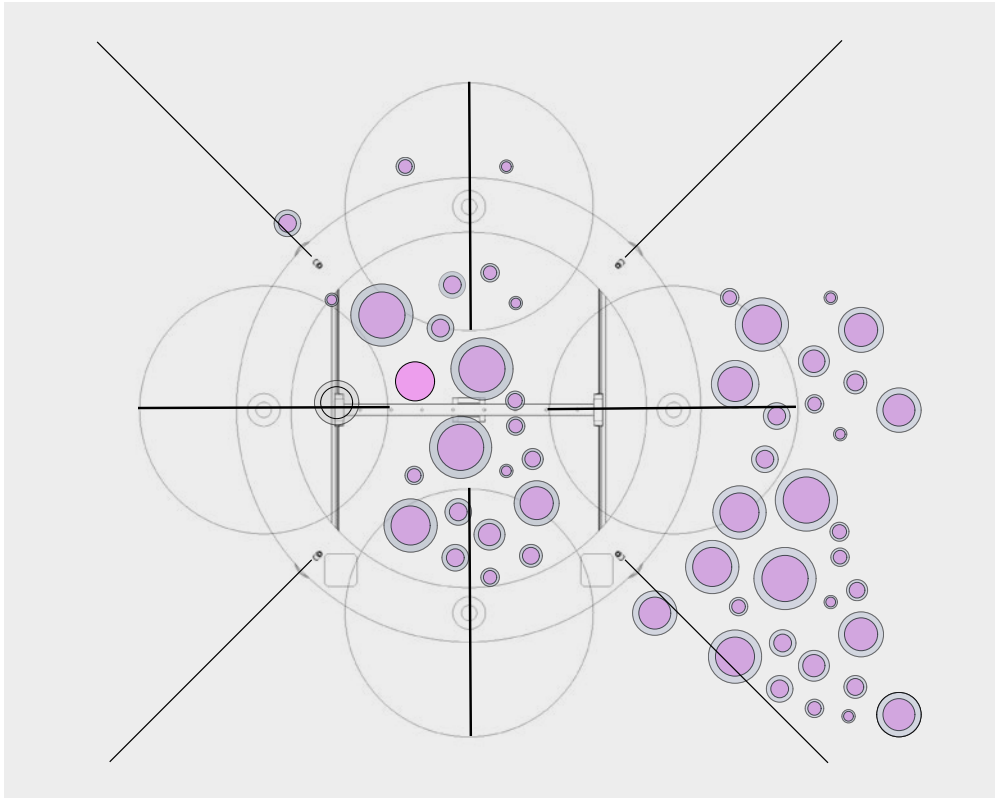


Abbildung 26:
Plotbot/Crawler, Zeichnung

Gesucht sind Lösungen, die einerseits diese Potenziale ausschöpfen und gleichzeitig die besonderen Erfordernisse des Bauwesens berücksichtigen. Das Forschungsvorhaben bietet in dieser Hinsicht einen eigenständigen und zugleich exemplarischen Ansatz. Neuartig und von Vorteil ist die additive Zusammenführung bzw. die eindeutige Schnittstellendefinition des Verbunds von „Hightech“ (Plotbot/Crawler) und „Lowtech“ (Fassadenelement).

Das System Plotbot/Crawler erfüllt die Anforderung, die sich aus der Analyse der Strategie Industrie 4.0 an Robotiksysteme ergeben. Das projektierte System ist vergleichsweise kompakt und mobil. Es nutzt in neuartiger Weise Sprüh- und Drucktechniken, denen aufgrund ihrer Effizienz und vielfältigen Anwendungspotenziale eine wachsende Bedeutung für die Materialforschung und das Bauwesen zukommt. Der Prototyp P2 wurde im Januar 2017 erstmals auf der BAU 2017 – Weltleitmesse für Architektur, Material und Systeme am Stand der Forschungsinitiative Zukunft Bau präsentiert und unter Realbedingungen getestet. Der Prototyp P3 wird im Februar 2018 auf der bautec Berlin gezeigt.

Eckdaten

Plotbot/Crawler

Forscher:

Forschungsplattform BAU KUNST
ERFINDEN, Universität Kassel,
www.baukunstfinden.org
Prof. Heike Klussmann
Thorsten Klooster (Projektleitung)
Roman Polster, Jan Juraschek
Nils Kühn, Christian Wagner

Projektunterstützung:

KENNWERT, www.kennwert.com

Digital Hut

Entwurf und Produktion eines „Minimalhaus-Prototyps“ unter Einsatz digitaler Technologien in der Entwicklung und Fertigung

Prof. Julian Krüger, Hochschule Wismar, Prof. Hans Sachs, Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Vor dem Hintergrund der rasanten Entwicklungen und Verbreitung digitaler Technologien sind wir in Zukunft mehr und mehr herausgefordert, gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Strategien neu zu formulieren. In zunehmend kürzeren Intervallen öffnen sich immer größere Spielräume für innovative Konzepte in der Interaktion von Menschen und Objekten, der intelligenten Automatisierung und Individualisierung in der Produktion. Ziel des Forschungsprojektes war der Entwurf und die Produktion eines „Minimalhaus-Prototyps“ unter Einsatz digitaler Technologien in der Entwicklung und Fertigung.

In dem mehrphasigen Projekt wurden digitale Produktionsmethoden eingesetzt, um ein variables und reduziertes Leichtbausystem zu entwickeln, das durch den Nutzer selbst ohne den Einsatz aufwendiger Werkzeuge konfiguriert (per App) und errichtet werden kann. Durch Einsatz innovativer Materialbearbeitung und Nutzung nachhaltiger Baustoffe in Kombination mit einem adaptiven Raumkonzept wurde insbesondere versucht, die Anforderungen einer mobilen und vernetzten Gesellschaft zu

erfüllen. Hierbei geht es vorwiegend um die Verbindung von (Software-)Schnittstellen: die Kollaboration der Nutzer (Prinzipien der „Open Innovation“ und „Mass Customisation“), die lokale, digitalisierte Fabrikation und die individuell angepasste Gestaltung/Produktion von hochwertigen Räumen.

Die Digital Hut ist ein experimenteller Baukasten für die digitale Gebäudeplanung. Das Bausystem befindet sich in einem permanenten Prozess der Verwandlung, da die Nutzer wichtiger Teil des Entwicklungsprozesses sind. Durch die hohe Adaptivität ergibt sich eine große Anzahl von Einsatzmöglichkeiten, wie z. B. die Nachverdichtung von ungenutzten Stadträumen oder auch der Einsatz für temporäre Bauten als Impulsgeber für nachhaltige und innovative Architektur.

Auf Basis verschiedener Testreihen im Bereich der Form-Programmierung bestimmter Halbzeug-Materialien wie Holzplatten und Kompositplatten wurden individualisierbare, einfach fügbare bzw. steckbare Konstruktionssysteme getestet und entwickelt. Diese adaptiven Konstruktionssysteme bilden den Kern für das Bausystem Digital Hut. Sie sind integraler Bestandteil der Prozesskette und bildeten die Basis für den parametrischen architektonischen Entwurf – ästhetisch wie konstruktiv.

Im Laufe des Projekts wurde zudem ein Storyboard entwickelt, das die digitale Prozesskette vom Kunden zum fertigen Gebäude beschreibt und dokumentiert. Es zeigt den Ablauf einer fiktiven Bauaufgabe in urbanem Kontext – vom 3-D-Scan der bestehenden Bebauung bis zum D.I.Y.-Zusammenbau des generierten, vorgefertigten Stecksystems vor Ort.

Durch die immer höhere Gewichtung digitaler Werkzeuge in sämtlichen Prozessen (welche die Abwicklung und Gestaltung unseres Alltags bestimmen) werden auch sämtliche Bauprozesse automatisiert, parametrisiert, d. h. flexibler und vor allem digitaler. In dem Konzept-Storyboard wird ein mögliches Szenario

Abbildung 27:

Holznotenpunkt M 1:1



beschrieben, wie das digitale Bausystem Digital Hut eingesetzt werden kann. Die Fallstudie zeigt eine Baulücke bzw. städtische „Leerstelle“, die exemplarisch bebaut bzw. nachverdichtet werden soll.

Das primäre Tragsystem des Digital Hut ist eine Konstruktion aus Holz, die aus Plattenmaterial CNC gefräst, geschnitten oder ausgelasert werden kann. Holz ist als nachwachsender, umweltverträglicher Rohstoff für ein nachhaltiges Bausystem besonders geeignet und bietet neben den ökologischen eine Vielzahl weiterer Vorteile wie z. B. die gute Verfügbarkeit, relativ geringe Kosten, die CNC-Bearbeitbarkeit und geringes Gewicht.

Von zentraler Bedeutung im Entwurfsprozess war die Entwicklung eines statisch bestimmten Holzknotenpunktes, der die Stabilität des Digital Hut gewährleisten kann und zudem einfach zu montieren ist. Eine wichtige Maßgabe war hierbei, dass die Verbindung der einzelnen Holzteile ohne zusätzliches Werkzeug und Verbindungsmaterial möglich ist, um einen einfachen und intuitiven Aufbau zu gewährleisten.

Der Prototyp des Digital Hut wurde als Fragment eines Gebäudes im Maßstab 1 : 1 konzipiert, welches auf dem Messestand des BBSR auf der BAU 2017 in München präsentiert wurde. Alle fundamentalen Komponenten (Dach/Wand/Boden/Öffnung) einer Behausung wurden exemplarisch durch den Prototyp gezeigt, um einen räumlichen Eindruck des digitalen Holzbausystems zu vermitteln.

Die Auflösung der Grenzen zwischen den Disziplinen Architektur, Design, Informationstechnologie, Management, Produktentwicklung sowie der Materialwissenschaft spielte bei der Entwicklung des Forschungsprojektes Digital Hut eine Schlüsselrolle.

Der realisierte 1 : 1-Prototyp und die beschriebene Prozesskette des Digital Hut zeigen einen grundlegenden Ansatz für die Entwicklung eines digitalen Bausystems, das unter dem Einsatz einer umfassenden Vernetzung und Automatisierung sämtlicher Entwicklungs- und Fertigungsprozesse die aktuelle Praxis der Entwicklung, des Baus und der Nutzung bzw. Steuerung eines Gebäudes von Grund auf infrage stellt und aus der Perspektive einer digitalen, intelligenten Steuerung der Prozesse konzeptionell neu entwickelt.



Abbildung 28: Gefaltete Schindeln aus Aluminiumkompositmaterial



Abbildung 29: Gelasertes Text-Modell M 1 : 20

Eckdaten

Digital Hut

Forscher:

Hochschule Wismar
Prof. Julian Krüger

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Prof. Hans Sachs

Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030**Sebastian Otto**Referat BI 1 – Allgemeine
Angelegenheiten des
Bauwesens,
Bundesministerium des
Innern, für Bau und Heimat

/// Die Digitalisierung hält in alle Prozesse des Planens und Bauens Einzug. Ein kooperatives Miteinander aller Beteiligten setzt sich immer mehr durch. Effizienzsteigerungen u. a. durch höhere Planungsqualität und weniger Medienbrüche werden sowohl in der Planung wie auf der Baustelle erzielt. ///

Entwicklung und Ausrichtung der BBSR-Forschung zur Digitalisierung und zu BIM

Sebastian Goitowski, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Die Digitalisierung hat sich in den letzten Jahren zu einem omnipräsenten Schwerpunkt für alle mit dem Bauen verknüpften Disziplinen entwickelt. Dieser Effekt ist u. a. der Popularität der Methodik BIM – Building Information Modeling geschuldet, die häufig als Synonym mit der Digitalisierung des Bauwesens gesetzt wird. Auch im wissenschaftlichen Bereich ist ein Anstieg der Forschungsaktivitäten messbar. Umso wichtiger ist die synergetische Verknüpfung dieser Aktivitäten für eine zielgerichtete Beforschung des digitalen Themenkomplexes.

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) als Ressortforschungseinrichtung des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) betreibt sowohl Eigenforschung als auch Forschungs- und Förderprogramme auf den Gebieten des Bauwesens sowie der Raum- und Stadtentwicklung. Die Beforschung von Bau Themen im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau zeigt in den letzten fünf Jahren ein stetiges Wachstum des Forschungsbedarfs auf dem Gebiet der Digitalisierung vor allem in Bezug auf BIM seitens der Praxis und zunehmende Forschungsaktivitäten durch wissenschaftliche Institutionen. Quantifizierbar ist dies vor allem mit dem Anstieg der Anzahl an Anträgen mit digitalem Hintergrund respektive BIM auf über 10% der eingegangenen Anträge je Antragsrunde. Auch die Anzahl der beauftragten Forschungsvorhaben durch das BMI für den öffentlichen Hochbau hat in diesem Bereich zugenommen.

So stehen beispielsweise die Etablierung digitaler Prozesse, Identifizierung der Potenziale durch die Anwendung von BIM, Datendurchgängigkeit und -austausch sowie die sinnvolle Unterstützung durch Softwarelösungen und -umgebungen verstärkt im Fokus.

Durch die Einbettung des BBSR in das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), das für die Abwicklung von Bundesbaumaßnahmen zuständig ist, findet eine enge Rückkopplung zwischen dieser Forschung mit dem in den Bauabteilungen vorhandenen Praxisbedarf statt. So werden derzeit die aktuellen BIM-Pilotprojekte des BMI durch Forschungsvorhaben des BBSR wissenschaftlich begleitet und unter den Gesichtspunkten von Planung, Ausführung und Betrieb ausgewertet. Zudem werden in weiteren Studien gezielt Anwendungsfälle untersucht, die sich schrittweise auf Grundlage des bauteilorientierten Ansatzes als digitale Teilprozesse integrieren lassen. Hierzu sollen sukzessive die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen werden. Darunter ist z. B. die Mengenermittlung und automatisierte Erstellung von Leistungsverzeichnissen anhand von Bauwerksinformationsmodellen zu nennen sowie die Nutzung der BIM-Methode für die Nachhaltigkeitsbetrachtung. Die Erkenntnisse dieser Forschungen fließen direkt in die laufenden und zukünftigen BIM-Pilotprojekte des BMI ein und können als Orientierung für andere öffentliche und nicht öffentliche Baumaßnahmen genutzt werden.



© georgjmicic - stock.adobe.com

Abbildung 30: Der Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Digitalisierung steigt stetig



© www.fotolia.com / Rawpixel Ltd.

Abbildung 31: Ziel des BIM-Dialogs: die Vernetzung von Forschungseinrichtungen und Praxis

Durch die Auftragsforschung im Zusammenspiel mit dem breiten Spektrum an Forschungsanträgen zum Thema Digitalisierung des Bauens steht der Forschungsinitiative Zukunft Bau das Potenzial für eine umfassende und zielgerichtete Beforschung der Digitalisierung und insbesondere BIM im Sinne des öffentlichen Hochbaus und des deutschen Bauwesens zur Verfügung. Zur effektiven Nutzung dieses Potenzials und der zielgerichteten Forschungs koordinierung wurde die Entwicklung eines Masterplans beauftragt.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung des Masterplans zur Unterstützung des BBSR bei der Forschungs koordinierung und die strategische Begleitung hinsichtlich seiner Ausrichtung in Fragen zu BIM und Digitalisierung. Zudem soll der Masterplan als Leitlinie für eine konsistente Beforschung der Digitalisierung seitens potenzieller Forschungsnehmer des BMI und BBSR dienen.

Die Grundlage für die Studie bildet die Betrachtung der bisherigen Forschung in Deutschland und ihrer Ergebnisse sowie die aktuellen Entwicklungen und Tendenzen hinsichtlich des kurz- und mittelfristigen Forschungsbedarfs in Deutschland. Hierzu wird ein wissenschaftlicher BIM-Dialog unter Federführung des BBSR etabliert. Dieser soll als regelmäßig stattfindende Veranstaltung zu einer verstärkten Vernetzung der Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit der Praxis zum Thema Digitalisierung und BIM führen, um so den Austausch von aktuellen Forschungsbedarfen, -vorhaben, -ergebnissen und -erfahrungen zu fördern und die Bildung eines gemeinsamen BIM-Verständnisses sowie die Verzahnung der Forschung zu unterstützen.

Der wissenschaftliche BIM-Dialog soll drei- bis viermal jährlich bis 2019 tagen und mit zum Teil wechselnden Experten zu verschiedenen Themenschwerpunkten besetzt werden. Erste Ergebnisse werden bereits als Orientierungshilfe für Antragsteller in kommenden Antragsrunden der Forschungsinitiative Zukunft Bau erwartet.

Für eine zielgerichtete, synergetische Beforschung des digitalen Themenkomplexes, die zu einer Reduzierung von Redundanz und somit effektiven Nutzung der Forschungsressourcen und -kapazitäten führt, ist die verstärkte Vernetzung der Akteure der Wissenschaft und der Baupraxis nach dem Vorbild des kollaborativen und kooperativen Ansatzes der BIM-Methode eine Chance, die wahrgenommen werden sollte. Der im Rahmen des Forschungsvorhabens „BIM-Masterplan“ stattfindende wissenschaftliche BIM-Dialog im BBSR bietet Interessierten eine mögliche Plattform, um sich am Austausch zur Forschungsausrichtung der Baudigitalisierung zu beteiligen.

Eckdaten

BIM Masterplan

Forscher:

Leibniz Universität Hannover,
Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Katharina Klemt-Albert
(Projektleitung)

eLCA – Neue Schnittstelle zur EnEV-Berechnung ergänzt den digitalen Workflow in der Gebäudeplanung

Stephan Rössig, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Neue digitale Schnittstelle schafft Synergien und reduziert den Aufwand für die Bestimmung der Umweltwirkungen eines Gebäudes erheblich.

Die Ökobilanzierung, auch Lebenszyklusanalyse genannt, ist das Instrument zur Ermittlung der globalen Umweltwirkungen (z. B. graue Energie) von Gebäuden. Im Gegensatz zu den klassischen Nachweisen werden hier zusätzlich die aus der Materialität resultierenden Umweltwirkungen in die Bilanzierung einbezogen.

Die Dateneingabe der detaillierten Bauteilaufbauten wurde in eLCA bereits sehr anwenderfreundlich realisiert. Jedoch muss fast jeder

am Projekt beteiligte Fachplaner das Gebäude für seine Planungsleistung neu erfassen, da die Durchgängigkeit in der Datenverarbeitung, wenn überhaupt, nur eingeschränkt gegeben ist. Die aktuelle Version von eLCA setzt genau an diesem Punkt an und integriert über eine neue Schnittstelle die Gebäudeökobilanzierung in den digitalen Workflow der Bauplanung. Sie ermöglicht nun die Weiterverarbeitung der bereits für den EnEV-Nachweis erfassten Daten als Grundlage für eine Gebäudeökobilanz. Diese Synergie reduziert den Arbeitsaufwand einer Gebäudeökobilanz erheblich. Nach der Entwicklung und Erprobung in einem Pilotprojekt mit der Firma BKI steht diese Möglichkeit des Datentransfers nun allen interessierten Softwareherstellern frei zur Verfügung.

Abbildung 32: eLCA Bauteilvorlage

Allgemein
LCC

Name*
EG Zweischalig / Kerndämmung

OZ

Beschreibung

Verbaute Menge* 140 Bezugsgröße* m²

Attribute

U-Wert R'w

BNB 4.1.4

Rückbau Trennung Verwertung

① Innenfarbe Dispersionsfarbe scheuerfest, 0,30mm
 ② Gipsputz (Gips), 20,00mm
 ③ Kalksandstein Mix, 240,00mm
 ④ Mineralwolle (Fassaden-Dämmung), 170,00mm
 ⑤ Vormauerziegel, 115,00mm

Speichern
Löschen
Als Vorlage
Vorschlagen

Verknüpfte Bauteilkomponenten (von innen nach außen)

Bauteilkomponente (opak)	Verbaute Menge	DIN 276	Bestand	Verschieben
1. Gips-Putz/Anstrich	140 m ²	336 Außenwandbekleidungen, innen	<input type="checkbox"/>	Bearbeiten Entfernen Löschen ⋮
2. Kalksandstein 24cm	140 m ²	331 Tragende Außenwände	<input type="checkbox"/>	Bearbeiten Entfernen Löschen ⋮
3. MW / Kerndämmung	140 m ²	335 Außenwandbekleidungen, außen	<input type="checkbox"/>	Bearbeiten Entfernen Löschen ⋮

Neue Bauteilkomponente hinzufügen

▼ Gesamteinsatz

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	2,1506E4	3,0085E-7	2,9124	30,1198	4,9073	2,5099E5	2,3435E5	0,0000	2,3435E5	1,6642E4	0,0000	1,6642E4	0,0796	2,2376E5
C3	262,5706	4,0755E-9	0,2642	1,8557	0,4629	5,4621E3	5,1037E3	0,0000	5,1037E3	358,3572	0,0000	358,3572	4,4833E-4	4,9601E3
C4	62,9222	1,0058E-9	0,0358	0,3817	0,0524	939,5405	855,3939	0,0000	855,3939	84,1465	0,0000	84,1465	2,3369E-5	821,1302
Instandhaltung	559,0653	2,5494E-8	0,2976	2,2019	0,1710	1,2993E4	1,2159E4	0,0000	1,2159E4	833,5597	0,0000	833,5597	3,3869E-3	1,1397E4
Gesamt	2,2391E4	3,3143E-7	3,5100	34,5592	5,5936	2,7038E5	2,5246E5	0,0000	2,5246E5	1,7918E4	0,0000	1,7918E4	0,0835	2,4094E5

Treppenassistent

Name*

Treppentyp
 Massivtreppe Wangentreppe Mittelholmtreppe

Abmessungen

Laufbreite* m Anzahl Stufen*

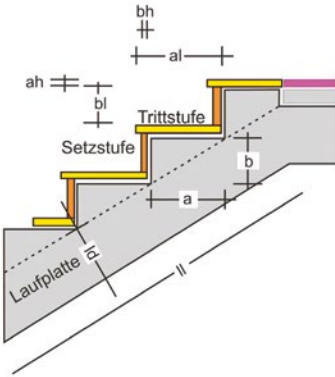
Schrittmaß cm Steigung* cm Auftritt* cm

Trittstufe
 Dicke* cm Tiefe* cm

Material*
[auswählen](#)

Setzstufe
 Dicke cm Höhe cm

Material
[auswählen](#)



Konstruktion Laufplatte

Dicke* cm	Länge m	Errechnete Länge m	
<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="0,35"/>	0,35	übernehmen

Material*	Anteil %
auswählen	<input type="text" value="100"/>
auswählen	<input type="text" value="0"/>

Abbildung 33: eLCA Bauteilas-
 sistent für das Modellieren von
 Treppen

Ökobilanzierung für Gebäude, Definition

Die Ökobilanz für Gebäude quantifiziert und qualifiziert die globalen Umweltwirkungen, die das Errichten und Nutzen eines Gebäudes über den Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren verursachen. Zu berücksichtigen ist der Einsatz, der für den Bau verwendeten Baustoffe sowie die in der Nutzung anfallenden Energiemengen bezogen auf den jeweiligen Energieträger. Hierbei sind diese Prozesse über den gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Instandhaltung, Nutzung und Entsorgung) in Abhängigkeit zur Nutzungsdauer abzubilden. Die erfassten Daten werden dann hinsichtlich der Nachhaltigkeitsaspekte analysiert, mit dem Ziel, eine gute Gebäudequalität mit möglichst geringen Belastungen für die Umwelt zu erreichen.

eLCA, Bauteile modellieren

Die Kernkomponente in eLCA bildet der sogenannte Bauteileditor. Der Bauteileditor ermöglicht dem Anwender die sehr einfache Erfassung aller Projektbauteile. Zur Kontrolle der Eingaben steht dem Anwender eine dynamische Grafik zur Verfügung. Diese Grafik zeigt das sich in der Bearbeitung befindliche Bauteil in einem eigenen Kontrollfenster an. Alle in einem Bauteil erfassten Materialschichten werden mit den dazugehörigen Materialstärken, mit Schraffur und Füllmuster maßstäblich abgebildet und ermöglicht so eine sofortige visuelle Kontrolle der Eingabe.

eLCA, Bauteilvorlagen

Um dem Nutzer den Einstieg in die Welt der Ökobilanzierung von Gebäuden so leicht wie möglich zu machen, hält eLCA eine Auswahl an vorgefertigten Bauteilen als sog. öffentliche Bauteilvorlagen vor. Diese Bauteilvorlagen können einfach in ein Projekt übernommen werden. Projektspezifische Anpassungen im Bauteilaufbau sind jederzeit einfach und nachvollziehbar möglich. Zusätzlich kann jeder Anwender die vorhandenen Bauteilvorlagen durch eigene Konstruktionen ergänzen.

eLCA, Variantenvergleich

Für die Optimierung eines Gebäudemodells steht dem Anwender ein Variantenvergleich zur Verfügung. Schnell können einzelne Materialschichten ausgetauscht und der daraus resultierende Einfluss auf das Gebäude analysiert werden.

eLCA, Assistenten

In der praktischen Anwendung hat sich gezeigt, dass es Bauteile gibt, die sich nicht so einfach modellieren lassen, wie man es von den Standardbauteilen gewohnt ist. Um auch diese Bauteile vollständig erfassen zu können, bietet eLCA spezielle Assistenten an, die den Nutzer bei der Erstellung unterstützen. Die notwendigen Materialinformationen werden in speziellen Formularen abgefragt und durch Beispiel-

Sichtweisen
 Bauen im Jahr 2030



Prof. Thomas Auer

Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen an der Fakultät für Architektur der Technischen Universität München (TUM)

/// Ein zunehmendes Aufladen von geometrischen mit semantischen Informationen und einer Integration logischer Verknüpfungen (Skripting) hat das Potenzial, Bauen stärker zu industrialisieren mit dem Ziel einer echten „mass customization“. Dies wird auch digitalen Produktionsprozessen Vor Schub leisten. ///

Benchmarks AUSWERTUNG

Bilanzierungszeitraum: 50 Jahre
 Bezugsfläche (NGF): 240 m²
 Hinweis: Diese Projektvariante enthält 1 Baustoffe mit einer abweichenden Nutzungsdauer.

Drucken PDF

Benchmarksystem
 BNB - BN_2015

Gesamt INKL. A1 - A3, B6, C3, C4

Indikator	Einheit	Gesamt / m ² _{NGF}	Zielwert	BNB Benchmark
GWP	kg CO ₂ -Äqv.	10,4599970865		100,00
ODP	kg R11-Äqv.	1,9764785309E-8		100,00
POCP	kg Ethen-Äqv.	3,8432551215E-3		100,00
AP	kg SO ₂ -Äqv.	0,0296325430		100,00
EP	kg PO ₄ -Äqv.	2,7782943158E-3		100,00
PE Ges.	kWh	46,914709645218		40,00
PENRT	kWh	36,084821998899		60,00
PERT	kWh	10,829887646319		6,62
KSB 1.2.1				100,00

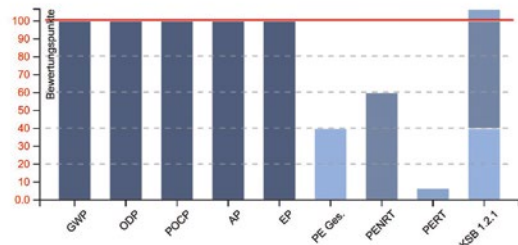


Abbildung 34: Einblendung der Richtwerte der relevanten deutschen Zertifizierungssysteme des Nachhaltigen Bauens als Vergleichsmaßstab

skizzen ergänzt. Aktuell bietet eLCA diese Assistenten für das Modellieren von Fenstern, Treppen, Stützen und Streifenfundamenten an.

Synergien nutzen, digitaler Workflow ergänzt

Viele der für eine Gebäudeökobilanz benötigten Daten (Wandaufbauten in Materialschichten mit den dazugehörigen Flächen) bilden auch die Grundlage des verpflichtenden EnEV-Nachweises und wurden in diesem Zusammenhang bereits erhoben. Um diesen Aufwand nicht erneut unter dem Aspekt der Ökobilanz betreiben zu müssen, wurde über eine Schnittstelle die weitere Verwendung dieser bereits erfassten Daten realisiert. Die für die EnEV-Berechnung erfassten Daten können so an die Ökobilanzierungssoftware eLCA übergeben werden und stehen unmittelbar zur weiteren Bearbeitung bzw. Auswertung zur Verfügung.

EnEV2eLCA

Nach einem initialen Projektimport ordnet eLCA die aus der EnEV-Berechnung übergebenen Materialdatensätze automatisch den entsprechenden Ökobilanzdatensätzen zu. Nicht automatisch zuordenbare Datensätze werden farblich hervorgehoben und sind komfortabel über den bekannten eLCA-Auswahldialog projektspezifisch zu ergänzen. Nach der erfolgten Materialzuweisung wird der abschließende Projektimport gestartet. eLCA erstellt auf Basis dieser Daten ein Projekt mit allen übergebenen Bauteilen der KG 300, den Haustechnikkomponenten der KG 400 sowie den Energiedaten für den Gebäudebetrieb.

Die Bauteile werden der bekannten eLCA-Struktur (in Anlehnung an die DIN 276) zuge-

ordnet und stehen dem Nutzer schichtengenau zur weiteren Bearbeitung bzw. Bewertung zur Verfügung. Die eLCA-Bauteilgrafiken werden automatisch erzeugt und dokumentieren anschaulich das Importergebnis. Alle weiterführenden Bearbeitungsschritte können, wie gewohnt, einfach und uneingeschränkt in dem eLCA-Modell durchgeführt werden. Sollten Bauteile über diesen Workflow nicht erfasst worden sein, können diese wie gewohnt, z.B. über die integrierten Bauteilvorlagen, ergänzt werden.

Einordnung der Ergebnisse, Benchmark

Die für ein Gebäude errechneten Ergebnisse sind für den ungeübten Anwender nicht einfach zu interpretieren. Um dem Nutzer dennoch eine schnelle Einordnung seiner Ergebnisse zu ermöglichen, können im eLCA die Richtwerte der relevanten deutschen Zertifizierungssysteme des nachhaltigen Bauens als Vergleichsmaßstab eingeblendet werden.

Mit dem hier vorgestellten Workflow wird die arbeitsaufwendige und komplexe Erstellung einer Gebäudelebenszyklusanalyse nochmals erheblich vereinfacht. Der zeitaufwendige Prozess der Zusammenstellung und Erfassung von Bauteilen mit den dazugehörigen Flächen konnte über die Weiterverwendung der bereits im EnEV-Nachweis vorhandenen Gebäudedaten erheblich reduziert werden.

Mit der Integration der Lebenszyklusanalyse in den digitalen Workflow der Gebäudeplanung unterstützt der Bund die Vereinfachung und weitere Verbreitung der Gebäudeökobilanz und Nachhaltigkeitsbewertung. Mit eLCA stellt der Bund allen interessierten Nutzern ein freizugängliches Ökobilanzierungstool für Gebäude zur Verfügung.

Initiative „Effizienzhaus Plus“ – 7 Jahre Plus!

Petra Alten

Projektleiterin der Initiative „Effizienzhaus Plus“ des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat

Bauen der Zukunft

Der verantwortungsvolle Umgang mit Ressourcen und der Schutz des Klimas ist eine zentrale gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Ein wichtiger Ansatzpunkt hierbei ist das Thema Energieeffizienz. In besonderer Verantwortung steht im aktuellen Umweltbericht der Vereinten Nationen der sich bis 2060 weltweit im Durchschnitt fast verdoppelnde Gebäudebereich. Es gilt, die hier bereits heute großen Einsparpotenziale beim Energieverbrauch (36 %) und bei den CO₂-Emissionen (39 %) auszuschöpfen.

Für Deutschland heißt das, Bauen der Zukunft neu zu denken: Die Schaffung bezahlbaren und klimagerechten Wohnraums ist eine

wichtige Grundlage für unseren gesellschaftlichen Zusammenhalt.

Gefragt sind praxisnahe Lösungen, mit denen wir dem wachsenden Energiebedarf und dem spürbaren Klimawandel begegnen. Das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat setzt im Rahmen seiner Initiative „Effizienzhaus Plus“ neue Akzente für Forschungs- und Entwicklungsthemen auf dem Gebiet des energieeffizienten Bauens. Untersucht wird, wie die Energieeffizienz und der Einsatz erneuerbarer Energien im Gebäudebereich weiter vorangebracht werden können. Dabei gelten weiterhin die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit, der Technologieoffenheit, der Vereinfachung sowie der Freiwilligkeit. Die anzustrebenden CO₂-Einsparungen werden auch auf Quartiersebene untersucht.

Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030



Petra Alten

Projektleiterin der Initiative „Effizienzhaus Plus“
Referat BWI 3 – Gebäude- und Anlagentechnik, technische Angelegenheiten im Bereich Energie und Bauen, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

Der Gebäudesektor steht vor einer Zeitenwende: vom Energie verbrauchenden zum Energie gewinnenden Gebäude. Die Initiative „Effizienzhaus Plus“ fordert, Bauen und Wohnen neu zu denken – ohne Verzicht auf Qualität: klimagerecht, energieeffizient, smart und bezahlbar!

Effizienzhaus Plus – es geht weiter!

mit dem Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen in Berlin, Fasanenstraße 87a

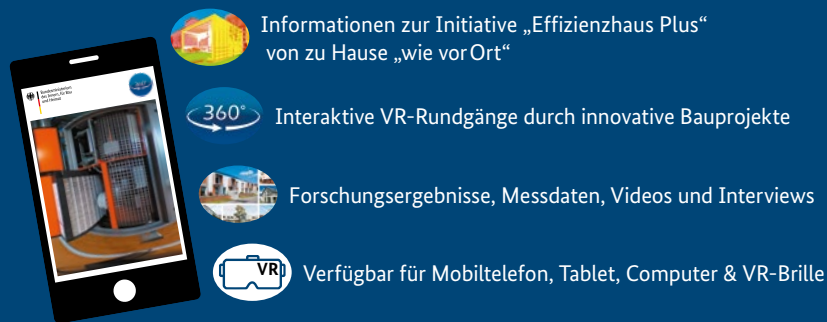


Mehr auf www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus und www.bauen-der-zukunft.de



Abbildung 35a: Zeitstrahl „Effizienzhaus Plus“

App „Effizienzhaus Plus“



Die App „Effizienzhaus Plus“ auf

www.bauen-der-zukunft.de/app



Abbildung 35b:
App „Effizienzhaus Plus“

Initiative „Effizienzhaus Plus“

Die Initiative „Effizienzhaus Plus“ verfolgt seit 2011 das Ziel, Gebäudestandards zu entwickeln, die den energetischen Anforderungen zukunfts-gerechten Bauens entsprechen. Ein „Effizienzhaus Plus“ erwirtschaftet mehr Energie, als es für seinen Betrieb benötigt. Es entspricht den energetischen Anforderungen zukunfts-gerechten Bauens. Da davon auszugehen ist, dass in Deutschland nicht alle Gebäude die gebäudebe-zogenen Klimaschutzziele 2050 erreichen werden, dient ein „Effizienzhaus Plus“ gleichzeitig auch als Kompensationsmaßnahme auf dem

Weg zur Klimaneutralität im Gebäudebereich ab 2050. Das Bundesbauministerium unter-stützt die Verbreitung dieses klimagerechten Gebäudestandards gezielt mit einer klaren De-finition des „Effizienzhaus Plus“-Gebäudestan-dards, mit Förderprogrammen sowie mit der kostenlosen Bereitstellung des „Effizienzhaus Plus“-Rechners zur standardisierten Bewer-tung eines „Effizienzhaus Plus“.

Abbildung 36:
Webinare aus dem Informa-tions- und Kompetenzzentrum

Webinare aus dem Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen (IKzB) in Berlin



Ortsunabhängig weiterbilden:
Kostenfreie Webinare zum energieeffizienten Bauen live aus dem IKzB in Berlin

Die Webinare vermitteln Fachwissen zu verschiedenen Themen des Bauens der Zukunft

Stellen Sie Ihre Fragen online direkt an die Expertinnen und Experten

Webinare live aus dem IKzB in Berlin auf

www.bauen-der-zukunft.de/webinare



Bauen der Zukunft neu denken

Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen (IKzB) in Berlin

Veranstaltungen zu Nachhaltigkeit, Digitalisierung, Elektromobilität ...
Wissenstransfer bauangewandter Forschung ...
Dialog zum Bauen der Zukunft ...
Kooperationspartnerschaften ...
Ausstellungen, Entdeckungstouren, Webinare ...
Netzwerk Effizienzhaus Plus ...
Vorträge und Führungen zum Effizienzhaus Plus ...



Mehr auf www.bauen-der-zukunft.de



Abbildung 37: Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen (IKzB)

Bundesmodellvorhaben „Effizienzhaus Plus“ in Berlin

Diese Unterstützung lohnt sich. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (JBP) prognostiziert bei einem 15 %-Marktanteil „Effizienzhaus Plus“ im Neu- und Altbau CO₂-Einsparpotenziale ab 2030 in Höhe von 6 Mio. t/a und ab 2050 bis zu 14 Mio. t/a.

Geleitet von diesen hoffnungsvollen Zahlen, läuft die Initiative „Effizienzhaus Plus“, die Frau Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel 2011 ins Leben rief, auch in den nächsten Jahren weiter. Vor sieben Jahren legte sie mit der Eröffnung des ersten bundeseigenen „Effizienzhaus Plus“-Forschungs- und Modellvorhaben in Berlin den Grundstein für die Erforschung dieser innovativen Gebäudegeneration.

Dabei wurde der Standort des ersten „Effizienzhaus Plus“-Prototypen gut gewählt. Es handelt sich um den ursprünglichen Gründungsstandort der Technischen Universität Berlin an der heutigen Wissenschaftsachse Berlin City West. Inzwischen überprüften zwei Testfamilien das mit dem Goldstandard nach dem Bundesbewertungssystem „Nachhaltiges Bauen“ zertifizierte Modellvorhaben auf seine Praxistauglichkeit. Wissenschaftlich begleitet durch das JBP und das Berliner Institut für Sozialforschung bewies das Gebäude in diesen Zeiten, dass es alle gestellten Anforderungen erfüllt. Ohne

Verzicht auf Ästhetik und Lebensqualität zeigte das Haus beispielhaft, dass es mehr ist: innovatives Kleinkraftwerk, intelligenter Energiemanager, 24-Stunden-Tankstelle, wertvolles Resourcendepot und attraktive Wohlfühloase. Neben den Testfamilien besuchten über 30.000 Interessierte das Leuchtturmmodell der Zukunft.

Netzwerk „Effizienzhaus Plus“

Aus dem Leuchtturmprojekt des Bundes in Berlin erwächst seit 2011 das Netzwerk „Effizienzhaus Plus“. Es bündelt die durch den Bund geförderten „Effizienzhaus Plus“-Modellvorhaben im Wohnungsbau, im Bildungsbau, im Quartier und im Ausland wie z. B. in Japan oder Tschechien. Es vermittelt umfassend Erkenntnisse zu diesem Gebäudestandard über eine Internetseite und einen Newsletter und bietet über 150 Partnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Planung sowie Handwerk einen zeitnahen Wissensaustausch. Das Netzwerk wirbt mit einer Vielfalt von zum Teil prämierten baulichen Konzepten und zeigt, dass Energieeffizienz und anspruchsvolle Baukultur keinen Widerspruch darstellen müssen. Es bietet auch Erkenntnisse aus weiteren Begleitforschungsvorhaben zum Bauen im „Effizienzhaus Plus“-Standard des Bundesbauministeriums an.

Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen

Anhaltend hohe Nachfragen nach Informationen zum „Effizienzhaus Plus“-Standard und nach Besichtigungsmöglichkeiten dieser neuen Gebäudegeneration erforderten vom Netzwerk einen festen baulichen Standort. Ab 2017 wurde der Bundesprototyp in Berlin in ein „Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen“ umgebaut. In den nächsten Jahren besitzt das Netzwerk somit eine gebaute Dialog- und Informationsplattform in einem „Baudenkmal“ der „Effizienzhaus Plus“-Häuser. Diese Stelle soll als Thinktank verstärkt zur Diskussion über nachhaltiges, klimagerechtes Bauen anregen. Mit zeitgerechten Formaten (z. B. „Effizienzhaus Plus“-App, Webinare) erfolgt von hier aus der analoge und digitale wissenschaftlich fundierte Informationstransfer.

Das barrierefreie, zweigeschossige Gebäude steht mit 130 m² auf zwei Gebäudeebenen, einem überdachten Vorbereich mit Lademöglichkeiten für Elektromobile (Auto, Fahrrad) und einem großzügigen Gartenbereich mit Terrasse sowohl für bundeseigene als auch für externe Veranstaltungen zur Verfügung. Das voll möblierte und mit Konferenztechnik ausgestattete Gebäude ermöglicht ein buntes Veranstaltungsangebot mit Einblicken in die Bauforschungsinitiativen „Effizienzhaus Plus“ und „Zukunft Bau“. Ergänzend erwarten Interessierte Führungen, Tagungen, Ausstellungen und Veranstaltungen sowie Webinare zum zukunftsgerechten Bauen.

Im Auftrag des Bundesbauministeriums ist das Team der ZEBAU GmbH mit der Programmgestaltung und Betreuung des „Informations- und Kompetenzzentrums für zukunftsgerechtes Bauen“ beauftragt. Das erste „Effizienzhaus Plus“ des Bundes lädt ein, sich aktiv am Wandel des Gebäudebereiches zu beteiligen und die notwendige Anpassung an die Klimaneutralität ab 2050 im Gebäudebereich mitzugestalten.

Informationsangebote im Internet

www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/

www.bauen-der-zukunft.de

Informations- und Kompetenzzentrum für zukunftsgerechtes Bauen

Adresse:

Fasanenstraße 87a
10623 Berlin

Öffnungszeiten:

donnerstags und samstags
von 13.00 bis 18.00 Uhr

Bitte beachten Sie geänderte
Öffnungszeiten an Feiertagen.

Anreise mit öffentlichen

Nahverkehrsmitteln in Berlin:

Station Zoologischer Garten
(Bahnlinien: U2, U9, S5, S7, S9, S75)

Weitere Informationen unter:

www.bauen-der-zukunft.de
www.zebau.de/projekte/bauen-der-zukunft.de
effizienzhaus@zebau.de, Tel. 040 380384-0
www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/dialog-zum-bauen-der-zukunft/

Bildungsbauten im „Effizienzhaus Plus“-Standard

Arnd Rose, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Bildungsbauten, die die Anforderungen des „Effizienzhaus Plus“-Standards erfüllen, gehören zu den energieeffizientesten Gebäuden überhaupt. Im Rahmen des Förderprogramms „Bildungsbauten im „Effizienzhaus Plus“-Standard“ wird bis 2022 in elf (Teil-)Projekten untersucht, wie das Ziel der positiven Energiebilanz in der Praxis umgesetzt werden kann und welche Erkenntnisse sich aus diesen Pilotprojekten für die Planung zukünftiger Bildungsbauten ableiten lassen.

Insgesamt sieben Bauherren stellen sich der Herausforderung, einen Bildungsbau zu realisieren, der jahresweise bilanziert mehr Energie produziert, als für Betrieb und Nutzung erforderlich ist. Die Bandbreite der Bauaufgaben ist dabei groß und reicht vom Erweiterungsbau einer Grundschule in Giebelstadt bei Würzburg bis zum Neubau eines kompletten Fakultätsgebäudes für die Hochschule Ulm. Neben einem weiteren Forschungs- und Seminargebäude (Hochschule Ansbach, Campus Feuchtwangen) nehmen zwei berufliche Schulzentren (Hockenheim und Mühlendorf am Inn) und zwei Gymnasien (Kaufbeuren und Neutraubling) am Förderprogramm teil. Die beiden Gymnasien haben dabei die Besonderheit, dass in einem ersten Schritt zunächst ein Erweiterungsbau errichtet wird und im Anschluss daran die Bestandsgebäude aus den 1970er-Jahren im „Effizienzhaus Plus“-Standard saniert werden. Für alle Projekte ist nach Baufertigstellung ein 24-monatiges technisches Monitoring vorgesehen, um den Betrieb der Gebäude zu optimieren und das Erreichen der energetischen Ziele zu überprüfen.

Gebäudekubaturen

Die wichtigsten Weichenstellungen für die energetische Performance eines Gebäudes erfolgen bereits während des Entwurfs. Die beiden klassischen Parameter Ausrichtung und Kompaktheit sind für Bildungsbauten dabei von unterschiedlicher Bedeutung. Da ein niedriges Verhältnis der Gebäudehüllfläche zu dessen Volumen den Heizwärmebedarf verringert, wurden die Neubauten im Förderprogramm grundsätzlich deutlich kompakter entworfen als die entsprechende Altbebauung. Sechs von sieben Objekten verfügen über Flachdächer, die nahezu vollflächig für

energieerzeugende Anlagen genutzt werden. Eine Südorientierung der verglasten Flächen, wie sie bei Wohnbauten sinnvoll ist, kann bei Bildungsbauten nicht im gleichen Maße als Entwurfsgrundsatz gelten. Insbesondere für Klassenräume sind Blendschutz und die Vermeidung sommerlicher Überhitzung wichtige Aspekte, die die mögliche Nutzung solarer Wärmeeinträge begrenzen.



Hochwertige Gebäudehüllen

Alle Projekte setzen auf hochwärmedämmende Gebäudehüllen. Neben der Verwendung von Bauteilen mit niedrigen U-Werten wird darauf geachtet, Wärmebrücken soweit wie möglich zu vermeiden. In Kaufbeuren und Ulm sollen für die vorgehängten hinterlüfteten Fassaden z. B. Abstandhalter aus GfK eingesetzt werden. Neue Fassaden erhalten auch die beiden zu sanierenden Altbauten. Kompromisse müssen hier lediglich im Bereich der Bodenplatten eingegangen werden, da für den Bestand nur eine innenseitige Dämmung infrage kommt.

Anlagentechnik

Für die Wärmeversorgung nutzen alle Projekte Wärmepumpen zur Deckung der Grundlast, wobei durchaus sehr unterschiedliche Konzepte für deren Auslegung und Betrieb verfolgt werden. Grundsätzlich lässt sich unterscheiden zwischen zentralen Systemen mit hoher

Abbildung 38:

Die im Oktober 2017 offiziell eingeweihte Luise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim ist der erste fertiggestellte Bildungsbau im Förderprogramm.



Abbildung 39: Führung durch die Wärmезentrale der Luise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim während der Einweihung am 13. Oktober 2017.

Leistung und kleineren dezentralen, miteinander verschalteten Wärmepumpenanlagen. Wo immer es möglich ist, wird auf lokale Ressourcen zurückgegriffen. Die reversiblen Wärmepumpen der in Flussnähe gelegenen Schulen in Neutraubling und Mühlendorf am Inn z. B. nutzen Grundwasser nicht nur als Wärmequelle, sondern auch für die Kühlung im Sommer. Die Abdeckung von Spitzenlasten erfolgt teilweise über Nah- bzw. Fernwärmeanschlüsse.

Alle Projekte verfügen über kontrollierte Lüftungsanlagen. Bei drei Schulen (Kaufbeuren, Neutraubling und Giebelstadt) werden die dezentralen Lüftungsgeräte mit Deckensegeln zur Heizung/Kühlung hydraulisch verschaltet. Hierdurch entsteht ein neuartiges System, das mit nur einer raumweisen, in der Lüftungsanlage bereits integrierten Regelung auskommt.

Nutzerstrom

Für „Effizienzhaus Plus“-Bildungsbauten wird per Definition in der Berechnung der Energiebilanz zusätzlich zu den nach EnEV bilanzierten Stromverbräuchen ein pauschaler Wert von 10 kWh/m²a Endenergie (bzw. 15 kWh/m²a falls nicht ausschließlich hochenergieeffiziente Geräte verwendet werden) für den Nutzerstrom angesetzt. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Nutzungen und Ausstattungen der Projekte im Förderprogramm wurde im Vorfeld anhand der Anschlussleistungen aller Geräte für einige Gebäude der Nutzerstromverbrauch detailliert prognostiziert. Für den Hochschulneubau in Ulm, der mit den Fakultäten für Elektro- und Informationstechnik sehr energieintensive Nutzungen beherbergt, ergab die

Berechnung einen Ansatz von 16 kWh/m²a. Für die Schulbauten liegen die Prognosen im Bereich von 10 kWh/m²a. Wie sich die einzelnen Verbrauchsanteile (insbesondere der Schulküchen) in der Praxis zusammensetzen, wird Teil der Auswertung des Monitorings sein.

Energieerzeugung

Alle Gebäude im Förderprogramm nutzen großflächige Photovoltaikanlagen (PV) zur Stromerzeugung. Während bei den ein- und zweigeschossigen Gebäuden zum Ausgleich der Jahresenergiebilanz im Verhältnis zur Grundfläche genügend Dachfläche für PV-Anlagen zur Verfügung steht, müssen bei besonders kompakten mehrgeschossigen Gebäuden zusätzliche Flächen auf der jeweiligen Liegenschaft genutzt werden.

Ziel: Hoher Eigennutzungsgrad

Die Projekte sind nicht darauf ausgelegt, möglichst hohe absolute Energieüberschüsse zu erzielen und in das Stromnetz einzuspeisen. Vielmehr ging die Forderung nach einer mindestens ausgeglichenen Energiebilanz einher mit dem Wunsch, möglichst viel der auf der Liegenschaft generierten erneuerbaren Energie auch vor Ort zu verbrauchen. Der sog. Eigennutzungsgrad kann erhöht werden, indem am Tag produzierte überschüssige Energie zwischengespeichert wird. Hierin gehen die Projekte unterschiedliche Wege. In Ulm, Neutraubling und Kaufbeuren können Warmwasser-Pufferspeicher mit Überschussstrom beladen werden und so Energie stunden- oder tageweise vorhalten. In Hockenheim und Mühlendorf sind große unterirdische Eisspeicher



Abbildung 40: Der neue Erweiterungsbau im „Effizienzhaus Plus“-Standard verbindet die Bestandsgebäude des Jakob-Brucker-Gymnasiums in Kaufbeuren.

errichtet worden, die über solarthermische Absorber regeneriert werden können und die eher auf einen saisonalen Effekt ausgelegt sind.

Vernetzte Gebäude

Bei verschiedenen Projekten existieren günstige Voraussetzungen, um Energieüberschüsse direkt für benachbarte Gebäude zu nutzen, ohne das öffentliche Stromnetz zu belasten. Bei Erweiterungsneubauten wie in Giebelstadt oder Neutraubling können grundsätzlich die Bestandsgebäude direkt angebunden werden. In Feuchtwangen wird eine Vernetzung der neu entstehenden Gebäude des Hochschulcampus vorgerüstet. In Ulm wird ein besonderer Weg eingeschlagen, indem eine intelligente Vernetzung mit den vor Ort bestehenden Energienetzen erfolgt: Das Gebäude nutzt den Rücklauf einer Fernkälteversorgung als Energiequelle für eine reversible Wärmepumpe. Dabei wird der Rücklauf wieder heruntergekühlt, wodurch Energie eingespart wird, die in der Kältezentrale des Netzes ansonsten hätte aufgewendet werden müssen.

Das Ziel, ein Gebäude zu errichten oder zu sanieren, das in der Jahresbilanz weniger Energie verbraucht, als vor Ort erzeugt wird, kann im Bereich von Bildungsbauten auf unterschiedliche Weise erreicht werden. Doch auch wenn es bereits heute möglich ist, solche Gebäude mit Komponenten zu errichten, die am Markt verfügbar sind, muss für deren Planung doch in vielen Bereichen technisches Neuland betreten werden: Für die projektierten Kombinationen der Komponenten und deren technisches Zusammenspiel liegen bislang kaum übertragbare Erkenntnisse vor. Die wissenschaftliche



Abbildung 41: Der Eisspeicher des Berufsschulzentrums Mühldorf am Inn während des Betoniervorgangs.

Untersuchung der Pilotprojekte im Programm „Bildungsbauten im ‚Effizienzhaus Plus‘-Standard“ liefert daher eine wichtige Grundlage für die Breitenanwendung neuer Energieeffizientechniken im Bereich von Nichtwohngebäuden.

Eckdaten

„Effizienzhaus Plus“-Bildungsbauten

Projekte und Monitoringteams:

Luise-Otto-Peters-Schule in Hockenheim,
Monitoring: INA Planungsgesellschaft

Forschungs- und Studienzentrum Feuchtwangen
Monitoring: INA Planungsgesellschaft

Berufsschulzentrum Mühldorf am Inn
Monitoring: Hochschule Rosenheim

Jakob-Brucker-Gymnasium Kaufbeuren, Gymnasium Neutraubling und Grundschule Giebelstadt
Monitoring: TU Dresden

Hochschule Ulm, Ersatzneubau Oberer Eselsberg
Monitoring: Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)

Gesamtkosten: 14.644.005 €
Anteil Bundeszuschuss (gesamt für alle Projekte): 5.327.707 €
Projektlaufzeit: bis Ende 2022

5. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE 2017

Prof. Philip Leistner, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart

Räume und Gebäude für Erziehung und Bildung sind in der öffentlichen Debatte unvermindert präsent. Bildungsqualität und Investitionsbedarf, verpasste Chancen und versäumte Trends sorgen für Aufsehen. Um die Herausforderungen der Bau- und Schulentwicklung konkret aufzugreifen, ist ein Austausch von Fachleuten und Fachwissen unverzichtbar. Der Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE bietet das passende Format und adressiert die aktuellen Handlungsfelder.

Die Behandlung der konkreten Gestaltungsschwerpunkte beim Schulbau setzt zweierlei voraus: eine Analyse der aktuellen Bedarfe und Bedürfnisse sowie eine strukturierte Aufbereitung dazu passender Erkenntnisse und Erfahrungen. So wurde das Programm für den 5. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE entwickelt. Die Einbindung aktueller Projektergebnisse, die im Rahmen der Forschungsinitiative

Zukunft Bau entstanden, ist daher naheliegend. Für die zeitliche Aktualität spricht z.B. die Eröffnung der ersten „Effizienzhaus Plus“-Schule im Rhein-Neckar-Kreis kurz vor Kongressbeginn. Mit ihr beginnt die Erprobungsphase dieses innovativen Gebäudestandards „Effizienzhaus Plus“ im Bereich der Nichtwohngebäude. Nicht nur in puncto Energieeffizienz erweist sich eine thematische Ausweitung der Anwendungsfelder des Kongresses in Richtung Hochschulen als wertvoll. Spezifische Fragestellungen wurden in diesem Jahr erstmals in das Programm integriert. Der inhaltliche Kern des Kongressprogramms lässt sich mit folgenden Leitgedanken zusammenfassen:

Energieeffiziente und ressourcenschonende Schulen

Allein das wirtschaftliche Potenzial energieeffizienter Schulgebäude ist bei Weitem noch nicht ausgeschöpft, auch wenn die kommunale und zugleich gesellschaftliche Bedeutung erkannt wird. An der Spitze der Umsetzung steht heute der „Effizienzhaus Plus“-Standard mit einem geprüften Gewinn an Primärenergie. Sie speisen eine praktikable Wissensquelle, von der andere, auch weniger ambitionierte Projekte profitieren können.

Identitätsstiftende und partizipativ gestaltete Schulen

Die Verantwortung und das Bewusstsein der Architektur werden heute nicht nur bei der ästhetischen und funktionalen Schulgestaltung erwartet, mehr denn je treffen Architekten auf ein Bedürfnis nach partizipativen Entwicklungs- und Gestaltungsprozessen. Deren Koordination und Moderation stellt Anforderungen auch an die urbane bzw. kommunale Einbindung der Schulgebäude.

Lehr- und lernförderliche Schulen

Die Erkenntnis von der Schule als „drittem Pädagogen“ hat sich bestätigt und etabliert, ihre praktische Berücksichtigung bleibt jedoch eine vielschichtige Herausforderung. Licht- und Luftqualität, Raumklima und Raumakustik müssen mit pädagogischen und baulichen Zielen, Inhalten und Konzepten in Einklang zu bringen sein. Dabei erweisen sich Änderungen der Schullandschaft



Abbildung 42: Zum Kongressbeginn begrüßte Prof. Klaus Sedlbauer die Gäste



Abbildung 43: Lothar Fehn Krestas vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit stellte auch den zeitlichen Kongressbezug zur ersten „Effizienzhaus Plus“-Schule her.



Abbildung 44: Fachspezifische Information und Diskussion in den thematischen Workshops – Kongressleiter Prof. Philip Leistner moderiert den integralen Schulbau.

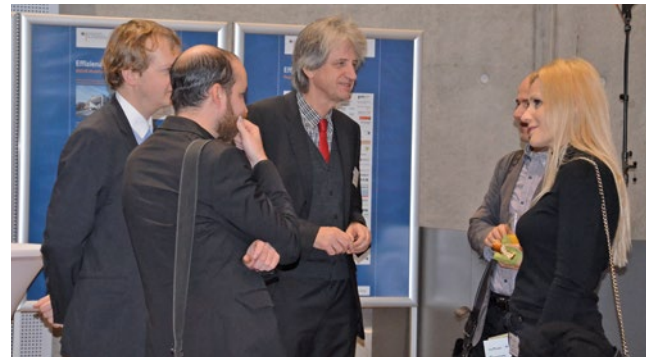


Abbildung 45: Begegnungen und Fachgespräche sind Markenzeichen des Kongresses.

infolge demographischer und pädagogischer Entwicklungen als dynamischer Begleiter. Als gesellschaftlicher Maßstab und gestalterische Herausforderung steht die Inklusion mit Teilhabechancen und -möglichkeiten im Fokus.

Sichere und gesunde Schulen

Von der Präventionskultur bis zur baulichen und technischen Ausstattung reichen die untrennbar erforderlichen Voraussetzungen für Sicherheit und Gesundheit in Schulen. Die Priorität dieser Kategorien ist unbestritten und auch das Handwerkszeug zur praktischen Umsetzung hat sich erheblich erweitert, z. B. im Bereich der Schulverpflegung.

Bewegungsfreundliche und sportliche Schulen

Bewegung, körperliche Aktivität und Sport benötigen mehr Beachtung und Berücksichtigung bei der Schulgestaltung, um gerade bei deutlich längerem Aufenthalt in Schulen die gesundheitliche und soziale Entwicklung zu fördern. Die Dringlichkeit dieser Forderung bezieht sich sowohl auf sportpädagogisch geeignete Sport- und Schwimmhallen als auch auf weitere Bewegungsareale, wie nachhaltige Sportfreianlagen.

Diese Leitgedanken trugen den 5. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE und wurden von den fast 600 Gästen aktiv und lebendig aufgegriffen. Beginnend mit Plenarvorträgen namhafter Persönlichkeiten zu verschiedenen Blickwinkeln der Bau- und Schulentwicklung griffen Fachbeiträge in den drei thematischen Workshops Einzelaspekte auf und stellten konkretes Lösungswissen vor. Auf der Internetpräsenz www.zukunftsraum-schule.de werden diese Beiträge für künftigen Austausch zur Verfügung stehen. Die im Kongressformat räumlich und thematisch unmittelbar integrierte Gelegenheit, Fachgespräche an Ausstellungs-

ständen fortzusetzen, erwies sich erneut als wichtiger Bestandteil der Kommunikation für das Profil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Es zeigt, dass Schulplaner und -träger sowie Behörden und Unternehmen die Schwerpunkte bilden. Deren durchweg positives Resümee kann als Bedarf an und Votum für die Fortsetzung des Kongresses ZUKUNFTSRAUM SCHULE gewertet werden.

Nachhaltige Gestaltung von Schulgebäuden erfordert neben politischer Entscheidung und finanzieller Ausstattung ein interdisziplinäres Zusammenwirken von Nutzern und Gestaltern, Forschern und Praktikern. Effiziente Gebäude und ihr Umfeld sowie Räume, die Leistung und Wohlbefinden fördern, stehen in Wechselwirkung und müssen nach wirtschaftlichen Maßstäben gestaltet werden. Die aktuell diskutierte Digitalisierung wird dabei weder um die Schule noch um den Bau einen Bogen machen. Es geht also um Konzepte und Lösungswege zu ihrer sinn- und wertvollen Umsetzung in die Praxis, von der auch die bekannten Handlungsfelder, wie z. B. Energie- und Ressourcenbilanz, Inklusion u. a. profitieren.

Eckdaten

5. Kongress ZUKUNFTSRAUM SCHULE 2017

Projektleitung:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP,
Stuttgart
Prof. Philip Leistner



Abbildung 46: 3dTEX – Geschäumtes Abstandsgewebe

3dTEX: Textiles Leichtwandelement

Prof. Claudia Lüling, Frankfurt University of Applied Sciences

Vorfertigung und Leichtbau sind im Bauwesen wie in der Automobil- und Luftfahrtindustrie essenziell zur Steigerung von Qualität und Nachhaltigkeit. Im Gegensatz zum klassischen textilen Leichtbau zeigt 3dTEX, wie durch den Transfer dreidimensionaler textiler Herstelltechnologien und im Zusammenspiel mit Verfahrenstechniken wie Schäumen textile Wandelemente mit integrierter Trag- und Dämmstruktur entstehen.

Im Fokus des Vorhabens stehen Abstandstextilien, deren Eignung als verlorene Schalung zur Herstellung von Leichtwandelementen untersucht wird. Abstandstextilien sind in einem Arbeitsgang gefertigte Gewebe oder Gewirke, deren Flächen untereinander durch sogenannte Polfäden in definierter Distanz verbunden sind. Durch Anordnung und Abstände der Textillagen zueinander und durch die Nutzung der entstandenen Kavitäten für andere Materialien haben sie das Potenzial, Funktionen eines Außenwandelementes zu übernehmen. Im

Gegensatz zu klassisch rein zugbeanspruchten Membrankonstruktionen ohne klimatischen Mehrwert können Abstandstextilien dabei unter Nutzung ihrer Beanspruchbarkeit auf Zugkräfte und in Kombination mit anderen Leichtmaterialien wie porigen und druckstabileren Materialien zu einem zug- wie druckstabilen und dämmenden Materialverbund werden. Sie eignen sich für die industrielle wie auch eine in-situ-Fertigung selbsttragender, wärmebrückenfreier, dämmender, ein- wie mehrschaliger Bauelemente.

Zu Beginn wurden Recherchen zur Fertigung von Abstandstextilien, zur Herstellung von Schäumen und zu den potenziellen Materialitäten beider Technologien unternommen. Ebenso wurden bereits existierende Anwendungen von Textilien bzw. Abstandstextilien im Bereich Wandelemente im Produkt- wie Forschungsbereich recherchiert. Im Produktbereich werden geschäumte Textilien derzeit für eine Variante von Big-Bags mit stabiler Au-

Benwand für den Transport von viskosem Material verwendet. Im Forschungsbereich wurde bislang das Ausschäumen von Abstandsgewirken für die Herstellung von Multimaterialelementen in Formwerkzeugen für die Automobilindustrie untersucht.

Erste eigene Demonstratoren, unter Nutzung der Textilien als verlorene Schalung, wurden nach der Auswertung der Recherche in der Größe 30 cm × 30 cm ausgeschäumt. Unter Verwendung marktüblicher und als Matratzenauflagen verwendeter PE-Abstandsgewirke und handelsüblicher PU-Bauschäume war das erste Ziel herauszufinden, wie sich Abstandstextilien als verlorene Schalung verhalten. Dabei zeigt sich, dass der verwendete Bauschaum in seinem Ausbreitungsverhalten „faul“ ist. So können die Polfäden innerhalb des Abstandstextils als einfache Barriere wirken, wenn sich der Schaum in einer anderen Richtung einfacher ausbreiten kann. Entsprechend drückt der Schaum nur durch die Oberfläche, wenn der Schauminnendruck im Textil zu hoch wird. Gestalterisch ergeben sich Formanalogien zu pneumatisch erzeugten Architekturelementen. Aufgrund ihrer Elastizität haben Abstandsgewirke dabei das Potenzial zu komplexen, dreidimensionalen Strukturen. Abstandsgewebe eignen sich aufgrund ihrer wenig drapierfähigen Textilstruktur eher für planare Elemente. Sie sind zudem mehrlagig produzierbar und eignen sich so auch für hinterlüftete Wandelemente.

In der Zwischenbilanz zeigte sich, dass zum einen die Textiltechnologien (Gewirke oder Gewebe) und die Schäumtechnologien (mechanische, physikalische oder chemische Verfahren) in Bezug zu den als Faser- oder Schaummaterial verwendeten Werkstoffen gesetzt werden müssen. Zum anderen stellen potenzielle Verfahrenstechniken zur Herstellung geschäumter Abstandstextilien eine weitere Bezugsgröße dar: Die Textilien können mit voll oder teilexpandiertem Schaum gefüllt oder es können Partikelschäume eingebasen werden. Die Partikelschäume können entweder voll expandiert und verklebt oder teilexpandiert verwendet werden, um z. B. unter Hitzeeinwirkung final zu expandieren. Entsprechend sind für letzteres eher unelastischere Gewebe geeignet, während sich für das Befüllen mit bereits expandierenden Partikelschäumen auch die elastischeren Gewirke eignen. Parallel wurde zur Zwischenbilanz über eine quantitative Auswertung der recherchierten Faser- und Schaummaterialkennwerte versucht, eine potenzielle Monomaterialkombination aus Fasern und Schäumen zu definieren, die die Recyclingfähigkeit und das Brandverhalten



Abbildung 47: 3dTEX – Leichtwandelement aus geschäumtem einlagigen Abstandsgewirke

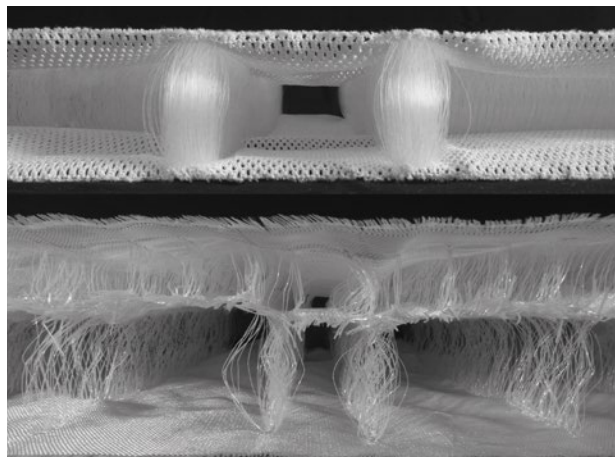


Abbildung 48: 3dTEX – Textile Schalung: oben Abstandsgewirke einlagig, unten Abstandsgewebe zweilagig



Abbildung 49: 3dTEX – Fügung über Klettverschlüsse; hinterlüftete Leichtwandelemente aus geschäumtem zweilagigen Abstandsgewebe



Abbildung 50: 3dTEX – Experimentelle Seminararbeiten FRA-UAS: Gefaltete Gebäudehülle aus teilgeschäumtem Abstandsgewirke

des angedachten Wandelements aus geschäumten Abstandstextilien erhöht.

Nach Tests mit unterschiedlichen Textilgeometrien und Ort- bzw. Partikelschäumen unterschiedlichen Expandierverhaltens und unterschiedlicher Materialitäten wurden speziell gefertigte textile Demonstratoren der Größe 80 cm × 80 cm geschäumt. Für das einlagige Gewirke wurde versuchsweise endexpandierter EPS-Partikelschaum verwendet, für das zweilagige Abstandsgewebe PU-Ortschaum.

Es wurde nachgewiesen, dass sich im Verbund mit Schäumtechnologien strukturdifferenzierte Monomaterialien und Halbzeuge mit einstellbaren mechanischen, bauphysikalischen und gestalterischen Eigenschaften ergeben. Die realisierten Demonstratoren aus projektspezifisch konfektionierten, ein- und zweilagigen Abstandstextilien zeigen dabei ausgeschäumt unterschiedliche Gestaltungsoptionen je nach Abstandsgewirken wie -geweben. Zudem wurden optimierte Materialkombinationen aus mineralischen Schäumen und Fasern für recycelbare Bauteile mit gutem Brandschutzverhalten evaluiert, die über programmierte Formgebungen und lichtleitende, Licht emittierende, stromerzeugende und temperaturamplitudensenkende Fasern im nächsten Schritt weiter funktionalisierbar sind.

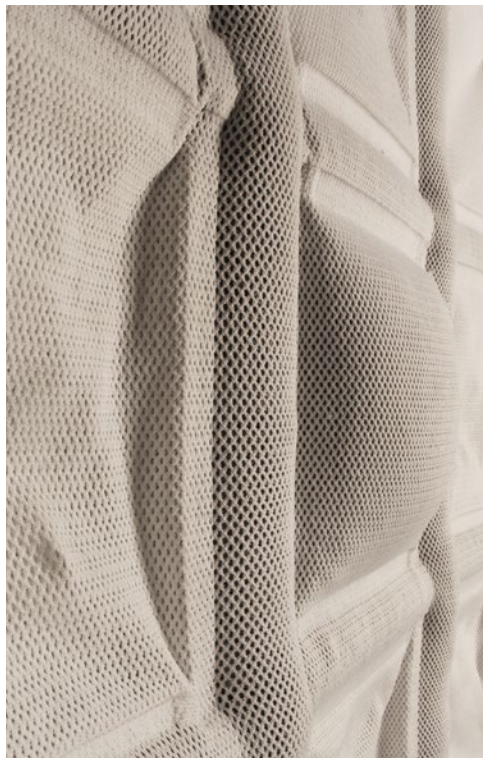


Abbildung 51: Gefaltete Gebäudehülle aus teilgeschäumtem Abstandsgewirke

Eckdaten

3dTEX

Projektleitung:

Frankfurt University of Applied Sciences
 Fachbereich 1: Architektur · Bauingenieurwesen · Geomatik
 Prof. Claudia Lüling

HYBAU – Bauliche Hygiene im Krankenhaus

Planungsempfehlungen für die bauliche Infektionsprävention in den Bereichen der Operation, Notfall- und Intensivmedizin

Wolfgang Sunder, Technische Universität Braunschweig

Die Hygiene in Gesundheitseinrichtungen spielt eine entscheidende Rolle beim Schutz der Menschen vor Infektionen und damit schwerwiegenden Krankheitsverläufen. In Krankenhäusern treffen bereits immungeschwächte Personen aufeinander und es können im Laufe des Aufenthaltes weitere Infektionserkrankungen entstehen.

Im Februar 2018 erscheint im Rahmen der Schriftenreihe „Forschung für die Praxis“ eine Planungsbroschüre, in der dargestellt wird, wie bauliche Strukturen in Krankenhäusern so gestaltet werden, dass sie nachhaltig infektionspräventiv auf Patienten und Klinikmitarbeiter wirken können.

Jährlich werden in Deutschland ca. 19,1 Mio. Personen vollstationär behandelt. Hiervon erkranken jährlich bis zu 600.000 Patienten an einer nosokomialen Infektion. Jedes Jahr versterben daran etwa 10.000 Menschen. Daraus resultiert ein enormer personeller und volkswirtschaftlicher Schaden. Der infektiöse Hospitalismus wird u. a. auf mangelnde Hygiene und eine erhöhte Restverschmutzung auf Oberflächen, die im direkten und indirekten Kontakt zu Patienten stehen, zurückgeführt.

Ein interdisziplinäres Forschungsteam mit Experten aus den Bereichen Bauwesen (Institut für Industriebau und Konstruktives Entwerfen, Technische Universität Braunschweig), Materialwissenschaften (Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig) und Hygiene (Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Charité-Universitätsmedizin Berlin) hat dieses Thema aufgegriffen und untersucht seit September 2014 in dem Forschungsprojekt „HYBAU“, wie baulich-funktionelle Abläufe im Krankenhaus hygienischer optimiert, sinnvolle Materialien eingesetzt und dadurch neue Gebäudestrukturen effizient und nachhaltig gestaltet werden.

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bau- und Raumordnung (BBR) und der Forschungsinitiative Zukunft Bau gefördert (Kennzeichen SWD – 10.08.18.7 – 14.04). Beteiligt waren zudem Krankenhausträger, Hersteller medizinischer Geräte, Ausstatter und Planer. Das Forschungsprojekt profitierte von der einzigartigen Zusammensetzung der involvierten drei Forschungseinrichtungen und der Beteiligung der weiteren Partner aus dem Krankenhausbau.

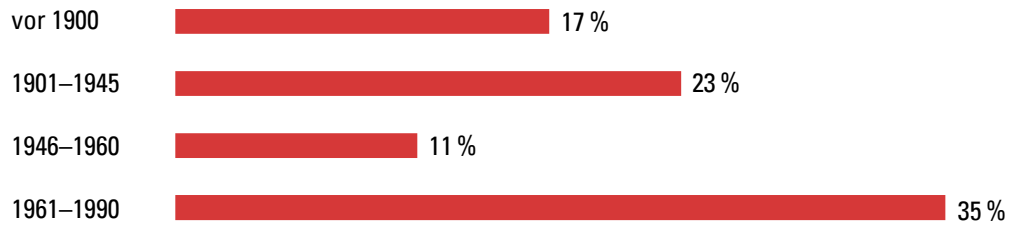


©urijlesaras – stock.adobe.com

Abbildung 52: Hygiene im Krankenhaus spielt eine entscheidene Rolle

Standort – Wann wurde das Krankenhaus erbaut?

Baujahr



Standort – Wann wurden die letzten baulichen Maßnahmen ausgeführt?

Bauliche Maßnahmen

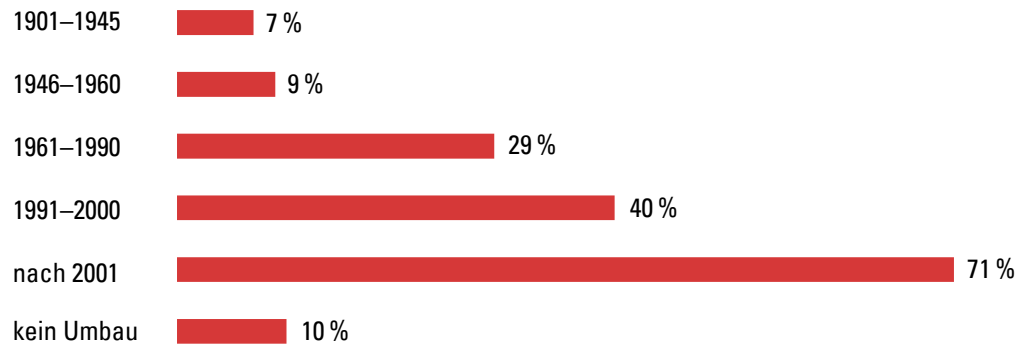


Abbildung 53: Wann wurde das Krankenhaus erbaut? Wann wurden die letzten baulichen Maßnahmen ausgeführt?



©Villevi - stock.adobe.com

Abbildung 54: Blick in den Operationsbereich

Standort – Wo befindet sich Ihr Krankenhaus?

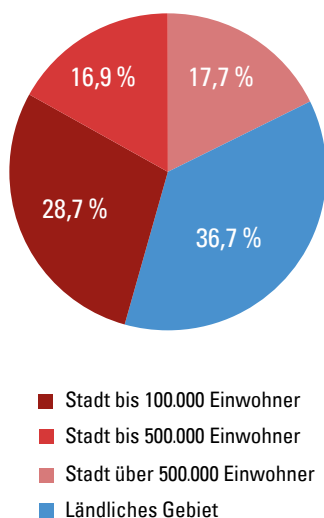


Abbildung 55: Standort Krankenhaus

Methoden

Die in dem Forschungsprojekt angewandten Methoden konnten die Anforderungen von hygienekritischen Bereichen und Details sowie Vorschläge zu Verbesserungen von Räumen und Abläufen in den Bereichen Operation, Notfallaufnahme und Intensivstation sinnvoll erfassen und bewerten. So wurden beispielsweise anhand einer breit angelegten Nutzerbefragung Anforderungen an hygienekritische Bereiche sowie Vorschläge zur Verbesserung von Räumen und Abläufen erfasst und bewertet.

Zudem wurde auch eine umfangreiche empirische Untersuchung der baulichen Parameter im Rahmen des Krankenhaus Infektions Surveillance-Systems (KISS) des Nationalen Referenzzentrums (NRZ) für Surveillance der Charité Berlin durchgeführt. An der Umfrage nahmen 621 deutsche Krankenhäuser teil. Ziel der Umfrage war, das vorhandene Wissen zur baulichen Ist-Situation in Krankenhäusern zu sammeln, zusammenzufassen und kritisch zu bewerten.

Als Ergebnis der Umfrage kann u. a. festgehalten werden, dass 65,4 % der teilnehmenden Krankenhäuser im ländlichen Gebiet bzw. in Städten mit bis zu 100.000 Einwohnern, 16,9 % in

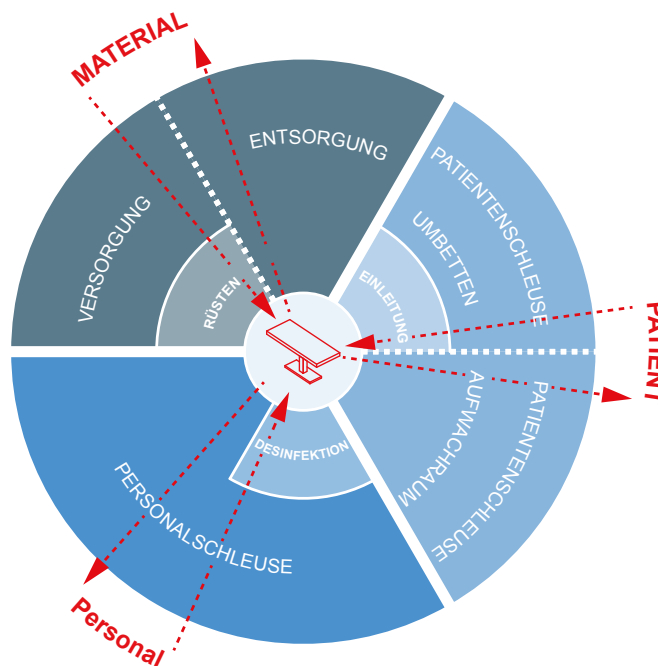


Abbildung 56: Abstufung Hygienerelevanz – möglichst separat geführte Prozesse von Patient, Mitarbeiter und Material

Städten zwischen 100.000 und 500.000 Einwohnern und die restlichen 17,7 % in Städten mit über 500.000 Einwohnern liegen (s. Abb. 55). Nach 2001 wurden, abhängig vom Baujahr, zwischen 41 % und 91 % aller Krankenhäuser baulich wesentlich verändert (s. Abb. 53).

Mögliche hygienerobuste Planungsempfehlungen für Bau, Prozess und Material

Die aus der interdisziplinären Zusammenarbeit abgeleiteten Planungsempfehlungen bauen auf den im Forschungsprojekt durchgeführten Untersuchungen der Disziplinen Bau, Material und Hygiene auf. Mit diesen Empfehlungen können bei der Neu- oder Umplanung der Bereiche Operation, Notfallaufnahme und Intensivstation in Krankenhäusern die baulichen Strukturen so gestaltet werden, dass sie nachhaltig infektionspräventiv auf Patienten und Klinikmitarbeiter wirken können. Am Beispiel des Operationsbereichs (OP) soll im Folgenden dargestellt werden, wie die baulich-funktionale Gestaltung und der verbesserte Einsatz hygiesicherer Materialien die Hygiene in diesem Bereich unterstützen können.

Wird bereits in der Planungsphase eines Krankenhauses berücksichtigt, welche Prozesse

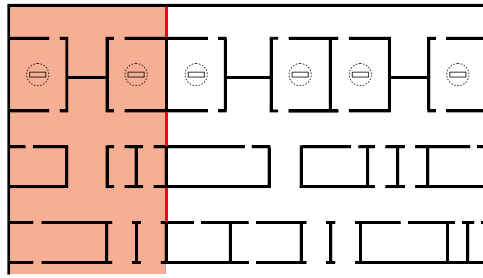


Abbildung 57:
Temporäre Abtrennbarkeit für Häuser mit einem sehr heterogenen OP-Spektrum

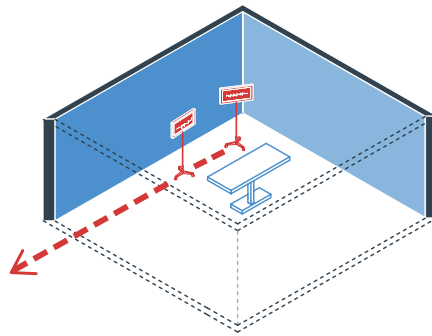


Abbildung 58:
Medizintechnische Geräte zum Boden mit möglichst wenig Kontakt; fest installierte Geräte möglichst von der Decke installiert

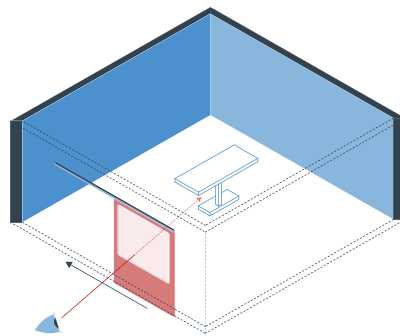


Abbildung 59:
Türen mit Sichtfenster zur Kontrolle und Kommunikation einrichten

**Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030**



Helga Kühnhenrich

Leiterin des Referates II 3 –
Forschung im Bauwesen,
Bundesinstitut für Bau-,
Stadt- und Raumforschung
(BBSR)

Die Digitalisierung im Bauwesen wird nicht nur der Effizienzsteigerung dienen. Sie wird auch eine innovativere Architektur hervorbringen.

in einer OP-Einheit ablaufen, kann dies eine sinnvolle Raumplanung ermöglichen. Bisher werden nur wenige konkrete baulich-funktionale Anforderungen an den OP gestellt, so dass diesem Defizit entgegengewirkt werden soll. Der invasive Eingriff am OP-Tisch steht im Zentrum einer jeden OP und stellt ein hohes Risiko der Infektionsübertragung dar. Eine separate räumliche Wegführung für Klinikmitarbeiter, den Patienten und die Ver- und Entsorgung des Materials sollte gewährleistet sein. Dabei ist zu beachten, dass die operationsnahen Bereiche eine höhere Hygienerrelevanz haben als die operationsfernen (s. Abb. 56). Im OP-Raum sollten medizintechnische Geräte möglichst wenig Kontakt zum Boden haben und fest installierte Geräte an der Decke befestigt werden. Zusätzlich sollten sich in diesem Raum so wenig Geräte bzw. Instrumente wie nötig befinden. Eine gesammelte externe Lagerung in der Nähe des OP-Raumes ist empfehlenswert (s. Abb. 57). Dadurch wird zum einen die gründliche Reinigung gewährleistet und zum anderen werden hygienische Abläufe unterstützt.

OP-Räume sollten in sich abgeschlossen sein und möglichst wenige, aber ausreichend dimensionierte Türen einschließlich Durchblickfenster haben. Dadurch werden Betriebsabläufe vereinfacht, die Kontrolle wird gewährleistet und hygienisches Handeln erleichtert (s. Abb. 59). Es ist auf eine temporäre Abtrennbarkeit und die dadurch mögliche Isolierung von OP-Bereichen für Häuser mit einem sehr heterogenen OP-Spektrum zu achten (s. Abb. 57). Die zuvor genannten Planungsempfehlungen müssen in die jeweiligen örtlichen Planungsgegebenheiten umgesetzt und mit den Krankenhaushygienikern abgestimmt werden. Außerdem richten sich die hygienischen Anforderungen an die baulich-funktionale Gestaltung der jeweiligen OP-Abteilung.

In Bezug auf den Materialeinsatz wurde u. a. das patientennahe Bauteil Boden im OP-Bereich betrachtet und folgende Anforderungen wurden definiert:

- Der Bodenbelag darf keine Gefahr für den Nutzer darstellen. Stürze und ähnliche Gefährdungen können durch eine entsprechende Rutschhemmung des Belages vermieden werden.
- Je härter ein Material ist, umso höher ist der Widerstand gegen permanente Verformungen wie Kratzer. Daher sollte eine ausreichende Kratzfestigkeit erzielt werden.
- Scheuerbeständigkeit beurteilt die Beständigkeit eines Materials gegen wiederholtes Reinigen, wobei aufgrund der hohen Reinigungsrate in OP-Räumen eine hohe Scheuerbeständigkeit anzustreben ist.
- Die Materialien sollten der hohen Belastung widerstehen, ohne wesentlichen mechanischen Abrieb/Abnutzung zu erfahren. Ein hoher Verschleißwiderstand ist aufgrund der hohen Belastung in OP-Räumen erforderlich.
- Die Materialien sollten flüssigkeitsdicht sein.
- Bodenbeläge sollten elektrisch (ab-)leitfähig sein, um eine mögliche elektrostatische Entladung der elektronischen Geräte zu ermöglichen und somit deren Fehlfunktionen zu vermeiden.
- Die oberste Schicht eines Belages sollte gegen die Einwirkung von Desinfektionsmitteln beständig sein und der Belag seine Oberflächeneigenschaften beibehalten.
- Eine leichte Reinigbarkeit von Oberflächen ist essentiell für den OP-Raum. Neben unbeschädigten Oberflächen (keine Kratzer, Blasenbildung) und einem minimalen Fugenteil ist eine geringe Rauheit empfehlenswert.

Das Auftreten und die zunehmende Verbreitung multiresistenter Keime und nosokomialer Infektionen in deutschen Krankenhäusern stellt ein großes Problem dar. Seitens der Medizin und der Krankenhausverwaltungen wird viel zu dessen Vermeidung und Eindämmung unternommen. Die räumlichen Gegebenheiten und Strukturen der Klinikbauten standen dabei bisher allerdings nicht im Fokus der Betrachtungen präventiver Maßnahmen.

Es gibt aber durchaus Wechselwirkungen zwischen der Anordnung, Aufteilung und Größe der hygienerelevanten Räume bzw. Bereiche eines Krankenhauses und der Gefahr des Auftretens und der Verbreitung sowie der Abwehr der krankenhausspezifischen Infektionen.

Die Planung und Realisierung künftiger Klinikbauten könnte einen nennenswerten Beitrag zur Abwehr nosokomialer Infektionen leisten, wenn auf die Gestaltung hygieneoptimierter Gebäude- und Raumstrukturen größeres Augenmerk als bisher gelegt würde. Bei aller notwendigen Planung eines hochkomplexen und hygienerobusten Krankenhauses darf der Architekt neben der räumlichen Gestaltung die wichtigste Funktion von Gesundheitsbauten nicht vergessen, nämlich Krankheiten der Patienten zu erkennen, zu behandeln und im Idealfall zu heilen. Die Herausforderungen an die Architektur bleiben also bestehen.

Eckdaten

HYBAU – Bauliche Hygiene im Krankenhaus

Forscher:

TU Braunschweig,
Institut für Industriebau und
Konstruktives Entwerfen (IIKE)
Prof. Carsten Roth,
Wolfgang Sunder (Projektleitung),
Jan Holzhausen

TU Braunschweig,
IBMB – Institut für Baustoffe,
Massivbau und Brandschutz,
Prof. Harald Budelmann,
Inka Dreßler

Charité Berlin,
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Prof. Petra Gastmeier,
Andreas Haselbeck

Projektpartner:

Deutsches Kupferinstitut
Berufsverband e. V.

Franz Kaldewei GmbH & Co. KG,
Ahlen

Konrad Hornschuh AG,
Weißbach

Kusch+Co GmbH & Co. KG,
Hallenberg

Meiko Maschinenbau
GmbH & Co. KG,
Offenburg

Objectmöbel-concept UG,
Lüdinghausen

OWA Odenwald
Faserplattenwerk GmbH,
Amorbach

Architektengruppe
Schweitzer & Partner,
Braunschweig

Reiss Büromöbel GmbH,
Bad Liebenwerder

Resopal GmbH,
Groß-Umstadt

Saint-Gobain Glass France,
Courbevoie/Aachen

Sana Kliniken AG,
Ismaning

Schön Klinik
Verwaltung GmbH,
Priem am Chiemsee

Sika Deutschland GmbH,
Stuttgart

Städtisches Klinikum
Braunschweig gGmbH

Tarkett Holding GmbH,
Frankenthal

Vorwerk & Co.
Teppichwerke GmbH
& Co. KG,
Hameln

TN-Technologie für den Einsatz in Architekturverglasungen

Walter Haase, Universität Stuttgart

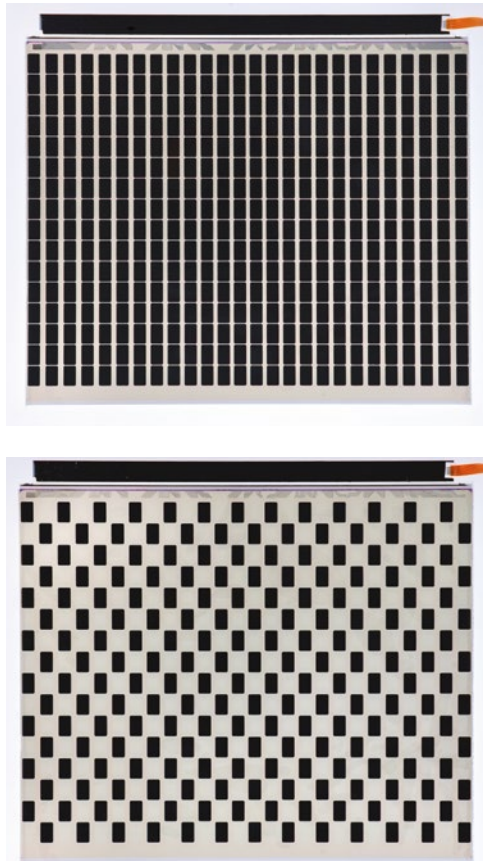


Abbildung 60 und 61:
TN-Modul in zwei unterschiedlichen Schaltzuständen: alle Pixel im Zustand „an“ (rechts), 50% der Pixel im Zustand „an“ und 50% der Pixel im Zustand „aus“ (unten)

Für die Steuerung des Licht- und Energieeintrags in Gebäuden stehen sowohl mechanische Sonnenschutzsysteme als auch schaltbare Verglasungen auf Basis smarter Materialien mit Wechseleigenschaften zur Verfügung. Die meisten kommerziell verfügbaren, schaltbaren Verglasungssysteme erfüllen jedoch die Anforderungen an Schaltgeschwindigkeit, Farbneutralität oder Temperaturunempfindlichkeit nicht optimal.

Aus der Bildschirmtechnik sind Anzeigesysteme bekannt, die zur Regelung des Lichtdurchgangs und damit zur Anzeige von Bildern und Schriften die sogenannte TN-Technologie (engl. „twisted nematic“) nutzen. Sie weisen ein extrem schnelles Umschaltverhalten von transparent zu verdunkelt bei einer vernachlässigbar geringen Farbverfälschung auf. Nachteilig bei der TN-Technologie ist die im Vergleich mit anderen schaltbaren Systemen deutlich geringere maximale Transmission.

Das Ziel des Forschungsvorhabens war daher die Klärung der Frage, ob sich TN-Verglasungen als Alternative zu bisher bekannten schaltbaren Systemen eignen.

Um die Anwendungsmöglichkeiten der TN-Technologie in Fassadenverglasungen zu evaluieren, erfolgte zunächst die Festlegung eines geeigneten Zellenaufbaus der schaltbaren Einheit (Zelle/Modul). Es folgte die Herstellung der schaltbaren TN-Module und deren Einbindung in eine Isolierverglasung.

Durch spektrometrische Vermessung, die Bestimmung der Schaltgeschwindigkeiten und die Durchführung von Langzeitversuchen zur Ermittlung der Alterungsbeständigkeit von Kleinstmustern der TN-Zellen konnten die empirischen Daten für die Bewertung der TN-basierten Isolierverglasung zusammengetragen werden. Die hierfür eingesetzten TN-Module vom Typ GV66 wurden von der Firma BMG MIS GmbH hergestellt. Jeder Bildpunkt dieser TN-Module lässt sich über eine eigene elektrische Zuleitung in die Zustände „an“ (minimale Durchlässigkeit) oder „aus“ (maximale Durchlässigkeit) schalten. Eine Anzahl von 45 dieser TN-Module wurde in eine geschosshohe Raumverglasung integriert. Diese Isolierverglasung kam in der Südfassade eines Raumes des Fassadentestgebäudes des Instituts für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) zum Einsatz. Die Ansteuerung der Verglasung basierte auf einer einfachen Temperaturregelung. Es folgten empirische Untersuchungen im Testraum zur Bestimmung der Effektivität der Verglasung im Hinblick auf die Licht- und Energiedurchgangsregelung sowie die Vermeidung von Blendungen.

Die entwickelte schaltbare Verglasung erlaubt es, die Funktionen Blendvermeidung und Raumhelligkeitsregelung voneinander zu entkoppeln. Durch die kleinteilige Strukturierung in viele einzeln ansteuerbare Bildpunkte ist es zudem möglich, grafische Inhalte und Texte auf der Verglasung darzustellen. In Sekundenbruchteilen können einzelne Bereiche der Verglasung unabhängig voneinander angesteuert werden, um damit auf schnelle Änderungen der Bestrahlungsstärke zu reagieren. Dadurch wird eine gezielte



Abbildung 62: Raumhohe Isolierverglasung mit 45 integrierten TN-Modulen. Grafikdarstellung auf der TN-Ver- glasung (Holzschnitt „Sky and Water I“ von M. C. Escher). Blickrichtung von außen in den Raum (ganz links).

Abbildung 63: Abdunklungsmuster mit Gradierung von maximaler Durchlässigkeit (unten) zu minimaler Durchlässigkeit (oben). Blickrichtung von außen in den Raum.



Abbildung 64: Textdarstellung auf der TN-Ver- glasung, Blick von innen nach außen

Eckdaten

TN-Ver- glasungen

Forscher:

Universität Stuttgart,
 Institut für Leichtbau
 Entwerfen und Konstruieren (ILEK),
 Walter Haase (Projektleitung),
 Bürde Gültekin, Mohammed Metwally,
 Julian Rettig

Sonnen- und Blendschutzfunktionalität bei best- möglicher Gesamthelligkeit im Raum erreicht.

Trotz weiterer zu lösender Aufgaben besitzt die TN-Ver- glasung ein großes Potenzial, um sowohl den Nutzerkomfort zu steigern als auch den Energieverbrauch zur Gebäudekonditio- nierung zu reduzieren. Weitere diesbezügliche Untersuchungen werden derzeit unternommen mit dem Ziel einer möglichst vollständigen Be- wertung des Systems in energetischer und komforttechnischer Sicht.

Die Zukunft des Bauens



Interview mit Robert Kaltenbrunner

Leiter der Abteilung Bau- und
Wohnungswesen im Bundesinstitut für
Bau-, Stadt- und Raumforschung

Die aktuellen Debatten im Bauwesen drehen sich um die Steigerung der Fertigstellungszahlen im Wohnungsbau sowie um den Einsatz bestimmter Fertigungsverfahren wie serielles Bauen oder der Vorfertigung großer Baueinheiten. Sind dies auch die Themen, die die Zukunft des Bauens bestimmen werden?

Die derzeitige absolute Priorisierung des Neubaus halte ich, in seiner Einseitigkeit, für problematisch. In der heutigen Zeit, in welcher der Umfang von Gebäudesanierungen jenen der Neubautätigkeit drastisch übersteigt, stellt sich ebenso die Frage nach der Haltung gegenüber dem Vorhandenen.

Betrachtet man die angestrebten Ziele der Energiewende – hier soll bis 2050 ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand in Deutschland erreicht werden –, wird schnell klar, dass eine Fokussierung auf den Neubau keinesfalls ausreichen wird. Aber auch der demographische Wandel erfordert zukünftig eine intensive Beschäftigung mit dem Altbau. Jedoch fehlen uns Informationen über den Bestand an altersgerechten oder barrierefreien Wohnungen in Deutschland.

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung misst daher der Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand zukünftig eine noch größere Bedeutung bei. Wir wollen hierzu ein eigenes Forschungscluster etablieren.

Die Sanierungsquote dümpelt seit Jahren bei etwa 1 %. Wie wollen Sie hier eine Steigerung erreichen?

Es ist zunächst wichtig, die Sanierungstätigkeit genau zu beobachten, um dann steuernd eingreifen zu können. Informationen zum Gebäudebestand haben daher eine hohe politische Relevanz.

Für die Sanierungsquote gibt es jedoch keine einheitliche, verbindliche Definition. Und die Sanierungstiefe selbst ist sehr unterschiedlich. Es handelt sich oftmals um extrem kleinteilige Maßnahmen, sie ist von verschiedener energetischer Qualität und auf differierende Vergleichsgrößen bezogen, etwa Gebäudehülle oder Anlagentechnik. Es erscheint uns unabdingbar, alsbald einen geeigneten Indikator zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebereich für die unterschiedlichen Sanierungsintensitäten zu finden.

Das BBSR hat bereits mehrfach durch umfangreiche empirische Erhebungen die Struktur der Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen erfasst. Danach betragen die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden im Jahre 2016 im Wohnungsbau rund 136 Mrd. €, davon 38 Mrd. € energetische Sanierung. Im Nichtwohnungsbau wurden 58 Mrd. € in die Bestände investiert, davon entfielen fast 19 Mrd. € auf die energetische Sanierung. Deutschlandweit bietet diese Untersuchung die einzige Quelle mit belastbaren Daten. Ein Rückschluss auf die Qualität der durchgeführten Maßnahmen ist derzeit aber noch nicht möglich. Wichtige Voraussetzung für ein umfassendes Monitoring des Gebäudebestandes und einer damit verbundenen erfolgreichen Steuerung der Energiewende im Gebäudesektor ist eine regelmäßige Erfassung der Daten. Durch einmalige Datenerhebung erfolgt zwar eine wertvolle Momentaufnahme zum Zustand der Immobilien; diese ist aber zu ergänzen durch kontinuierliche Beobachtungen der Entwicklungstrends.

Wie wird sich die Digitalisierung auf das Bauen auswirken?

Es gibt einen weitverbreiteten Vorwurf, der da lautet: In Deutschland werde oft noch geplant und gebaut wie vor 50 Jahren: mit Senkblei und Zollstock, nach Augenmaß und auf Zuruf. Das mag zwar übertrieben erscheinen. Dennoch steht die Frage im Raum, warum in den vergangenen zehn Jahren die Produktivität am Bau nur um 4 % zugelegt hat, im verarbeitenden Gewerbe hingegen mit 34 % rund achtmal so schnell gewachsen ist. Mit der Digitalisierung mag hier eine große Zukunftshoffnung verbunden sein; sie ist aber kein Selbstzweck. Und die Methode der Gebäudedatenmodellierung (vulgo: BIM) stellt auch nur einen Aspekt neben anderen dar. Generell besteht die Erwartung, dass eine höhere Effizienz und Transparenz zur Beschleunigung der Prozesse, zu mehr Termintreue, Kostensicherheit und -einsparung führen. Zugleich muss man davon ausgehen, dass die Verfügbarkeit neuer Werkzeuge in allen Bereichen der Wertschöpfungskette Bau mittelbaren Einfluss auf Gestaltungsprinzipien und Materialwahl in der Architektur haben wird. Allerdings: Bisher sind digitale Technologien und Methoden kaum im Baubereich selbst entstanden, sondern werden im Regelfall aus anderen Branchen übertragen. Die Grundfrage lautet, unter welchen Voraussetzungen es möglich ist, eine höhere Bauqualität durch eine Digitalisierung der Prozesse im deutschen Bauwesen zu erreichen. Dabei sollte die Erschließung neuer Effizienzpotenziale ebenso im Fokus stehen wie die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft des deutschen Baugewerbes. Dazu gehört es auch, Fehlentwicklungen rechtzeitig zu identifizieren und Reboundeffekte, die aus einer unreflektierten Applikation digitaler Werkzeuge und Methoden entstehen können, vorzubeugen. Forschungsfragen zur Digitalisierung im Bauwesen sollten also stets auf steuernde Effekte für die zukünftige Entwicklung abzielen.

Worauf müssen wir uns zukünftig in der Gebäudeherstellung einstellen?

Über die Beschäftigung mit der Energieeffizienz wird bisher meist ein relevanter Aspekt ausgeblendet: die Ressourcenfrage. Die aber ist der eigentliche Schlüssel zu einem neuen Bauen. Denn das Bauen ist eine ungemein ressourcenhungrige Angelegenheit. Es verschlingt nicht nur Rohstoffe, sondern auch Energie und produziert dabei auch noch reichlich Reste, die auf der Deponie landen. Doch deren Kapazitäten

sind genauso endlich wie die globalen Rohstofflager. Sand, auf den ersten Blick ein banales Material, ist schon heute in bestimmten Regionen Mangelware, was zu illegalen Abbau-Aktionen und organisiertem Sandschmuggel führt. Ressourcenschonung wird künftig zum zentralen Thema, allein schon wegen der Preisentwicklung der Werkstoffe, wie unerschwer an den Kosten für Stahl oder Kupfer ablesbar ist. Abhilfe bietet das Recycling, doch gerade beim Bauen sind die Werkstoffe meist untrennbar miteinander verbunden oder bereits als Komposite eingebaut worden. Ein stoffgerechtes und echtes Recycling, das nicht Downcycling bedeutet, ist nach dem heutigen Stand der Technik nur sehr bedingt möglich.

Wie sehen Ansätze aus, das Recyclingproblem zu lösen?

Hier setzt das Konzept „Cradle-to-Cradle“ (C2C) an, das allmählich in den Fokus der Gebäudeplanung rückt und im Prinzip den kontinuierlichen Kreislauf der Stoffe vorsieht – auch in der Technosphäre. Das aber setzt nicht nur ein neues Denken voraus, das viele heute etablierte Standards infrage stellt, sondern es bedarf neuer Planungstools, neuer Gebäudekonzepte und vor allem neuer Bauprodukte. Diese tauchen auch langsam in den Produktkatalogen auf.

Das Prinzip von C2C setzt voraus, dass Produkte so konzipiert sein müssen, dass sie nicht zu Abfall werden, sondern rückführbar sind. Die Hersteller sollen also Interesse daran haben, ihre Produkte wieder zurückzubekommen. Neben dem Design der Produkte ist dabei die Rücknahmesystematik die Herausforderung.

Großformatige energieeffiziente Fassaden aus Textilbeton mit Sandwichtragwirkung – Entwicklung von Herstellmethoden, Bemessungs- und Fügekonzepten

Ann-Christine von der Heid, RWTH Aachen

Sandwichelemente mit Deckschichten aus Stahlbeton weisen üblicherweise Schalendicken von mindestens 8 bis 9 cm auf. Die ökologischen sowie energetischen Anforderungen an die Gebäudehüllen werden sich in den nächsten Jahren weiter verschärfen. Dies bedeutet eine kontinuierliche Vergrößerung der Außenwandstärke durch dickere Dämmungen. Um dem entgegenzuwirken, sollen dünne textilbewehrte Schalen die gängigen Stahlbetonschalen ersetzen.

de jedoch verworfen, da die Sandwichtragwirkung maßgebend von dem später eingebauten Dämmstoff und dessen Verbund abhängt. Um flexibel in der Wahl des Dämmstoffes zu sein, wurde entschieden, diesen nicht in der Bemessung anzusetzen. Mit dem neuen Ansatz wird die Sandwichtragwirkung daher ausschließlich über die Verbundmittel hergestellt, sodass der Dämmstoff frei gewählt werden kann. Durch die dünnen Deckschichten aus Textilbeton konnten zur Konstruktion und Beschrei-

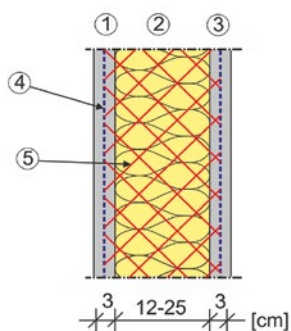
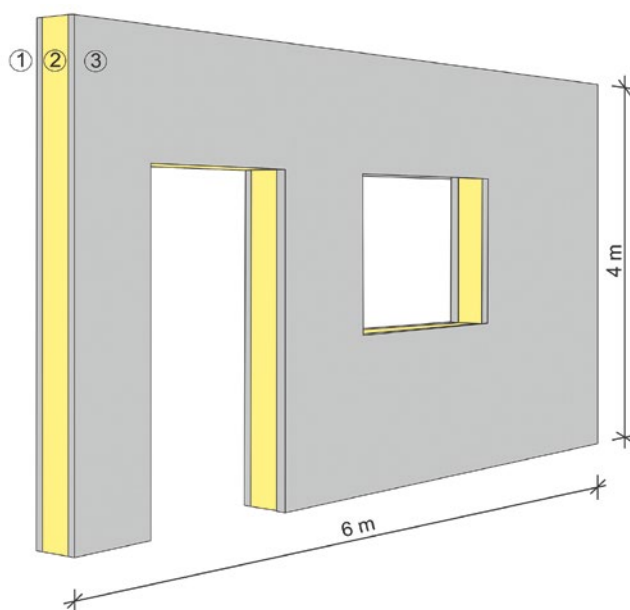


Abbildung 65: Projektziel des Forschungsvorhabens – zwei dünne Textilbetondeckschichten mit einem nicht-metallischen Verbundmittel

- ① Außenschale aus textilbewehrtem Beton
- ② Tragender Dämmkern
- ③ Innenschale aus textilbewehrtem Beton
- ④ Textilbewehrung
- ⑤ Textiles Schubgitter



Mit diesem Forschungsvorhaben wurde das übergeordnete Ziel verfolgt, die technischen Grundlagen zur Herstellung und Bemessung von großformatigen, leichten und energieeffizienten Sandwichelementen für Außenwände mit Deckschichten aus textilbewehrtem Beton und innen liegender Wärmedämmung zu schaffen (Abb. 65). Ursprünglich war geplant, eine Verbundtragwirkung der Betondeckschichten über die innen liegende Dämmung zu erreichen (Sandwichtragwirkung). Dieser Gedanke wur-

de jedoch verworfen, da die Sandwichtragwirkung maßgebend von dem später eingebauten Dämmstoff und dessen Verbund abhängt. Um flexibel in der Wahl des Dämmstoffes zu sein, wurde entschieden, diesen nicht in der Bemessung anzusetzen. Mit dem neuen Ansatz wird die Sandwichtragwirkung daher ausschließlich über die Verbundmittel hergestellt, sodass der Dämmstoff frei gewählt werden kann. Durch die dünnen Deckschichten aus Textilbeton konnten zur Konstruktion und Beschrei-

ung des Tragverhaltens weder die Konstruktionsprinzipien und Verbundmittel noch die Bemessungsmodelle von üblichen Stahlbetonsandwichelementen übertragen werden. Um das Forschungsziel zu erreichen, wurden sechs Arbeitspakete (AP) festgelegt. In AP1 wurden Anforderungsprofile aus statisch-konstruktiver, bauphysikalischer und herstellungstechnischer Sicht aufgestellt. Darauf aufbauend wurden Sandwichelemente entworfen und

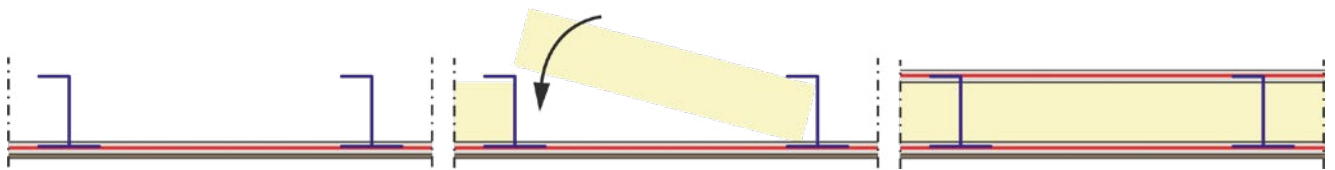
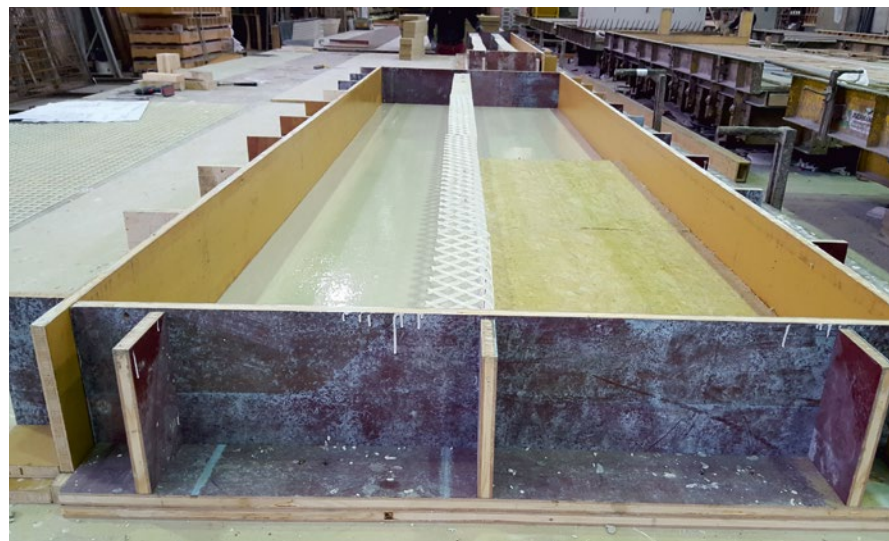


Abbildung 66: Schema Produktion

vorbemessen, um anschließend die Mindestanforderungen an die Baustoffe festzulegen. In AP2 wurden geeignete Betonrezepturen für dünne Textilbetondeckschichten entwickelt. Die Deckschichten sollen mit Verbundmitteln mit geringer Wärmeleitfähigkeit verbunden werden. Ausgangspunkt dafür waren punktförmige GFK-Verbundmittel und streifenförmige Schubgitter. Ausschlaggebend für die Wahl der Verbundmittel war die Einbindetiefe in die dünnen Deckschichten sowie die Tauglichkeit im Herstellungsprozess. Für die weitere Bearbeitung des Projektes wurde deshalb ein linienförmiges Schubgitter aus einem mit Epoxidharz getränktem alkaliresistentem (AR) Glas einem punktförmigen Verbundmittel vorgezogen. In AP3 wurde die Herstelltechnik für Sandwichelemente entwickelt (Abb. 66–67). Als vorrangige technische Herausforderung stellte sich die lagesichere Positionierung der Textilien und Schubgitter heraus, da die Textilien zum Aufschwimmen neigen. Parallel dazu wurden in AP4 die unter Werksbedingungen hergestellten Probekörper Tragfähigkeitsuntersuchungen unterzogen. Im Einzelnen wurden Versuche zur Tragfähigkeit der textilen Bewehrung an Plattenstreifen, zur Verankerung der Verbundmittel im Beton und zur Druck- und Abschertragfähigkeit der Sandwichelemente sowie zur Tragfähigkeit der Transportanker durchgeführt. Anschließend wurde die Gesamttragfähigkeit des Systems an sieben Sandwichstreifen untersucht (Abb. 68). Die Prüfkörper unterschieden sich zwischen der Anzahl der eingebauten Schubgitter, der Breite und der Höhe. Aus produktionstechnischen Gründen konnten keine großformatigen Prüfkörper ohne Dämmstoff hergestellt werden. Daher wurden fünf Prüfkörper mit einer weichen Mineralwolle und zum Vergleich zwei Prüfkörper mit einer tragfähigen extrudierten Polystyrol(XPS)-Dämmung untersucht. In den letzten zwei Arbeitsschritten wurden die Versuchsergebnisse durch Simulationen mit dem FE-Programm ABAQUS genauer analysiert. Anhand der experimentellen und numerischen Untersuchun-



gen wurden praxismgerechte Bemessungsmodelle hergeleitet, die das Tragverhalten der dünnwandigen Sandwichelemente beschreiben. Hierzu wurden zwei Ansätze verfolgt: Der vereinfachte Ansatz für quadratische/rechteckige Platten und der Ansatz für geometrisch anspruchsvolle Platten. Bei Letzterem werden die Schnittgrößen der Schubgitter mithilfe eines FE-Programms ermittelt und anschließend mit den experimentell ermittelten Widerständen ver-

Abbildung 67: Einbau der nicht tragenden Dämmung

Abbildung 68: Verformungsbild eines Großkörperversuchs mit Mineralwoll-dämmung



Abbildung 69: Sandwichplatte mit Toraussparung

glichen. Da die Elemente nicht mit konventionellen Befestigungselementen aus dem Stahlbetonbau mit dem Gebäude verbunden werden können, wurden neue Befestigungs- und Anschlussdetails entwickelt. Den Abschluss des Projektes stellte ein Demonstratorbauteil im Maßstab 1 : 1 dar (Abb. 69).

Das Ziel des Forschungsvorhabens, die Funktionsfähigkeit von Sandwichwandelementen mit zwei dünnen Deckschichten nachzuweisen, konnte erfüllt werden. Die Tragfähigkeit wurde anhand von experimentellen und numerischen Untersuchungen ermittelt und kann als sehr zufriedenstellend bewertet werden. In dem System ermöglichen die variablen Abstände der Schubgitter eine individuelle und wirtschaftliche Anpassung an die zu erwartenden Einwirkungen. Neben der Elementtragfähigkeit stellt ebenfalls die Herstellung der großformatigen Sandwichelemente mit Erfahrung und Geschick im Umgang mit dem Werkstoff kein Problem dar.

Eckdaten

Großformatige energieeffiziente Fassaden aus Textilbeton mit Sandwichtragwirkung

Forscher:

RWTH Aachen
Institut für Massivbau (IMB)
Prof. Josef Hegger,
Norbert Will,
Ann-Christine von der Heid

RWTH Aachen
Institut für Bauforschung (ibac)
Cynthia Morales-Cruz

Hering Bau GmbH & Co KG
Reiner Grebe

H₂O_WoodController

Entwicklung eines sicherheitsrelevanten Überwachungssystems für feuchtetechnische Problemstellungen im Holzbau

Daniel Heite, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

Die meisten Bauschäden im Holzbau sind auf eindringende Feuchte zurückzuführen. Aufgrund der vielen möglichen Schadensursachen, wie Alterung von Abdichtungen, Planungs- und Montagefehlern etc., ist es nahezu unmöglich vorherzusagen, wo ein Schaden auftritt. Da aber im Baubereich Überwachungssysteme bisher kaum vorhanden sind, besteht Bedarf an einer möglichst lückenlosen Überwachung des Bauwerkszustands.

In den letzten Jahren werden vermehrt Forschungsvorhaben im Bereich der Bauwerksüberwachung initiiert – auch die Holzfeuchteüberwachung steht im Fokus der Forscher. Diese greifen jedoch alle auf verfügbare, im Anwendungsbereich stark limitierte Messverfahren zurück. So können vielfach nur wenige Sensoren angeschlossen werden, der Messbereich der Sensoren ist stark lokal begrenzt und vielfach sind Batteriewechsel an den Sensoren und Messgeräten notwendig.

Der „H₂O Wood-Controller“ kompensiert diese Anwendungsrestriktionen und ermöglicht eine nahezu flächendeckende und kostengünstige Analyse des Bauwerkszustands. Das Funktions-

prinzip des Sensors wird im Folgenden am Beispiel einer neu entwickelten Brettschichtholz-Sensorlamelle erläutert:

Diese Sensorlamelle besteht aus drei Schichten Fichtenholz. Die Leimfugen sind durch Einlage von Drahtgittern elektrisch leitfähig ausgeführt. Die Drahtgitter werden über Kabel kontaktiert und mit einem neu entwickelten Widerstandsmessgerät verbunden. Die Mittellage der BSH-Sensorlamelle wird als elektrischer Leiter betrachtet, sodass über den „Leitungswiderstand“ die Holzfeuchte ermittelt wird.

- Sinkender „Leitungswiderstand“ = steigende Holzfeuchte
- Steigender „Leitungswiderstand“ = sinkende Holzfeuchte

Für die Sensorlamelle wird die Mittellage des Sensorfeldes (Massivholz Fichte) als elektrischer Leiter betrachtet, der je nach Feuchtegehalt unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten aufweist.

Anhand der Gleichung $R = \frac{\rho \times d}{A}$ kann der Leitungswiderstand R in Ω eines beliebigen Mate-

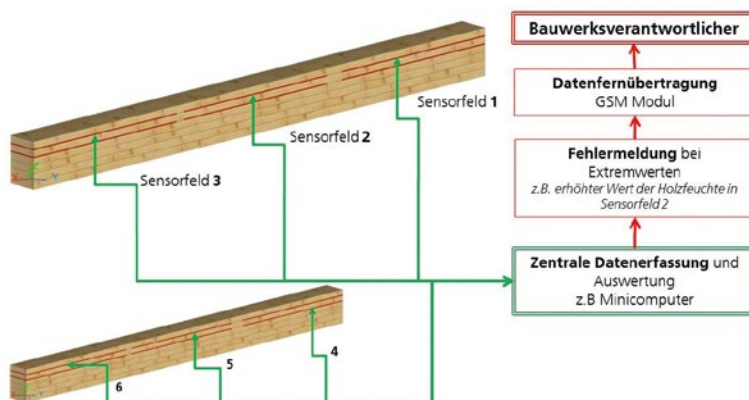


Abbildung 70: Zeichnerische Darstellung der Brückenaufleger mit Sensorlamellen (Draufsicht)

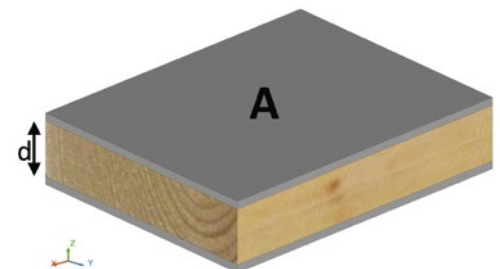


Abbildung 71: Mögliche Variante der Messstellenkontaktierung



Abbildung 72:
Nachrüstlösung der
Sensorlamellen mit dünnen
vorgesetzten Lamellen

rials mit beliebigen Dimensionen, berechnet werden. Hierbei bedeuten ρ = spezifischer Widerstand in $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, d = Dicke in m und A = Fläche in mm^2 .

Der spezifische Widerstand bei den jeweiligen Temperatur- und Feuchtebedingungen kann durch Umstellen der Gleichung (1) nach ρ , über den gemessenen Widerstand R berechnet wer-

den. Die Rückführung der gemessenen Widerstandswerte auf den spezifischen Widerstand hat den Vorteil, dass die Dimension A der Sensorfelder, besonders im Hinblick auf eine praktische Anwendung als flächendeckendes Holzfeuchteüberwachungssystem, beliebig variiert werden kann.

Zur Ermittlung des spezifischen Widerstandes von Fichtenholz wurden 16 Sensorlamellen mit den Abmessungen $260 \times 100 \text{ mm}$, bei einer Gesamtdicke von 15 mm , hergestellt. Diese wurden unterschiedlichen Klimabedingungen ausgesetzt und der elektrische Widerstand permanent gemessen. Zur Bestimmung der Holzfeuchte erfolgten einige gravimetrische Messungen. Über eine finale Darrprobe konnte somit die Holzfeuchte der Sensorlamellen zum Zeitpunkt der gravimetrischen Messung genau bestimmt und der spezifische Widerstand der Holzfeuchte zugeordnet werden.

Die Näherungsgleichung $R_{\text{spez.}} = 2E - 0,5 u^{-10}$ beschreibt den Zusammenhang zwischen Holzfeuchte u und spezifischem Widerstand R_{spez} von Fichtenholz bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Für das Anwendungsbeispiel Holzbetonverbundbrücke ergibt sich folgendes mögliches Überwachungskonzept:



Abbildung 73: Ansicht der Brücke Neckartenzlingen mit montierten Sensorlamellen im Zwischenlagerbereich

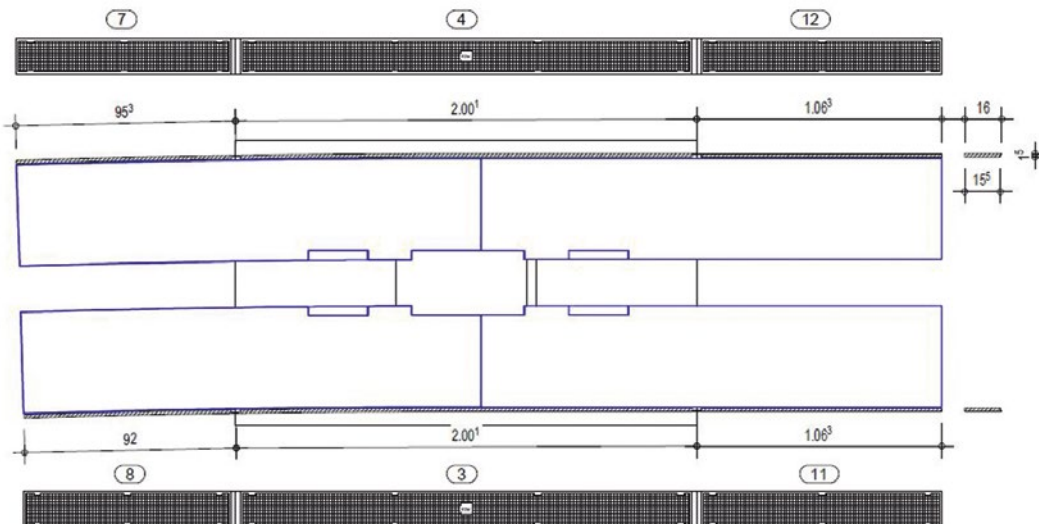


Abbildung 74:
Zeichnerische Darstellung
der Brückenaufleger mit
Sensorlamellen

Vollflächige Überwachung des Übergangsbereiches

- Holz – Beton – Größtes Schädigungspotenzial (Beschädigungen in der Abdichtungsebene und dadurch bedingter Feuchteintritt können viele Jahre unbemerkt das Tragwerk schädigen.)

Überwachung der Auflagerbereiche

- Verstopfung von Entwässerungssystemen führen hier öfter zu Aufwechungen und Beschädigungen im Auflagerbereich.

Unterseitige Überwachung

- Erkennung von bauphysikalisch dauerhaft schlechten Bedingungen (z.B. dauerhaft feuchte Umgebungsbedingungen durch stark wuchernden Bewuchs im Auflagerbereich)

Durch die große Bandbreite der Sensordimensionen ist eine Anpassung an viele bauliche Bedingungen, Konstruktionsdetails und Anwendungsfälle denkbar. Zusätzlich bietet das Messgerät die Möglichkeit, das Überwachungskonzept durch weitere Sensoren, z.B. Luftfeuchte und Temperatur, zu erweitern.

Vorrangiges Ziel des Forschungsvorhaben, war es, ein umfassendes System zur Bauwerksüberwachung im Holzbau zu realisieren, um die vielfältigen Anschluss- und Einbausituationen zu berücksichtigen. Der Schwerpunkt lag deshalb auf der Entwicklung eines Verfahrens zur flächenbasierten Holzfeuchtemessung. Ein weiteres Ziel war die Entwicklung eines auf diese Anwendungen angepassten Messgerätes mit der Möglichkeit zur zuverlässigen Datenfernübertragung und der flexiblen Verwendung unterschiedlichster Sensorik. Die umfassenden

Labormessungen zeigen, dass das Funktionsprinzip der flächenbasierten Holzfeuchtemessung gute und reproduzierbare Ergebnisse liefert. Lediglich die Messung sehr hoher Holzfeuchten >20 % ist fehlerbehaftet. Prototypen des Messgerätes und der Sensoren wurden im Nachgang zum Projekt an einer neu errichteten Holzbrücke in Neckartenzlingen installiert und werden im Dauereinsatz untersucht.

Eckdaten

H2O_WoodController

Forscher:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP,
Valley
Daniel Heite (Projektleitung)

Innovative Wohnkonzepte werden erprobt: die Modellvorhaben der Variowohnungen

Anne Bauer, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Gesellschaftliche Veränderungen verlangen ein Umdenken bei Planung und Bau von Wohnraum. Der Wandel hin zu immer vielfältigeren Lebensformen, einer mobileren Gesellschaft und die fortschreitende Urbanisierung lassen die Nachfrage nach kostengünstigen, kleinen und variablen Wohnungen in Städten und Ballungsgebieten steigen. Mit dem Förderprogramm für Modellvorhaben zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen werden in 19 Projekten innovative Wohnkonzepte für Studierende und Auszubildende erprobt und erforscht.

Seit Jahren steigt die Nachfrage nach Wohnraum in den deutschen Städten und Ballungsgebieten. Die Mieten, besonders in prosperierenden Metropolregionen, Großstädten und Hochschulstandorten, sind deutlich gestiegen. Dort wird es immer schwieriger, bezahlbaren Wohnraum zu finden. Eine mobiler werdende Gesellschaft, in der doppelte Wohnsitze nicht mehr die Ausnahme sind, neue und sich stetig wandelnde Formen des individuellen und ge-

meinschaftlichen Lebens und eine alternde Gesellschaft verstärken insbesondere die Nachfrage nach kleinen und variablen Wohnungen. Neben älteren Menschen, Geflüchteten, Young Professionals und Pendlern sind es die Studierenden und Auszubildenden, die von der angespannten Situation betroffen sind.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesbauministerium Ende 2015 im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau das Förderprogramm für Modellvorhaben zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen aufgesetzt. Gefördert werden zukunftsfähige Wohnungsbauprojekte für Studierende und Auszubildende. Sie halten festgelegte Höchstmieten (bis zu 320 € pro Wohnplatz und Monat) ein und schaffen innovative, schnell zu errichtende und dabei nachhaltige Wohnlösungen. So wird schon bei der Planung von Variowohnungen die spätere Nachnutzung mitgedacht. Flexible und leicht veränderbare Grundrisse machen die Wohnungen anpassbar für zukünftige Nutzungen und beispielsweise für Familien oder Senioren.

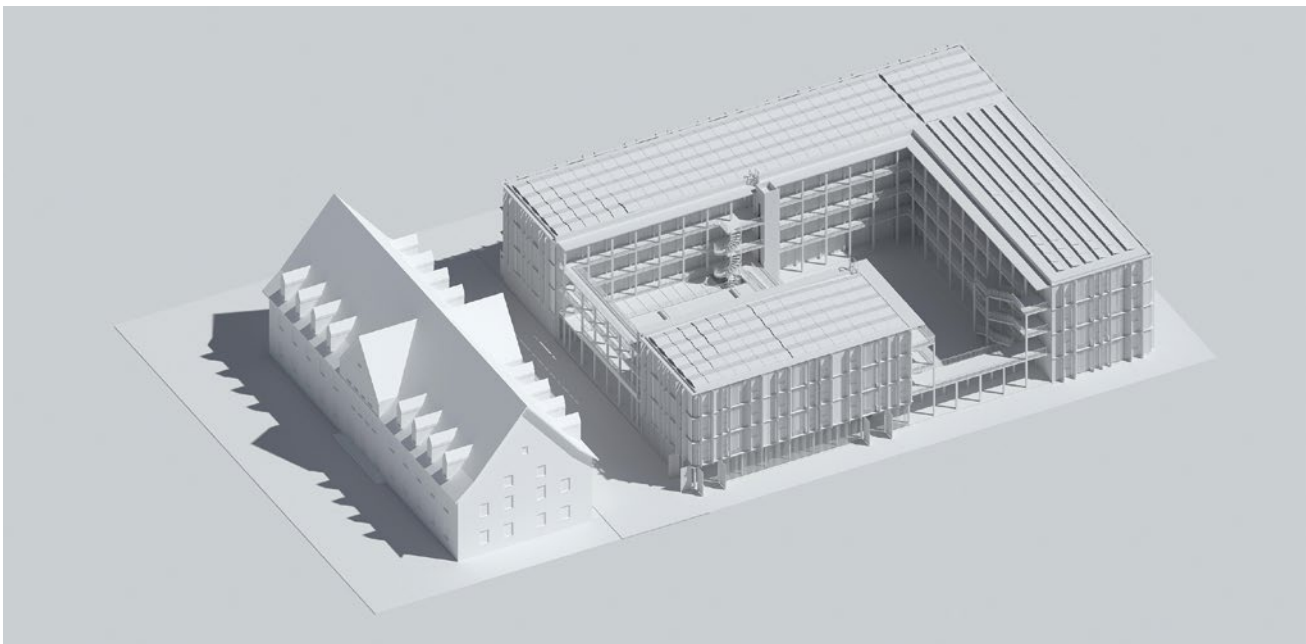


Abbildung 75: Auf den ehemals militärisch genutzten Flächen des „US-Hospitals“ in Heidelberg-Rohrbach soll in einer Kombination aus innovativem Holzbau und der Umnutzung zweier Altbauten ein selbstverwaltetes Studierendenwohnheim für gemeinschaftliches Leben und Lernen mit 158 Wohnplätzen entstehen. Der im Rahmen des Programms geförderte Neubau mit großzügigen Gemeinschaftsflächen soll als Holzbau errichtet werden. Dieser wird zu einem hohen Grad vorgefertigt und verzichtet auf metallische Verbindungen.



Abbildung 76: Auf dem früheren Standort eines Plattenbauriegels in Berlin-Marzahn entsteht ein städtebaulich neu gestaltetes Quartier. Den Schlusspunkt der fünf geplanten Gebäude setzt ein Bau mit 126 Vario-Wohneinheiten. Die Planung bietet ein differenziertes und großzügiges Angebot an Gemeinschaftsflächen im Innen- und Außenraum. Besonders die Außenbereiche wie Grillplatz und Sportstätten können unter den Hausbewohnern und in die Nachbarschaft identitätsstiftend wirken.



Abbildung 77: In Hamburg-Harburg entsteht ein Azubiheim mit 190 Wohnplätzen ausschließlich für Auszubildende mit gültigem Lehrvertrag. Da die Fläche ursprünglich für die Wache der freiwilligen Feuerwehr vorgesehen war, macht die Integration dieser Feuerwache eine Schaffung von Wohnraum an dieser Stelle erst möglich.

Abbildung 78: Variowohnen: Standorte der Modellvorhaben





Abbildung 79: Die ehemalige Zahnklinik in Erfurt wird durch das Studierendenwerk Thüringen als Wohnhaus mit 251 Wohneinheiten umgebaut. Das zwölfgeschossige Gebäude in unmittelbarer Nähe zur Universität ist als Stützen-Riegel-System aus Stahlbeton konstruiert. Eine Modernisierung mit einem hohen Maß an Modularität und Vorfertigung von Elementen als Baukastensystem sind so möglich.

Die Erprobung innovativer Wohnkonzepte soll Antworten geben darauf, wie Nachverdichtung den Anforderungen einer alternden und sich wandelnden Gesellschaft und dem Anspruch individuellen Wohnbedürfnisse in Gemeinschaft anpassbar funktionieren könnte. Ein spezielles Augenmerk liegt dabei auf Innovationen im Bereich des modularen und vorgefertigten Bauens und der Frage, wie sich hohe architektonische Qualität mit niedrigen Mieten vereinbaren lässt.

Die Höhe der Förderung hängt von dem Innovationspotenzial des jeweiligen Projekts ab, was sich aus dem Erfüllungsgrad verschiedener Förderkriterien zusammensetzt. Ziel ist es, Bauzeiten zu verkürzen und Kosten zu sparen durch optimierte Planungsprozesse, element- und modulbasierter Vorfertigung und einer seriellen Produktion (Förderbaustein (FB)1). Um die Nebenkosten zu senken und bezahlbare Mieten sicherzustellen, sollen besondere Aufwendungen zur Senkung der Betriebskosten (FB 5) in die Projekte implementiert werden. Neben der geforderten Flexibilität (FB 4) bilden innovative Konzepte zum Wohnen in Gemeinschaft (FB 6), die mitgedachte (nachrüstbare) Barrierefreiheit (FB 3) und eine ökologische Freiraumgestaltung (FB 7) nachhaltige Aspekte des Wohnens ab. Die Bebauung von Restflächen und eine hohe städtebauliche Qualität (FB 2) sowie die bauliche Vorhaltung der Möglichkeit, das Erdgeschoss für nichtwohnliche Zwecke zu nutzen (FB 8), sorgen für ressourcenschonende Nachverdichtung und Vernetzungen in bestehende Quartiere hinein.

Eine integrierte wissenschaftliche Begleitung in jedem Projekt untersucht die innovativen Planungs-, Bau- und Nachnutzungsprozesse.

Anforderungen an Variowohnungen und deren Umsetzung in die Praxis werden dokumentiert und analysiert, um Grundlagen für die Entwicklung und die nachhaltige Nutzung von innovativen Wohnkonzepten zu schaffen. Die geforderte Nachhaltigkeitszertifizierung bietet eine zusammenfassende und vergleichbare Darstellung der Nachhaltigkeitsaspekte der Projekte und dient als integrales Planungsinstrument.

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, das für die fachlich-wissenschaftliche Betreuung und administrative Umsetzung des Programms zuständig ist, setzt die gewonnenen Erkenntnisse in einer projektübergreifenden Querauswertung in den übergeordneten fachlichen und aktuellen Kontext. Ein vom BBSR beauftragtes Team aus sol•id•ar planungswerkstatt, Hochschule Ostwestfalen-Lippe und Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin ist dabei unterstützend tätig.

19 Projekte an verschiedenen Hochschulstandorten wurden durch ein Expertengremium zur Förderung ausgewählt. Dabei reicht die Bandbreite von der kleinen innerstädtischen Baulückenschließung mit 20 Wohnplätzen bis zu dem Neubauvorhaben mit rund 400 Wohnungen. So entstehen rund 2.600 Wohneinheiten überwiegend für Studierende, aber auch für Auszubildende. Diese stehen den Mietern spätestens ab 2020 zur Verfügung, denn alle Projekte müssen bis Ende 2019 umgesetzt werden. Erste Maßnahmen haben bereits mit dem Bau begonnen. Gefördert werden öffentliche Träger wie Studierendenwerke und Wohnungsbaugesellschaften sowie zahlreiche Projekte von kleinen privaten Investoren mit insgesamt 35 Mio. €.

Die Begleitforschung bei den Modellprojekten zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen

BFvario: sol•id•ar, HTW Berlin, HS OWL

Kleine, flexible und bezahlbare Wohnungen sind gerade in Ballungsräumen und an studentischen Hotspots Mangelware. Auch der demografische Wandel erfordert neue Wohn- und Betreuungskonzepte. Variowohnungen können hier Engpässe schließen. Vario- und Kleinstwohnungskonzepte existieren bereits in vielfältigen Ausprägungen. Intensiviert werden müssen die Marktdurchdringung und die breitenwirksame, schnelle Umsetzung der Konzepte - vor allem auch im Gebäudebestand.

In einem mehrjährigen Prozess wird die Planung und Realisierung von mehreren Modellprojekten bundesweit durch eine übergeordnete Begleitforschung betreut. Die Modellprojekte setzen eigene, individuelle Schwerpunkte, die sie auch mit einem eigenen Forscherteam wissenschaftlich auswerten. Das Team der Begleitforschung sammelt, strukturiert und vergleicht diese Daten projektübergreifend. Neben den harten Zahlen werden auch weiche Faktoren untersucht, die den Erfolg und die Performance der Projekte maßgeblich mitbestimmen können.

Im Rahmen von projektbegleitenden Interviews sollen die Planer und Bauherren zu Prozessabläufen, zur Entscheidungsfindung und Nutzereinbindung befragt werden.

Einen weiteren Schwerpunkt wird die Auseinandersetzung mit Planungs-, Bau- und Betriebskosten bilden, die im Rahmen einer Lebenszykluskostenbetrachtung in verschiedenen Projektphasen untersucht werden. Bautechnologien und Vorfertigungskonzepte werden in Bezug auf ihr Kosteneinsparpotenzial hin analysiert. Als Nachweis eines übergreifenden Qualitätsverständnisses sollen alle Modellvorhaben nach den Systemen Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) bzw. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltige Bauen (DGNB) zertifiziert werden.

Geplant ist auch die Etablierung eines Netzwerkes für den fachlichen Austausch rund um Variowohnungen. Zentrale Anlaufstelle wird die Internetseite im Portal der Forschungsinitiative Zukunft Bau. Für die verschiedenen Inte-

Abbildung 80: Konzept der Datenerfassung durch die übergeordnete Begleitforschung

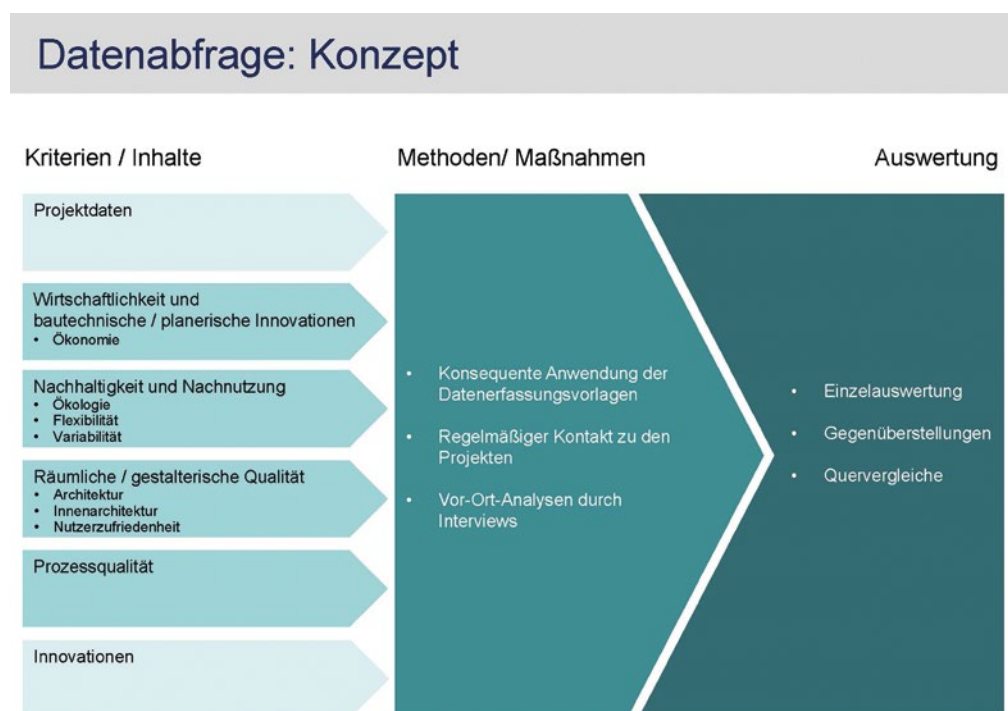




Abbildung 81: Neubau eines studentischen Wohnheims auf Restgrundstück
(Modellbauvorhaben Wuppertal, ACMS Architekten)

ressengruppen sollen Angebote zum Erfahrungsaustausch in Form von Internetforen und verschiedenen Veranstaltungsformaten gemacht werden. Neben dem internen Wissens- und Erfahrungsaustausch auf regelmäßigen Netzwerktreffen werden wichtige Ergebnisse im Rahmen von Symposien auch der interessierten Fachöffentlichkeit präsentiert.

Im Rahmen der Querauswertung werden Vergleiche zum „Standard“-Wohnungsbau gezogen. Dabei sind insbesondere geeignete Kenngrößen und Merkmale von Interesse, um Variowohnungen zu charakterisieren. Diese sollen über reine Flächenkennwerte hinausgehen und umfassen die Auseinandersetzung mit folgenden Themenfeldern:

- Herausarbeitung und Dokumentation von besonders geeigneten bau- und anlagentechnischen Standards für Variowohnungen
- Erarbeitung und Dokumentation einer Typologie für Variowohnungen auf der Ebene Gebäude und der Ebene Raumstrukturen
- Ermittlung von absoluten Effizienzkennziffern (Energie, Flächen) und spezifischen Kennzahlen pro Bewohner/Wohneinheit
- Analyse von Effekten bei der Anwendung von unterschiedlichen Methoden in Planungs- und Bauprozessen: integrale Planung, digitales Planen, Building Information Modeling (BIM)
- Untersuchung von Innovationen im Bereich des modularen und vorgefertigten Bauens (hinsichtlich Vorfertigungsverfahren, Detailausbildung, Baustoffe/Material)
- Beschreibung der Rahmenbedingungen für das schnelle und wirtschaftliche Errichten von flexibel nutzbaren und nachhaltigen Kleinstwohnungen, insbesondere für urbane/großstädtische Räume
- Grundlagenermittlung auf dem Gebiet der architektur-soziologischen Betrachtung von flexibel einrichtbaren Wohnungen und dem engen Zusammenleben verschiedener Bevölkerungsgruppen innerhalb von gemeinsamen Wohnstrukturen
- Empfehlungen für Mischnutzungen und Nutzungskombinationen bei Variowohngebäuden (Nutzungsanteile, Nutzungssynergien etc.)
- Vergleich von Nach- und Umnutzungskonzepten in Planung und Praxis sowie projektübergreifend
- Best-Practice-Beispiele für die Umsetzung von räumlichen, sozialen und gestalterischen Qualitäten im Kontext mit geringen Kosten
- Quervergleiche im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung/Ökobilanzierung (Unterschiede/Gemeinsamkeiten DGNB, NaWoh)

Durch eine übergeordnete Begleitforschung bietet sich mit der Querschnittsanalyse von mehr als 19 Modellprojekten die Gelegenheit, innovative Planungs-, Bau- und Nutzungsprozesse von Beginn an intensiv aus der Perspektive der Baupraxis zu untersuchen und die theoretischen Grundlagen für praxiserprobte Variowohnungen zu erweitern.

Wichtigstes Ziel der Begleitforschung ist die Komprimierung und Übertragung der gesammelten Erfahrungen und Projektdaten in Form von Handlungsempfehlungen. Diese Empfehlungen werden als Planungsleitfaden aktorspezifisch aufbereitet und den einzelnen Planungs- und Umsetzungsphasen von der Bedarfsermittlung über die Planung, Genehmigung sowie dem Betrieb und der Nutzungsphase zugeordnet.

Eckdaten

BFvario

Forscher/Projektleitung:

Begleitforschungsteam bestehend aus:

- sol•id•ar planungswerkstatt berlin (Projektleitung)
- Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur
- HTW Berlin/FB Regenerative Energien und Klimagerechtes Bauen

Gesamtkosten: 925.544,44 €

Anteil Bundeszuschuss: 100 %

Projektlaufzeit: bis Ende 2019



Abbildung 82: Wohnraum in zentraler Lage und Belebung innerstädtischer Quartiere (Modellbauvorhaben Chemnitz, Brühl 65, raumfeld Architekten)

Gebäude als intelligenter Baustein im Energiesystem – Lastmanagement-Potenziale von Gebäuden im Kontext der zukünftigen Energieversorgungsstruktur in Deutschland

Manuel de-Borja-Torrejón, Technische Universität München

In Deutschland wird der Ausbau erneuerbarer Energie gefördert. Um die daraus resultierende schwankende Stromerzeugung (Abb. 80) zu nutzen, wird im Stromsektor u. a. der Ansatz verfolgt, den Verbrauch an die Erzeugung anzupassen. Die Raumheizung verspricht hierfür Potenzial. Im Hinblick auf den bestehenden Sanierungstau im Gebäudebereich ist eine solche Sektorenkopplung zudem als Begleitmaßnahme zum Erreichen der Klimaziele zu betrachten.

In diesem Projekt wurde die Auswirkung einer stärkeren Interaktion zwischen Gebäude- und Stromsektor untersucht. Um den Einfluss von Gebäuden und ihres Lastmanagement-Potenzials auf das Stromsystem bis ins Jahr 2050 zu analysieren, wurde ein gekoppelter Simulationsansatz gewählt. Hierbei werden detaillierte Gebäudemodelle und deren Wärmeerzeugung inklusive Regelung mit einem Stromsystemmodell gekoppelt (Abb. 81).

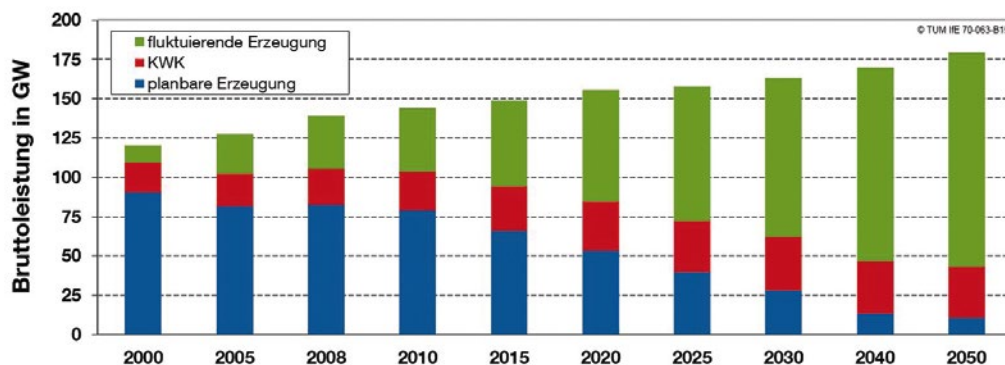


Abbildung 83: Exemplarische Entwicklung der Bruttoleistung der Kraftwerke in Deutschland, mit stark steigendem erneuerbarem fluktuierendem Anteil, bei sinkendem Anteil planbarer konventioneller und steuerbarer Erzeugung aus KWK.

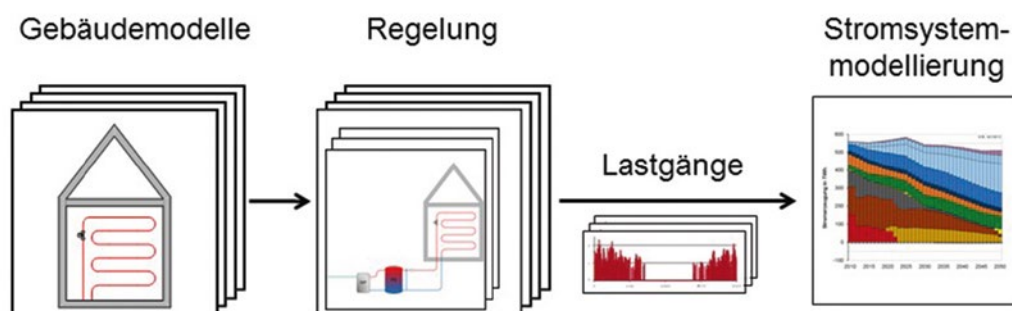


Abbildung 84: Methodik der Modellkopplung zwischen Gebäudemodellen, Anlagentechnik und Regelung sowie Stromsystemmodellierung

Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030



Gerhard Schubert

Senior Researcher, Head of the CDP Research Group

Technical University of Munich
Department of Architecture
Department of Informatics (affiliate membership)
Chair for Architectural Informatics

Ein nahtloser Einsatz von Analysen und Simulationen in frühen Planungsphasen erweitert den Ermessensspielraum planerischer Entscheidungen. Prozesse mit Fachplanern, Stakeholdern und Bürgern verschieben sich in frühe Planungsphasen und verändern die Form der Zusammenarbeit nachhaltig.

Gebäudetypen	Klassen	Übergabe	Erzeuger
EFH	Altbau	RAD	Ö/G-K
	Altbau+	RAD	
	Neubau	FBH	
	Neubau+	FBH	
MFH	Altbau	RAD	WP
	Altbau+	RAD	
	Neubau	FBH	
	Neubau+	LH	
Büro	Altbau	RAD	BHKW
	Altbau+	RAD	
	Neubau	FBH	
	Neubau+	LH	



Abbildung 85: Überblick der Gebäudemodelle und der berücksichtigten Wärmeerzeuger

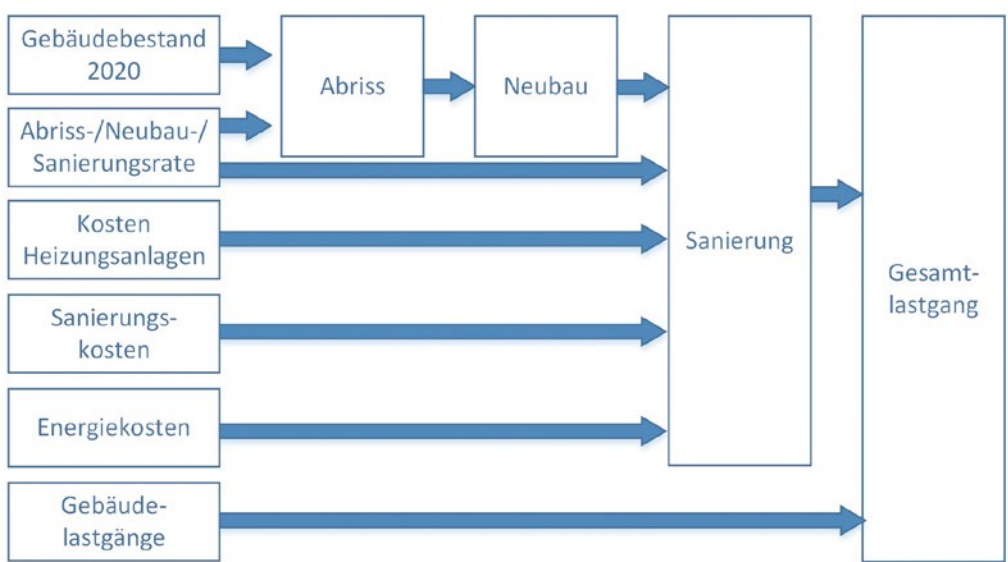


Abbildung 86: Grundstruktur des Tool zur Berechnung der Gebäudeentwicklung und des Gesamtlastgangs

Die Gebäudemodelle sind nach Gebäudetypen und in Energieeffizienzklassen eingeteilt, wobei die in (s.o.) umgesetzte Typisierung als Ausgangsbasis dient. Es werden die Gebäudetypen Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH) sowie Bürogebäude (Büro) modelliert, wodurch insgesamt ca. 75% des Endenergieverbrauchs für Raumwärme berücksichtigt werden. Jeder Gebäudetyp wird in die vier Energieeffizienzklassen Altbau (AB), Altbau+ (AB+), Neubau (NB) und Neubau+ (NB+) eingeteilt. Darüber hinaus werden je nach Gebäudetyp und Energieeffizienzklasse unterschiedliche Wärmeübergabesysteme betrachtet. Die verschiedenen Gebäudemodelle werden im Weiteren mit Wärmeerzeugern kombiniert (Abb. 82). Hier stehen neben konventionellen Erzeugern wie Gas- und Ölkessel auch Wärmepumpen zur Verfügung.

Die Entwicklung der Gebäude- und Anlagenstruktur und deren Veränderung bis 2050 durch Abriss, Neubau und Sanierung wurden im Projekt betrachtet. Dazu wurde ein Softwaretool zur Auswahl von Sanierungsentscheidungen und Anlagentechniken unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien implementiert (Abb. 83). Ausgehend vom aktuellen Gebäude- und Anlagenbestand (s.o.) berücksichtigt das Auswahltool zunächst den Abriss- und

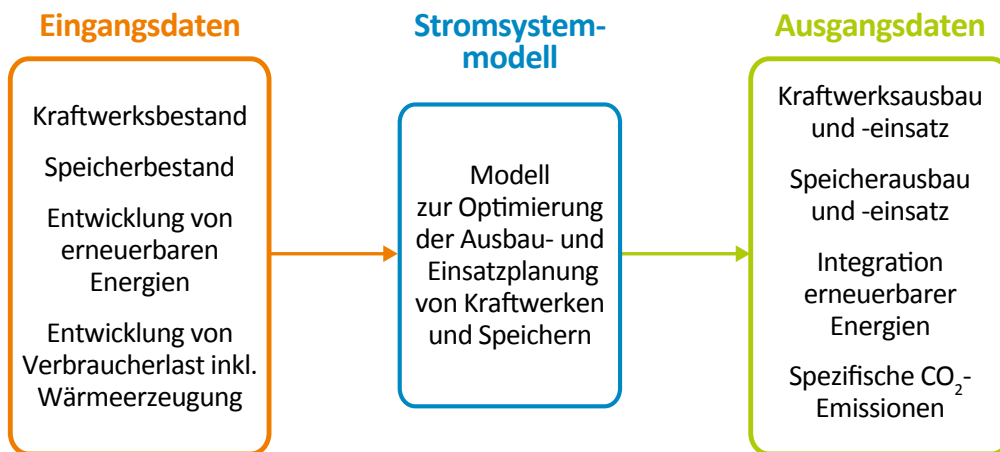


Abbildung 87: Schematische Darstellung des Stromsystemmodells

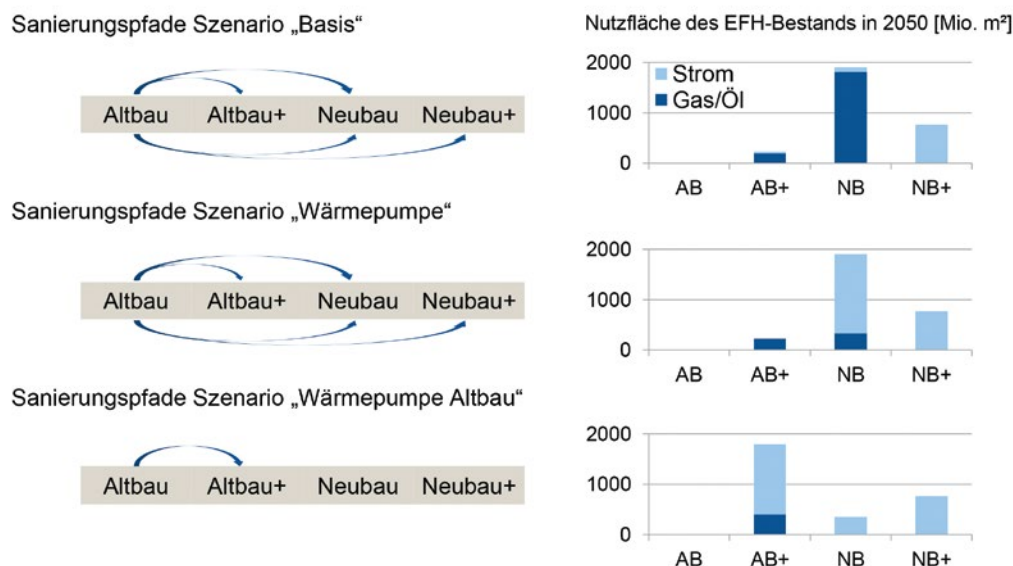


Abbildung 88: Ermittelte Bestandsflächen des Gebäudetyps Einfamilienhaus (EFH) im Jahr 2050 nach Energieträger für Raumheizung, für die Untersuchungsszenarien „Basis“, „Wärmepumpe“ und „Altbau Wärmepumpe“

Neubau von Gebäuden. Anschließend wird ein festgelegter Anteil der Gebäude saniert, was sowohl bauliche Maßnahmen als auch einen Austausch bzw. Neubau der Heizungssysteme miteinschließt. Mithilfe der ermittelten neuen Gebäudeverteilung und der aus der Simulation gegebenen Lastgänge wird ein Gesamt-Stromlastgang ermittelt und an das Stromsystemmodell übergeben.

Der Einfluss einer strombasierter Beheizung des Gebäudebestands wird mithilfe des Stromsystemmodells IMAKUS (s.o.) analysiert, dessen Ziel es ist, die gegebene Stromnachfrage zu allen betrachteten Zeitpunkten kostenminimal zu decken (Abb. 84). Als Ausgangspunkt dient der bestehende Kraftwerkspark in Deutschland sowie aktuell bestehende

Pumpspeicherwerke. Im Modell IMAKUS können unterschiedliche Ziele für den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromnachfrage vorgenommen werden. Für die Untersuchungen im Rahmen des Projektes wurden 80% bis ins Jahr 2050 angenommen. Ergebnis des Modells sind u.a. ein optimaler Kraftwerks- und Speicherausbau. Berücksichtigung findet dabei die Systemzuverlässigkeit durch die Berechnung der gesicherten Kraftwerksleistung.

Basierend auf dem beschriebenen Vorgehen werden verschiedene Szenarien für die Sanierung der Gebäude und Anlagentechnik untersucht. Im Szenario „Basis“ wird die Sanierung möglichst wirtschaftlich durchgeführt, in „Wärmepumpe“ sowie in „Altbau Wärmepumpe“ werden bei der Anlagentechnik Wärme-

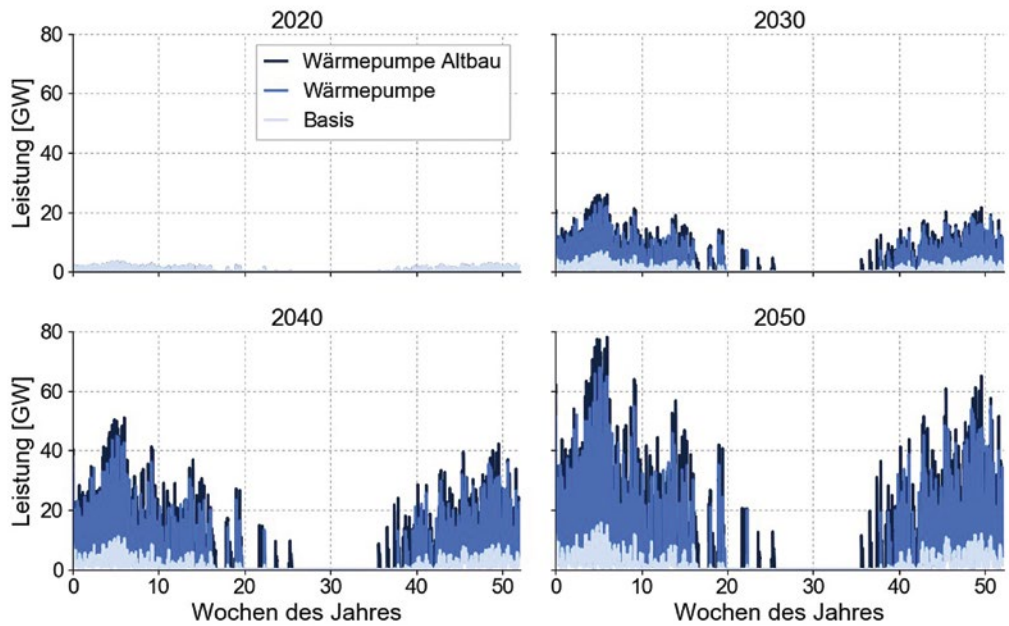


Abbildung 89: Gesamter Gebäudelastgang der Stützjahre für die Szenarien „Basis“, „Wärmepumpe“ und „Wärmepumpe Altbau“

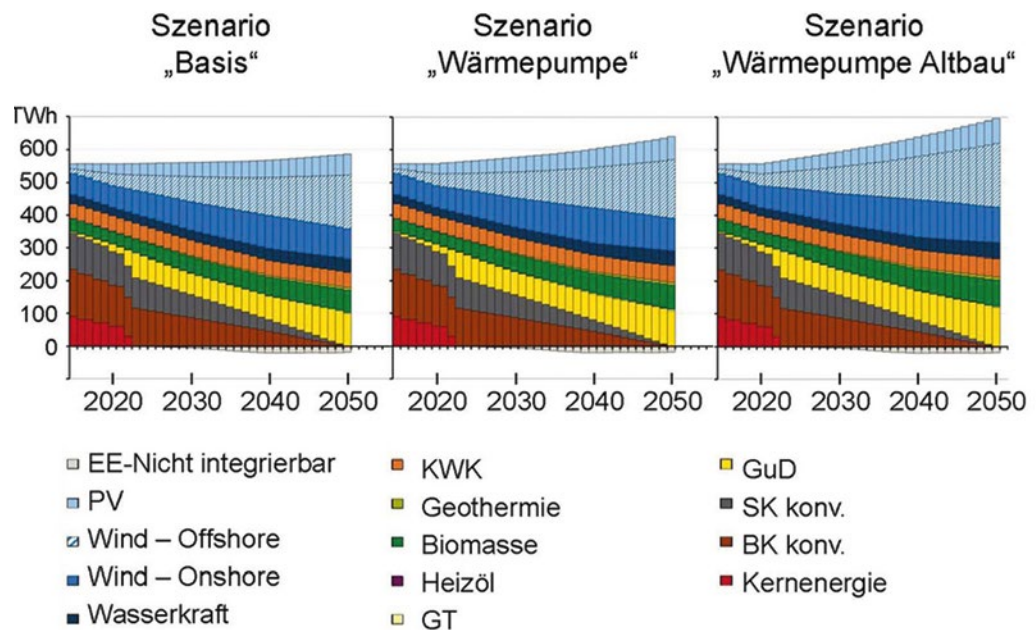


Abbildung 90: Stromerzeugungsstruktur für die Szenarien „Basis“, „Wärmepumpe“ und „Wärmepumpe Altbau“

pumpen erzwungen, wobei in Letzterem nur auf Altbau+ saniert wird (Abb. 85). Die Analyse erfolgt für mehrere Stützjahre. Die resultierenden Gesamtlastgänge des Gebäudebestands sind in Abb. 86 gegenübergestellt. Diese wurden den restlichen Stromnachfragen Deutschlands aufsummiert, um die zukünftige Entwicklung der Stromerzeugungsstruktur bei den genannten Szenarien zu analysieren (Abb. 87).

Der Einfluss des Lastmanagement-Potenzials auf das Stromsystem wird mit den Szenarien „Wärmepumpe“ und „Wärmepumpe Altbau“ analysiert. Im Szenario „Wärmepumpe“ werden zudem die Varianten „optimiert“ und „nicht optimiert“ gegenübergestellt, wobei in „optimiert“ der Stromlastgang der Gebäude auf Basis des Strompreises angepasst wird. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich Zusammen-

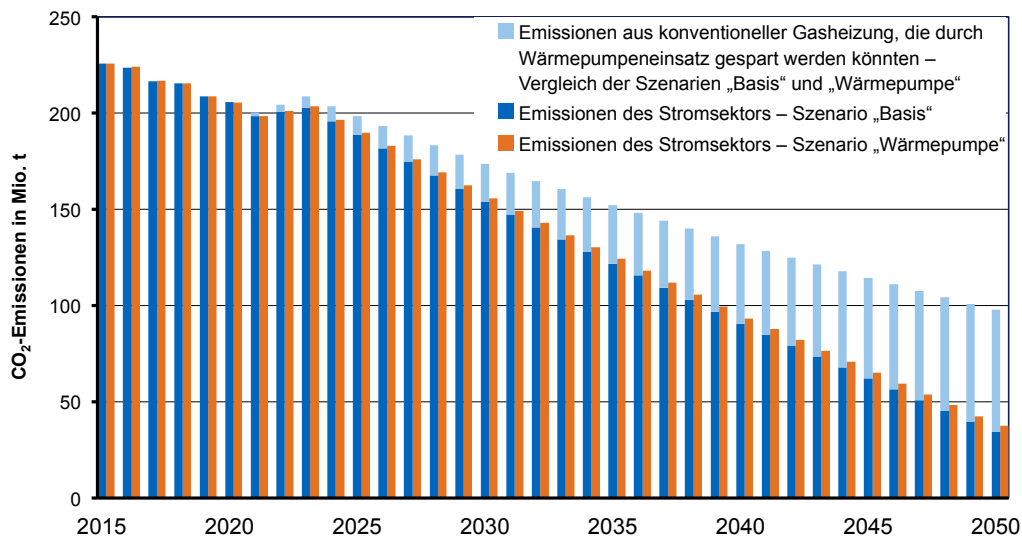


Abbildung 91: Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen. Vergleich der Szenarien „Basis“ und „Wärmepumpe“.

setzung der Stromerzeugung, Ausbau und Verhalten von großtechnischen Speicheranlagen und Entwicklung von CO₂-Emissionen untersucht.

Die Kopplung der Raumheizung mit dem Stromsystem hat in allen Szenarien eine Erhöhung der Stromnachfrage bis 2050 zur Folge. Diese Zusatznachfrage kann zu einem großen Teil aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Die Emissionen für elektrische Wärmeerzeugung bewegen sich weit unter denen mit konventioneller Gasheizung (Abb. 88). Durch das Lastmanagement verstärkt sich dieser Trend. Außerdem können Speicherinvestitionen reduziert und Speicherverluste durch eine direktere Nutzung der erneuerbaren Energien verringert werden. Die Sektorenkopplung bringt nach dieser Untersuchung in erster Linie positive Aspekte. Allerdings könnte es notwendig sein, dafür die Netzkapazität signifikant auszubauen.

Eckdaten

Gebäude als intelligenter Baustein im Energiesystem

Forscher:

Technische Universität München
 Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
 Prof. Thomas Auer
 Dennis Atabay,
 Manuel de-Borja-Torrejón,
 Rita Dornmair
 Philipp Kuhn
 Johannes Maderspacher
 Florian Sänger

Machbarkeitsuntersuchungen zu kontinuierlichen und schalungsfreien Bauverfahren durch 3-D-Formung von Frischbeton

Mathias Näther, TU Dresden

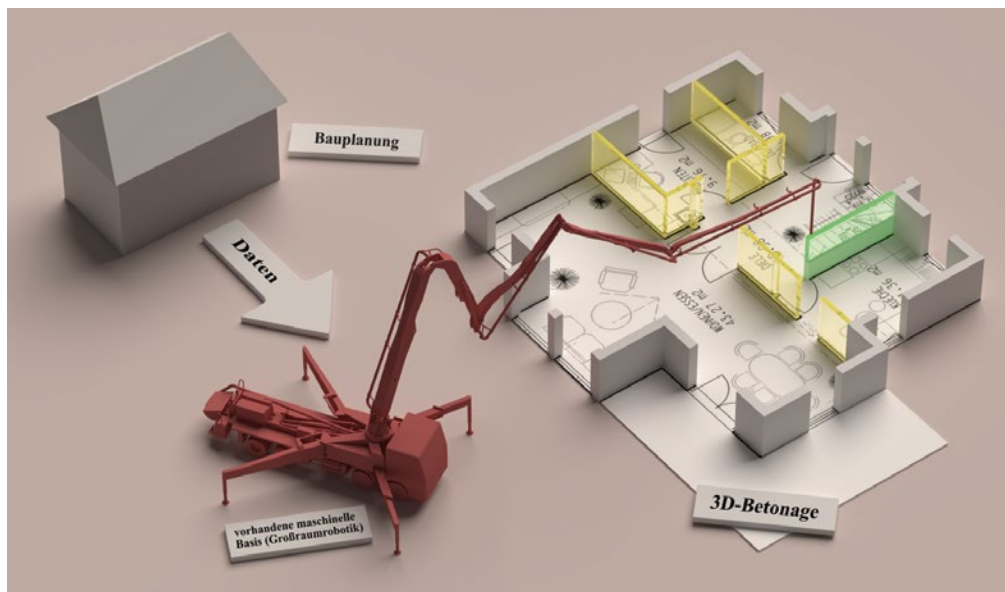


Abbildung 92: Die wesentlichen Elemente der Beton-3-D-Druck-Technologie

Der übliche Ortbetonbau ist sehr arbeits- und zeitintensiv. Aktuell wird weltweit daran geforscht, 3-D-Druckverfahren auf Bauprozesse zu überführen. Dies könnte die Defizite des konventionellen Betonbaus reduzieren, Kosten senken und die Arbeitsproduktivität steigern. Im Forschungsvorhaben sollte die Machbarkeit eines neuartigen, schalungsfreien Betonbauverfahrens auf interdisziplinärer Ebene (Maschinenbau, Baustofftechnik, Baubetrieb) untersucht werden.

Abbildung 93:
Beton-3-D-Druck direkt
auf der Baustelle
(Animation)



Unter der Berücksichtigung von bisherigen internationalen Forschungsergebnissen wurde zunächst analysiert, mit welchen Maßnahmen und unter welchen Bedingungen eine Anwendung effizienterer, schalungsfreier Formungssysteme für Beton realisiert werden kann. Im Gegensatz zu den bisher bekannten Ansätzen lag in diesem Forschungsvorhaben ein besonderer Fokus auf der praxistauglichen Umsetzung: Das innovative Bauverfahren soll direkt auf der Baustelle (Ortbetonbau) ausgeführt werden, die gerätetechnische Basis stellen etablierte Baumaschinen dar und als Baustoffe sollen im Massivbau übliche Betone zum Einsatz kommen.

Bekannte additive Fertigungsverfahren wurden innerhalb des Forschungsprojektes analysiert und die Übertragbarkeit auf das Bauwesen geprüft. Anschließend wurden Anforderungskriterien für den Baustellenprozess definiert und auf interdisziplinärer Ebene untersucht. Untersuchungsgegenstand der Professur für Baumaschinen waren technische Lösungen zu Betonförderung, Druckkopf und Mechanismen für die Großraumrobotik. Das Institut für Baustoffe untersuchte die rheologischen Eigen-

schaften der Frischbetone, mechanische Eigenschaften der Festbetone und entwickelte geeignete Betone für den 3-D-Druck. Die baubetrieblichen Schwerpunkte wurden durch das Institut für Baubetriebswesen untersucht. Im Fokus der Analysen standen dabei die baubetriebliche Prozessoptimierung, Untersuchungen zu den erforderlichen Datenstrukturen und Datenformaten sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu Kosten- und Zeitreduktionspotenzialen.

Als technologisches Konzept ist vorgesehen, dass ein Druckkopf schichtweise Beton austrägt, während er von einem Großraummanipulator präzise entlang der vorgegebenen Bahnen bewegt wird. Nach dem Vergleich verschiedener Robotik-Konzepte stand die Autobetonpumpe im Fokus der maschinellen Untersuchungen. Die Autobetonpumpe hat serienmäßig die notwendige Betonfördertechnik installiert und ihr Auslegermast ist von der mechanischen Struktur her als Großraummanipulator geeignet. Für die computergesteuerte Bewegung des Mastes wurden Steueralgorithmen entwickelt und in Zusammenarbeit mit dem Praxispartner an einer handelsüblichen Maschine getestet. Durch den Abgleich der gemessenen Koordinaten der automatisch gesteuerten Mastspitze mit der vorgegebenen Bewegungsbahn konnten Aussagen zur Positioniergenauigkeit von Autobetonpumpen getroffen werden.

Die Hauptaufgaben des Druckkopfes umfassen das dosierte Austragen des Frischbetons sowie die Formgebung der einzelnen Betonschichten. Für die technische Umsetzung wurden verschiedene Lösungskonzepte für die einzelnen Teilaufgaben erarbeitet und bewertet. Diese dienen künftig als Grundlage für die Weiterentwicklung des Gesamtsystems.

Die baustofflichen Analysen befassten sich zunächst mit der Auswahl der Ausgangsstoffe und Bestimmung geeigneter Zusammensetzungen von druckbaren Betonen. Diese sollten so gewählt werden, dass der Beton im frühen Alter (0–3 Stunden) eine hohe Grünstandfestigkeit und eine schnelle Aushärtung aufzeigt, ohne dabei an Verarbeitbarkeit und Pumpbarkeit im frischen Zustand einzubüßen. Im Ergebnis wurde ein Szenarienkatalog mit verschiedenen Ausgangsstoffen erarbeitet. Anschließend wurden geeignete Methoden entwickelt, um die mechanischen Eigenschaften, die Fähigkeit der Extrudierbarkeit und Verbaubarkeit verschiedener Betone zu prüfen. Dabei wurde eine ganzheitliche Vorgehensweise zur experimentellen Materialprüfung druckbarer

Betone erarbeitet, welche mehrere Untersuchungsverfahren kombiniert. Mithilfe dieses neuen experimentellen Vorgehens „Labor-Versuchsstand“ für den 3-D-Druck wurden 3-D-gedruckte Probekörper für die Bestimmung von Druck- und Biegezugfestigkeit erzeugt sowie systematisch getestet. In der finalen Phase wurden weitere druckbare Betone mit verschiedenen Ausgangsstoffen entworfen und für unterschiedliche Anwendungsfälle charakterisiert. Experimentelle Untersuchungen bestätigen die Machbarkeit der schalungsfreien Extrusion von Frischbeton durch 3-D-Druck. Die entwickelten druckbaren Feinbetone zeichnen sich durch gute Extrudierbarkeit, ausreichende Verbaubarkeit und hohe Druckfestigkeit aus.

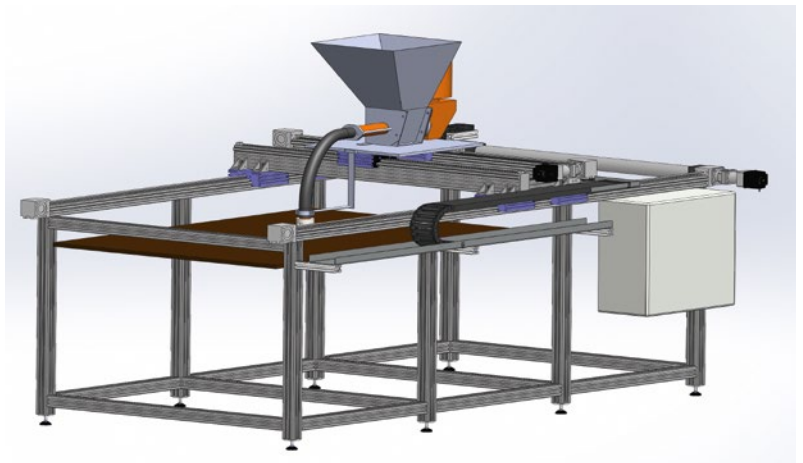


Abbildung 94:
Labor-Versuchsstand
für den Beton-3-D-Druck
(CAD-Darstellung)

Innerhalb der baubetrieblichen Untersuchungen wurden zunächst anwenderseitige Anforderungen und mögliche Anwendungsszenarien erarbeitet. Als Hauptanwendung wurde für den ersten Entwicklungsschritt der Ersatz für Mauerwerksbau definiert. Die meisten Anwendungsfelder ergeben sich im Wohnungsbau, vorrangig bis fünfgeschossig. Anschließend wurde eine Analyse der erforderlichen Datenstrukturen und Datenformate durchgeführt. Die Basis bildet dabei die Prozesskette bestehender, kleinformatiger 3-D-Druckverfahren. Die Analyse der Wirtschaftlichkeit wurde anhand eines Beispielgebäudes in Größe eines Einfamilienhauses durchgeführt. Dabei wurden die Baukosten und terminlichen Auswirkungen für die Wandfertigung im angestrebten Verfahren gegenüber dem Mauerwerksbau untersucht. Im Ergebnis konnte nachgewiesen werden, dass mit dem angestrebten Verfahren signifikante Reduzierungen der Baukosten und Ausführungszeiten realisierbar sind.



Abbildung 95: Ausschnitt einer gedruckten Beton-Wand (oben)



Abbildung 96: Probekörper

Mit den Erkenntnissen aus der Forschungsarbeit konnte die Machbarkeit der angestrebten Betonbautechnologie nachgewiesen werden. Zentrale Ergebnisse sind:

- Auflistung konkreter Anforderungen an die Maschinenteknik (Druckkopf, Robotik, Betonförderung),
- geeignete Feinbetonrezepturen einschließlich Methoden zur Prüfung der betontechnologischen Eigenschaften,
- Wirtschaftlichkeitsanalysen zu Kosten und Ausführungszeiten,
- Demonstration in Laborversuchen im Maßstab 1 : 5 mithilfe eines Versuchsstandes.

Sowohl von technischer als auch von wirtschaftlicher Seite sind damit die Grundlagen für die Weiterentwicklung dieses Bauverfahrens geschaffen. Die Auszeichnung der Forschungsarbeiten mit dem „bauma Innovationspreis 2016“ und das wachsende Interesse von Industrie und Öffentlichkeit unterstreichen zudem den hohen Stellenwert dieses Projektes. Deshalb ist aus Sicht der Projektbeteiligten die Weiterführung der Forschungsarbeiten bis zur praxistauglichen Umsetzung der Technologie dringend anzuraten.

Eckdaten

Beton-3D-Druck

Forscher:

Technische Universität Dresden
 Professur für Baumaschinen
 Prof. Jürgen Weber (Projektleitung)
 Prof. em. Günter Kunze
 Mathias Näther

Technische Universität Dresden
 Institut für Baustoffe
 Prof. Viktor Mechtcherine
 Venkatesh Naidu Nerella

Technische Universität Dresden
 Institut für Baubetriebswesen
 Prof. Rainer Schach
 Martin Krause

Trends und Strukturen der Baukonjunktur

Christian Schmidt, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Das Interesse der breiten Öffentlichkeit an der Entwicklung der Bautätigkeit in Deutschland fokussiert sich fast ausschließlich auf den Neubau von Wohnungen. Das gilt umso mehr in Zeiten mit einem starken Zuzug in die Ballungsräume, die eine hohe Anziehungskraft insbesondere auf junge und gut ausgebildete Menschen haben. Mit diesem sehr einseitigen Blickwinkel wird aber das Bild der Baubranche sehr stark verzerrt, denn eigentlich sind es die Maßnahmen in die bestehenden Gebäude, die das Baugeschehen bestimmen.

Der Hintergrund für diese unausgewogene Darstellung und Wahrnehmung der konjunkturellen Lage der Bauwirtschaft ist im Wesentlichen mit der Datenlage zu erklären. Für das Bauhauptgewerbe und die damit häufig verbundenen Neubauaktivitäten liefert die amtliche Statistik verlässliche und zeitnahe Informationen. Bauinstallation und sonstige Sparten des Ausbaugewerbes hingegen, die besonders bei Bestandsmaßnahmen tätig werden, sind statisch untererfasst. Über 90 % der Firmen im Ausbaugewerbe liegen unterhalb der Erfassungsgrenze von weniger als 10 Beschäftigten. Im Ausbaugewerbe sind aber inzwischen höhere Umsätze und mehr Beschäftigte zu verzeichnen als im Hauptgewerbe. Daneben erstellen aber auch andere Wirtschaftszweige ebenfalls in erheblichem Umfang Bauleistungen, so Teile des Verarbeitenden Gewerbes und der Dienst-

leistungsbereiche. Diese Bauleistungen werden aber nur unzureichend in der amtlichen Statistik berücksichtigt. Weiterhin wird die Bautätigkeit im Bestand in der Bauinvestitionsrechnung nicht separat ausgewiesen, obwohl Bestandsmaßnahmen den größten Teil der Bautätigkeit umfassen. Das ist insbesondere auch für die zunehmenden energetischen Sanierungsmaßnahmen von Bedeutung. Ebenso erfolgt keine regionale Unterteilung nach Ost und West. Diese Lücken schließt das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, mit der Bauvolumenrechnung, die das DIW im Auftrag des BMI und BBSR im Rahmen der Ressortforschung der Forschungsinitiative Zukunft Bau durchführt. Auf Basis eines vom DIW Berlin entwickelten komplexen Schätzmodells werden jährlich Berechnungen und Prognosen durchgeführt, um die Informationslücken der amtlichen Statistik zu schließen. Die Aktivitäten und Strukturen der Bauwirtschaft können auf dieser Basis umfassend dargestellt werden. Ergebnisse der aktuellsten Berechnungen werden hier vorgestellt.

Im Jahr 2017 flossen in Deutschland rund 370 Mrd. € (in jeweiligen Preisen) in die Erstellung und Erhaltung von Bauwerken.¹ Dies entspricht

¹ Der Endbericht „Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe – Berechnungen für das Jahr 2017“ erscheint als BBSR-Online-Publikation; vgl. www.bbsr.bund.de.

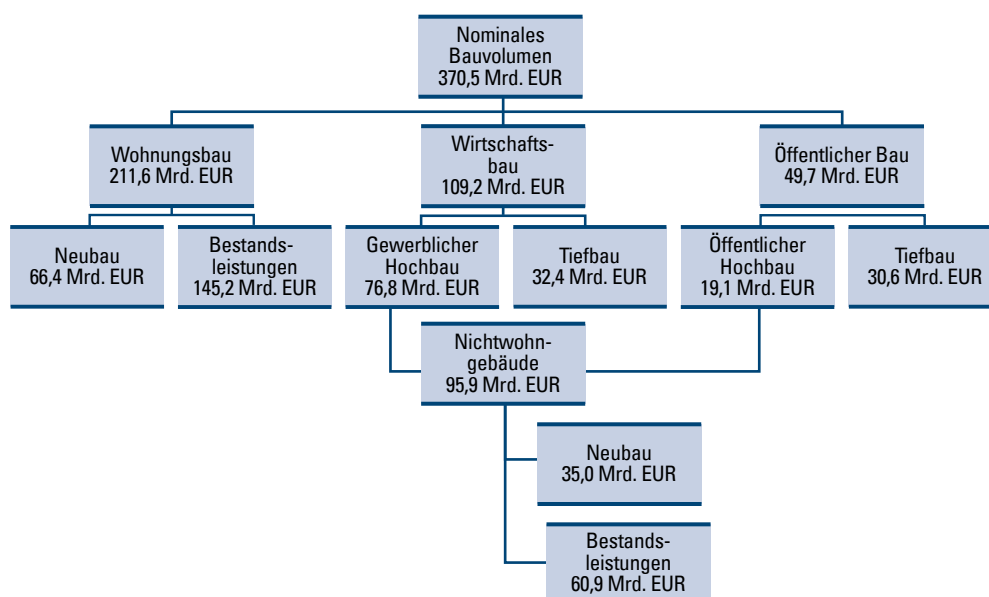


Abbildung 97: Bauvolumen im Jahr 2017 nach Baubereichen (zu jeweiligen Preisen)

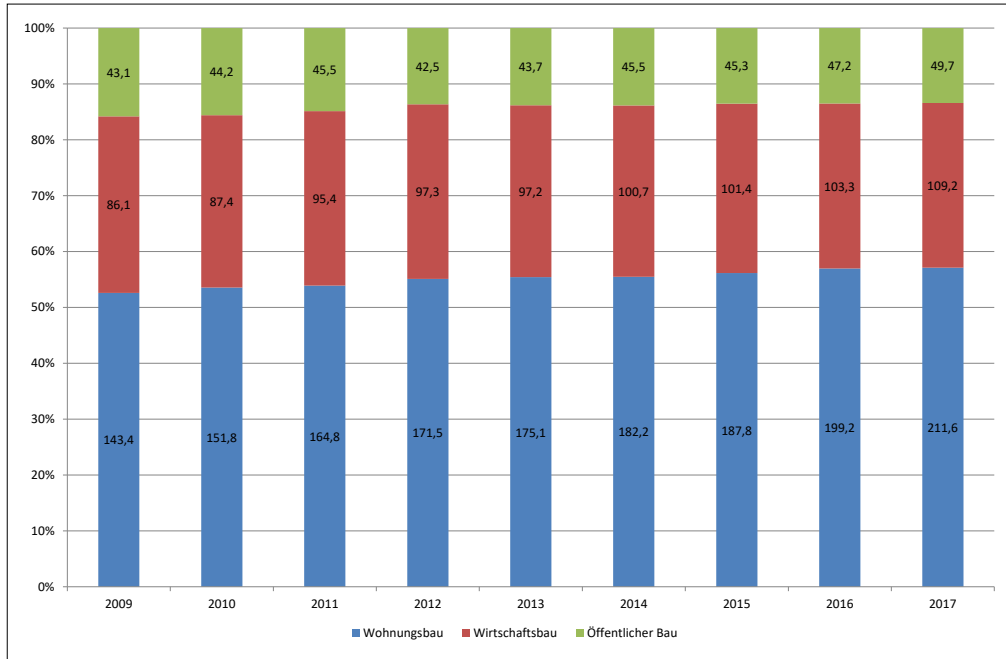


Abbildung 98:
 Nominales Bauvolumen nach Baubereichen 2009 bis 2017 (zu jeweiligen Preisen in Mill. Euro)



Abbildung 99:
 Nominales Bauvolumen nach Produzenten 2009 bis 2017 (zu jeweiligen Preisen in Mill. Euro)

rund 11 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP). Dominiert wird das deutsche Bauvolumen dabei mit 57 % vom Wohnungsbau, wobei der Anteil insbesondere in den letzten Jahren zugenommen hat. Vor allem der Neubau von Mehrfamilienhäusern verzeichnet seit Jahren zweistellige Zuwachsraten. Das Wachstum war in diesem Segment in den neuen Bundesländern von 2013 bis 2016 sogar höher als im Westen, bedingt vor allem durch die hohe Wohnungsnachfrage in Berlin. Am aktuellen Rand zeigt sich jedoch eine Gegenbewegung, weil auch in den westdeutschen Großstädten erheblich investiert wurde. Knapp 30 % des Bauvolumens entfällt auf den Wirtschaftsbau, auf den öffentlichen Bau entfallen rund 13 %.

Der größte Teil der Bautätigkeit erfolgt im Gebäudebestand. Die relative Bedeutung der Bestandsmaßnahmen ist zwar aufgrund des Booms im Wohnungsneubau abnehmend, noch immer machen sie aber 69 % des gesamten Wohnungsbaus aus. In den neuen Ländern haben die Bauleistungen an bestehenden Gebäuden mit nahezu 76 % einen noch höheren Anteil als im Westen mit 67 %. Im Nichtwohnbau hatten die Bestandsleistungen mit zuletzt rund 63 % eine geringere Bedeutung als im Wohnungsbau. Auch hier gibt es deutliche Unterschiede zwischen West und Ost. In den westlichen Bundesländern entfallen im Nichtwohnbau rund 60 % auf die Bestandsmaßnahmen, in den östlichen Bundesländern fällt der Anteil mit 76 % deutlich höher aus.

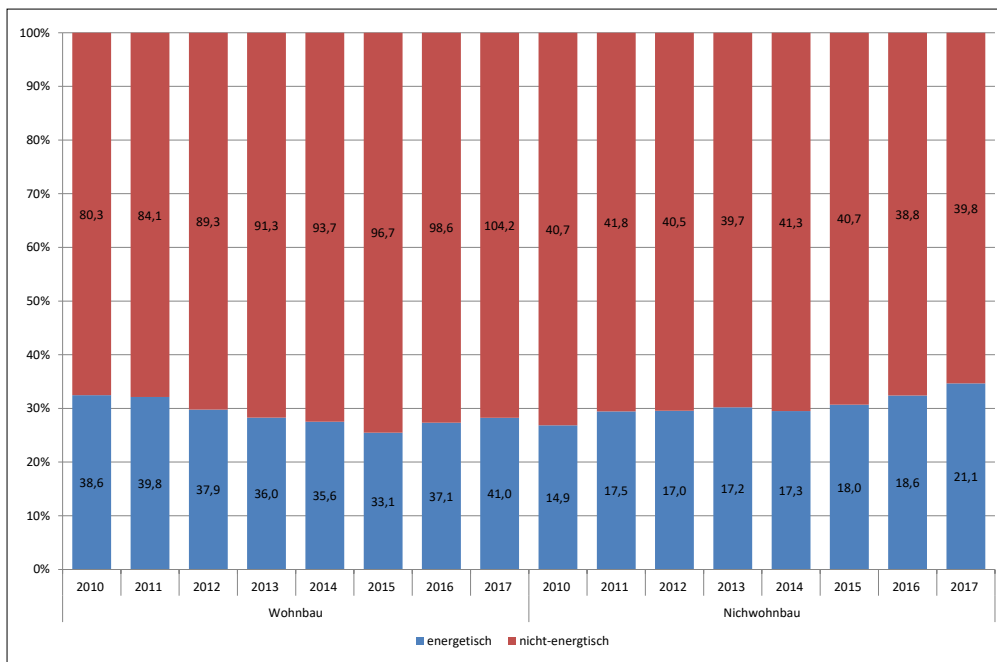


Abbildung 100: Struktur der Bestandsleistungen 2011 bis 2017 nach energetischen und nicht-energetischen Sanierungsmaßnahmen (zu jeweiligen Preisen in Mill. Euro)

Da Bestandsleistungen überwiegend von Betrieben des Ausbaugewerbes erbracht werden, ist das Ausbaugewerbe mit 136 Mrd. € erbrachter Bauleistung weiterhin die wichtigste Produzentengruppe und liegt deutlich vor dem Bauhauptgewerbe mit rund 114 Mrd. €. Das Ausbaugewerbe erbringt somit rund 37 % des gesamten Bauvolumens. Bemerkenswert ist weiterhin die Tatsache, dass auf das Bauhauptgewerbe ein ähnlich hoher Anteil des Bauvolumens entfällt wie auf die übrigen Produzentengruppen, die nicht zum Baugewerbe zählen. Dafür dürften neben dem Einsatz von kostenintensiver Gebäudetechnik und höheren staatlichen Steuern und Gebühren auch ein veränderter Materialeinsatz, höhere Vorfertigungsanteile sowie zunehmende Subunternehmerleistungen verantwortlich sein.

Die Struktur der Bestandsleistungen kann noch detaillierter nach Teilmodernisierung, Vollmodernisierung, Instandhaltung und energetischer Sanierung differenziert werden. Grundlage sind Berechnungen der Heinze GmbH, für die Jahre 2010 und 2014 im Rahmen der Ressortforschung durchgeführt wurden. Die Ergebnisse fließen in die Berechnung des Bauvolumens mit ein und werden fortgeschrieben. Im Ergebnis entfallen über 70 % aller Sanierungsmaßnahmen im Hochbau auf Teilmodernisierungen, wobei im Wohnungsbereich die teilweisen Modernisierungen sogar einen Anteil von rund 78 % haben. Im Nichtwohnbau liegt der Anteil mit 55 % deutlich darunter. Die Vollmodernisierungen haben im Wohnungsbau zuletzt zwar deutlich zugelegt, bewegen sich aber immer noch auf dem Niveau der Ausgaben für Instandsetzungsmaßnahmen.

Ein wesentlicher Teil der Voll- und Teilmodernisierungen entfällt auf energetische Sanierungsmaßnahmen. Hier gab es jedoch bis 2015 einen negativen Trend. Wesentliche Gründe für diese Entwicklung ist die Reduktion der Förderung bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen sowie sinkende Preise für Heizenergie. Zuletzt gab es im Wohnungsbau einen deutlichen Zuwachs bei der energetischen Sanierung, so dass rund 41 Mrd. € im Jahr 2017 dafür aufgewendet wurden. Im Nichtwohnbau zeigen die energetischen Maßnahmen ebenfalls einen positiven Trend. Rund 21 Mrd. € wurden 2017 dafür eingesetzt. Im Hochbau insgesamt liegt das Volumen bei 62 Mrd. €, so dass gut 30 % der Bestandsleistungen auf energetische Sanierungsmaßnahmen entfallen. Wegen der besonderen Bedeutung der Bestandsleistungen wird diese sehr umfangreiche empirische Erhebung über durchgeführte Sanierungen im Jahr 2018 wiederholt werden. Die strukturellen Ergebnisse daraus fließen in die Bauvolumenrechnung mit ein und verbessern in einem signifikanten Maße die Berechnungsergebnisse.

Sichtweisen Bauen im Jahr 2030



Guido Hagel
Forschungsinitiative
Zukunft Bau, Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung (BBSR)

/// Die Roboter kommen!
Auf Baustellen wird die
Bauwirtschaft mit digitalen
Herstellungsmethoden ihre
Leistungsfähigkeit steigern. ///

Erschließung der Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich der Kreislaufwirtschaft Bau

Claus Asam, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung



Abbildung 101: Abbruchbaustelle mit vorsortiertem Bauschutt

Der Bausektor steht sowohl vom Verbrauch an mineralischen Rohstoffen als auch von der Abfallentstehung her an erster Stelle der Rohstoff- bzw. Abfallwirtschaft. Er hat deshalb eine Schlüsselrolle bei der Verbesserung der Ressourceneffizienz, die im Mittelpunkt des vom Bundeskabinett im März 2012 beschlossenen und gegenwärtig fortgeschriebenen Ressourceneffizienzprogramms steht. Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, den Stand und die bestehenden Defizite bei der Verwertung von Bauabfällen aufzuzeigen und Verwertungsalternativen zu entwickeln.

Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Herstellung, die Leistungsfähigkeit und die gegenwärtigen Einsatzgebiete von Recycling-Baustoffen sowie auf zukünftige Verwertungsalternativen. Neben der werkstofflichen Verwertung, die auf den physikalischen Eigenschaften der Recycling-Baustoffe beruht und als Regelfall praktiziert wird, wird die rohstoffliche Verwertung als neue Option eingeführt. Darunter wird die Verwertung in einem stoffumwandelnden Prozess, in dem gezielte Veränderungen der chemischen bzw. mineralogischen Zusammensetzung zur Generierung neuer Produkteigenschaften erfolgen, verstanden.

Aufbereitung

Bauabfälle setzen sich aus Boden und Steinen, Straßenaufbruch aus Asphalt und Beton, Bauschutt aus Beton- und Mauerwerkbruch, gemischten Bau- und Abbruchabfällen sowie Abfällen auf Gipsbasis zusammen. Innerhalb dieser Gruppen sind der Asphalt und die Gipskartonplattenabfälle vergleichsweise sortenrein, wohingegen Bauschutt aus dem Hochbau i. d. R. ein Gemisch verschiedener Baustoffarten darstellt.

Die zukünftige Aufgabe der Aufbereitung besteht darin, insbesondere aus den mineralischen Bauabfällen hochwertige Recycling-Baustoffe mit definierten Eigenschaften zu erzeugen.

Unterstützende Schritte dazu entscheiden sich bereits vor der eigentlichen Aufbereitung. Durch den vorgelagerten selektiven Rückbau, die Vorsortierung auf der Abbruchbaustelle und/oder die Steuerung der Stoffströme über die Annahmehöhen wird eine Trennung nach sortenreinem Beton- bzw. Mauerwerkbruch einerseits und nach mit Störstoffen verunreinigtem Material andererseits erreicht.

Die Aufbereitung erfolgt derzeit in der Regel in drei Schritten. **Im 1. Schritt** erfolgt die Zerkleinerung des Bauschutts in Brecheranlagen.

Der 2. Schritt der Bauschuttaufbereitung ist die Klassierung. Sie dient u. a. zur Erzeugung bestimmter Korngrößenverteilungen.

Der 3. Schritt ist die Sortierung. Üblicherweise werden mithilfe der Windsichtung als **trockenem Sortierverfahren** leichte Störstoffe wie Folien, Papier, Dämmstoffe etc. abgetrennt. Es können jedoch nur Fraktionen > 4 mm behandelt werden. Mit speziellen **nassen Sortierverfahren** können auch leichte mineralische Baustoffe wie Porenbeton, leichte Gipsbaustoffe und Leichtbetone abgetrennt werden. Die Fraktionen < 4 mm sind in entsprechend ausgelegten Maschinen ebenfalls sortierbar, wenn ein hoher Anfall an Schlamm in Kauf genommen wird. Eine Trennung der unterschiedlichen Wandbaustoffarten kann mit den nassen Sortierverfahren nicht erreicht werden. Dies kann jedoch mit der **sensorgestützten Einzelkornsortierung**, die seit Langem für die Aufbereitung von Kunststoffabfällen, Altglas, etc. genutzt wird, erreicht werden. Bisher hat sie in die Baustoffaufbereitung kaum Eingang gefunden, obwohl mehrfach nachgewiesen wurde, dass damit eine deutliche Qualitätssteigerung möglich ist.

Verwertung

Für betonstämmige gibt es Möglichkeiten der **werkstofflichen Verwertung** für die Herstellung von Tragschichten und für die erneute Betonherstellung. Für diese Einsatzgebiete liegen die technischen Vorschriften und die Anforderungen an die wasserwirtschaftliche Güte vor. Mit den Aufbereitungstechnologien nach dem Stand der Technik lassen sich für diese Sektoren qualitätsgerechte Recycling-Baustoffe auf der Basis von Betonbruch herstellen.

Für Recycling-Baustoffe, die aus Mauerwerkbruch hervorgegangen sind, ist die werkstoffliche Verwertung nur in eingeschränktem Umfang möglich. Ziegel- und Kalksandsteinkörnungen können bis zu festgelegten Anteilen als Nebenbestandteile im Material für Tragschichten oder in recycelten Gesteinskörnungen vorhanden sein. Für sortenreine Ziegelkörnungen besteht zusätzlich die Option, in der Vegetationstechnik verwertet zu werden.

Für die **rohstoffliche Verwertung** von Mauerwerkbruch bzw. dessen Bestandteilen bestehen zwei Konzepte:

1. Zum einen wird der Mauerwerkbruch nach einer Trennung in Baustoffarten in sog. Stoffsubkreisläufen als Rohstoffsubstitut für die Herstellung neuer Baustoffe einge-

setzt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann anhand der wenigen verfügbaren Informationen abgeschätzt werden, dass kaum mehr als 20% der natürlichen Rohstoffe durch Rezyklate ersetzt werden können.



Abbildung 102: Recycling-Baustoffe aus Mauerwerkbruch



Abbildung 103: Recycelten Gesteinskörnung 16/32 mm

2. Zum anderen kann der gemischte Mauerwerkbruch als Rohstoff dienen. Infrage kommt die Herstellung von keramischen Produkten oder Puzzolanen. In Laborversuchen wurde nachgewiesen, dass er sich für die Herstellung von leichten Gesteinskörnungen eignet. Der Einsatz als Puzzolan benötigt eine thermische Behandlung.

Szenarien für Aufbereitungs- und Verwertungsstrategien

Ausgehend von einer im Projekt erstellten Verwertungsmatrix für die Bestandteile von Bauschutt wurden drei Szenarien entwickelt.

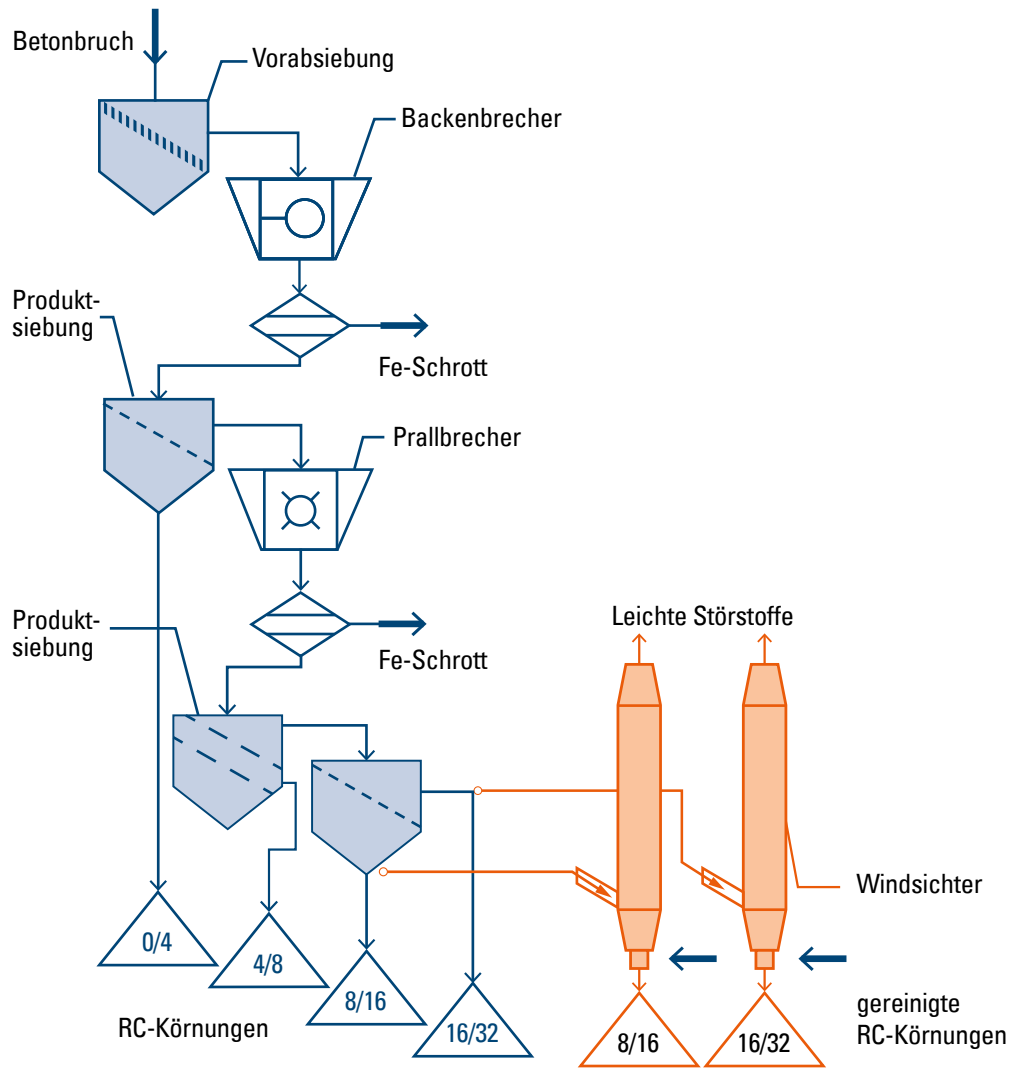


Abbildung 104: Vereinfachte Verfahrensfließbilder einer stationären Aufbereitungsanlage

Im Szenario 1 erfolgt die Aufbereitung und Verwertung nach dem Stand der Technik. Der Recycling-Baustoff aus Betonbruch wird im Straßenbau verwertet und für die Betonherstellung eingesetzt. Aus dem Mauerwerkbruch wird ein geringer Teil der Ziegelpartikel händisch ausgelesen und z. B. für Dachbegrünungen oder Baumsustrate verwertet. Die überwiegende Menge an Mauerwerkbruch wird für Verfüllungen eingesetzt.

Im Szenario 2 wird der Betonbruch wie im Szenario 1 aufbereitet und verwertet. Beim Mauerwerkbruch wird angenommen, dass die Ziegelpartikel > 8 mm mit optischer Sortierung abgetrennt werden. Dadurch ist für diesen Teil eine Verwertung z. B. als Pflanzsubstrate und als Bestandteil von Tragschichtmaterial möglich. Ferner kann die Ziegelpartikelgröße durch eine Mahlung auf Partikelgrößen < 150 µm aufbereitet und rohstofflich bei

der Ziegelherstellung eingesetzt werden. Die Körnungen < 8 mm mit Mauerwerkzusammensetzung wären wiederum als Rohstoff für die Herstellung von leichten Gesteinskörnungen geeignet. Für die Körnungen > 8 mm müssten andere Verwertungen gefunden werden.

Im Szenario 3 wird bei den Recycling-Baustoffen aus Betonbruch weiterhin wie oben beschrieben vorgegangen. Beim Mauerwerkbruch wird eine feinkornarme Zerkleinerung realisiert. Die dabei trotzdem entstehende Fraktion < 8 mm wird als Rohstoff für die Herstellung von leichten Gesteinskörnungen und/oder von puzzolischen Zusatzstoffen genutzt. Die groben Fraktionen werden in einer mehrstufigen Sensorsortierung nach Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, Leichtbeton, Mörtel und Putz getrennt. Alle Materialfraktionen werden nach dem Konzept der Stoffsubkreisläufe verwertet.



Abbildung 105: Recycling-Baustoffe aus Betonbruch

Im Bericht konnte gezeigt werden, dass durch eine konsequente Anwendung und Weiterentwicklung von Aufbereitungs- und Verwertungstechnologien die Ressourceneffizienzpotenziale in der Kreislaufwirtschaft des Bauwesens erheblich verbessert werden können. Eine Weiterentwicklung folgender Bereiche wird dringend empfohlen:

- Güteüberwachung unter besonderer Berücksichtigung der Heterogenität der recycelten Ausgangsstoffe.
- Vorschriften für die Betonherstellung unter Berücksichtigung der rohstofflichen Verwertung
- Lösungen für die Sortierung und Ermittlung der stofflichen Anforderungen als Voraussetzung für die Realisierung von Stoffsubkreisläufen
- Techniken für die Abtrennung von Gipsputzen und Estrichen aus Bauschutt
- Technologien für die rohstoffliche Verwertung von Gemischen bis hin zur Errichtung von Pilotanlagen
- Methoden zur Bewertung der Recyclingfähigkeit von neu entwickelten von Baustoffen und Verbundkonstruktionen

Eckdaten

Erschließung der Ressourceneffizienzpotenziale im Bereich der Kreislaufwirtschaft Bau

Projektleitung:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Claus Asam

Forscher:

Institut für Angewandte Bauforschung
Weimar gGmbH (IAB)
Prof. Anette Müller

Diskussion an der Schnittstelle von Architekturdebatte und Forschungsdiskurs

Martina Zwack, DETAIL transfer, München

2018 wird die Veranstaltungsreihe „Die Zukunft des Bauens“, die in Kooperation von DETAIL research und der Forschungsinitiative Zukunft Bau stattfindet, bereits in die sechste Runde gehen. In fünf deutschen Städten werden sich Experten mit zukunftsweisenden Architektur- und Bau Themen auseinandersetzen. Architekten und Wissenschaftler stellen innovative Bauvorhaben und Forschungsprojekte vor, for-

mulieren Antworten und zeigen Potenziale für neue Märkte auf. Ein Rückblick und Ausblick.

Architekturforschung wird häufig als theoretische Auseinandersetzung – nicht selten mit der Historie – verstanden; Bauforschung hingegen wird oftmals als etwas sehr Technisches oder als reine Ingenieurleistung interpretiert. Dass die Wahrheit in der Mitte liegt und zukunftsorientierte Forschung direkten Einfluss auf alle am Bau Beteiligten hat, konnte die Veranstaltungsreihe „Die Zukunft des Bauens“ bereits 20-mal beweisen. Seit 2013 treffen sich jedes Jahr in fünf deutschen Städten Architekten und Ingenieure, Forscher und Planer, Industrie und Politik zum gemeinsamen Gedankenaustausch über brandaktuelle Themen an der Schnittstelle von Architekturdebatte und Forschungsdiskurs. Nach einer tiefgehenden Diskussion in einer kleinen Expertenrunde werden die Themen in Form eines öffentlichen Symposiums an die interessierte Fachwelt weitergegeben. Themenaufhänger sind dabei entweder hochspannende, geförderte Forschungsprojekte oder relevante Themen, die aus der Architekturdebatte und dem gesellschaftlichen Diskurs hervorgehen. Wichtig ist bei jeder Veranstaltung immer der greifbare Projektbezug – deshalb sind immer auch Planer als Experten geladen, die ihre konkreten Bauten mit passendem Bezug zum Tagesthema vorstellen.

Im Laufe der Jahre wurden somit beispielsweise Lebenswelten im demographischen Wandel genauso diskutiert wie neue Ressourcenansätze bei Material und Produkt. Es wurden Modellprojekte aufgezeigt und Nachhaltigkeitskriterien analysiert, der Einfluss von neuen Mobilitätskonzepten auf die Stadt herausgestellt oder Innovationen beim Bauen im Bestand aufgezeigt. Experten und Teilnehmer beantworteten im Jahr 2017 gemeinsam die Fragen: Wie reagieren Stadtplaner und Architekten auf aktuelle Anforderungen an das Wohnen? Welche individuellen, kostengünstigen und lebenswerten Lösungen gibt es? Welche Chancen bietet das Bauen im Bestand? Wie verändern neue Technologien den Einsatz von Materialien und wie viel Technik brauchen wir wirklich,



Abbildung 106: Moderatorin Eva Herrmann bei der Veranstaltung „Wandelbarer Wohnungsbau“



Abbildung 107: Expertenrunde bei der Veranstaltung „Wandelbarer Wohnungsbau“

um ein Gebäude hochwertig und behaglich zu gestalten? Digitale Planungsmethoden wie BIM und serielle Fertigungsprozesse eröffnen der Baubranche neue Perspektiven und Potenziale. Durchgängige Prozessketten – vom Entwurf über Vorfertigung, Baustellenlogistik und Gebäudebetrieb bis zum Recycling – schaffen mehr Transparenz, sinkende Fehlerquoten und höhere Wirtschaftlichkeit beim Planen, Bauen und Nutzen. Gleichzeitig verändern die Individualisierung in der Vorfertigung, neuartige Verarbeitungsmöglichkeiten für unterschiedliche Materialien und der wachsende Kostendruck die Sichtweise von Planern und Bauherren auf das modulare Bauen. Moderner Systembau verspricht Individualität in der Serie und hohe Qualität zu attraktiven Preisen. Nicht selten entzündet sich daran Kritik: Sind stark verdichtete Strukturen überhaupt noch urbane Lebensräume? Erlaubt der hohe wirtschaftliche Druck, dem das Bauen in der Großstadt heute unterliegt, noch lebenswerte und gleichzeitig bezahlbare Wohnungen mit einer lebendigen Diversität? Politik, Planer und Industrie suchen nach attraktiven Konzepten, die kostengünstige, serielle Neubaulösungen intelligent mit dem Bestand verbinden und gleichzeitig einen Beitrag zu Baukultur leisten. Daneben können Mischkonzepte, die anpassbaren Raum für die verschiedenen Nutzergruppen bieten, es gleichzeitig schaffen, Wohnen und Arbeiten, private und öffentliche Räume wieder besser zu verbinden. So entstehen trotz hoher städtischer Dichte Qualitäten und Freiräume für alle.

Aus den vielen Einzelstimmen, Statements und Ergebnissen der vorhergegangenen Diskussionen haben sich für die Veranstaltungsreihe im Jahr 2018 folgende Themen herauskristallisiert:

- Modular Bauen: Große Bandbreite, vielfältige Potenziale
- Digital Planen und Bauen: Hohe Individualität in der Serie
- Reduzieren – Recyceln – Umnutzen: Alte Gebäude, einzigartige Markenzeichen
- Multitalent Fassade: Intelligent und identitätsstiftend
- Wohnformen im Wandel: Qualitäten und Freiräume für alle

Digitalisierung, Industrie 4.0 und technische Innovationen eröffnen der Baubranche völlig neue Möglichkeiten. Die Wechselwirkungen zwischen Herstellungsprozess, Material, Konstruktion und Formen sind vielfältiger als je zuvor. Die Schnittmenge zwischen Forschung und Anwendung wird immer größer. Gleichzeitig steigt die Rolle der Baukultur als Regulativ.



Abbildung 108: Informationsmaterial des BBSR bei der Veranstaltung „Wandelbarer Wohnungsbau“

Die nächsten Jahre versprechen spannende Entwicklungen für das Bauen. Neben der Vermittlung dieses Know-hows ist es den Veranstaltern wichtig, den Austausch zwischen Architekten und Vertretern aus fachübergreifenden Disziplinen fördern. Weitere Informationen unter: www.detail.de/veranstaltungen/die-zukunft-des-bauens/

Eckdaten

Die Zukunft des Bauens

DETAIL Business Development GmbH
Prof. Meike Weber,
Martina Zwack (Projektleitung),
Heike Kappelt

Die Veranstaltungsreihe wird von der Forschungsplattform DETAIL research der Architekturfachzeitschrift DETAIL in Kooperation mit der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung und des Bundesbauministerium durchgeführt.

Sichtweisen Bauen im Jahr 2030



Martina Zwack
Projektleiterin DETAIL
transfer, München

/// Das Bauen der Zukunft wird bestimmt von der Kooperation aller Partner, ohne technische Barrieren und Limitierungen. Das Planen ist digital, die Grenzen fließend: Virtuelle Realität und gebaute Umwelt werden eins – zugunsten von mehr Kreativität und architektonischer Experimente. ///

Bauen mit Weitblick – Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

Markus Lechner, Technische Universität, München



Abbildung 109: Visualisierungen im System Tafelbau

Vierorts herrscht weiterhin ein großer, sich verschärfender Mangel an bezahlbarem Wohnraum. Politik und Wohnungswirtschaft müssen dringend sozial verträglich Wohnraum schaffen. Gleichzeitig folgt Planen und Bauen unverändert archaischen Mustern. Unter Wahrung architektonischer Vielfalt ist eine Industrialisierung des Wohnungsbaus erforderlich. Mög-

liche Wege zur Industrialisierung und deren Umsetzungsfähigkeit werden im Projekt untersucht.

Ziel ist ein „Systembaukasten Geschosswohnungsbau“, der industrialisierten sozialen Wohnungsbau mit hoher nachhaltiger Bauqualität ermöglicht.



Abbildung 110: Konfiguration von Gebäuden aus Baugruppen-3-D-Tetris

Startpunkt war die Entwicklung eines Anforderungskataloges. Basierend auf Förderkriterien und Baurecht der Länder werden alle Leistungsanforderungen definiert. Dieser insbesondere durch den Partner der Wohnungswirtschaft initiierte Anforderungskatalog stellt alle Informationen für zukünftige Weiterentwicklungen zur Verfügung. Aus den Anforderungen wurden die Funktions- und Produktstrukturen für einen Systembaukasten entwickelt.

Ein Systembaukasten ist ein Baukastensystem eines spezifischen Systems aus einer Anzahl von Bausteinen (Baugruppen), die anwendungsspezifisch ausgewählt und unter Beachtung von Verträglichkeit miteinander kombi-



Abbildung 111:
Nicht sortenreine Baugruppen
Gebäude (NSo BG-G)

niert werden. Die Bausteine besitzen normierte Gestalt- und Werkstoffeigenschaften, sind aufeinander abgestimmt, konkret und können wiederum aus (weniger komplexen) Bausteinen bestehen. Beim Konfigurieren werden die Bausteine verwendet, ohne ihre Gestalt zu verändern.

Der ursprüngliche Ansatz zur Entwicklung eines einzigen „Systembaukastens für den sozialen Wohnungsbau“ ist daher nicht realisierbar. Es kann immer nur ein Systembaukasten für ein spezifisches Bausystem (z. B. Betonfertigteile-Bauweise) entwickelt werden, da tragwerksplanerische, bauphysikalische und brandschutztechnische Eigenschaften stark differieren und eine vollständige Parametrisierung derzeit noch nicht zu bewältigen ist.

Im Vorhaben wurden Bausteine mithilfe einer „Baugruppen“-Systematik entwickelt, die als Baugruppen-Gebäude (BG-G) jeweils Wohnungsgruppen oder Typengeschosse umfassen.

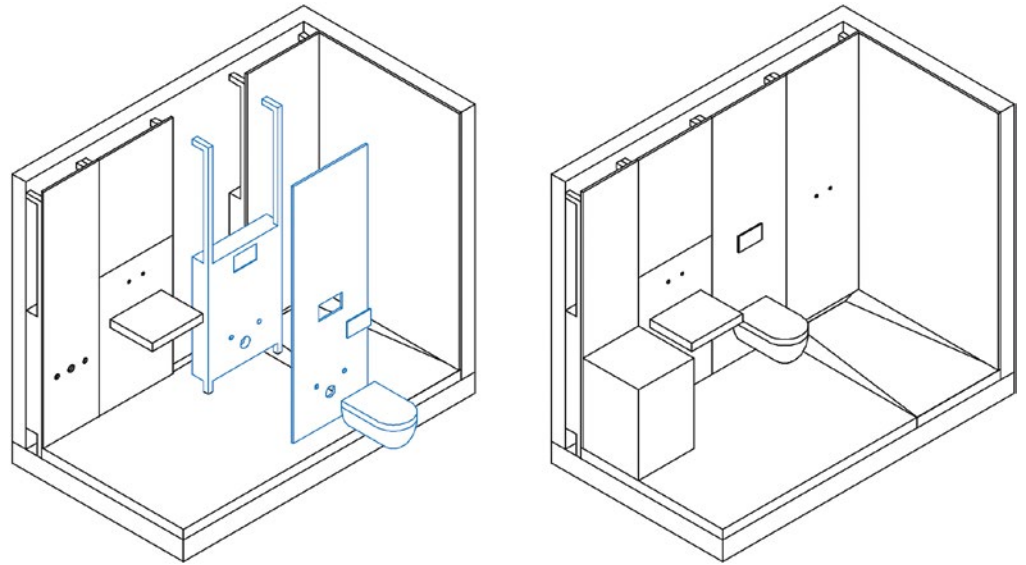
Die digitale Definition der Baugruppen umfasst alle Elemente der Baukonstruktion (Schächte, Trennwände, Decken, Dachdecken) und der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA). Sie enthält zudem alle zur Fertigung der Baugruppen erforderlichen Daten, stellt also eine vollständige Werkstattplanung für die ausführenden Firmen zur Verfügung. Eine Baugruppe ist

eine Planungseinheit und damit eine ideale Anwendung des Building Information Modelling (BIM), da die Daten einmal für wiederholende Anwendungen generiert werden (im Gegensatz zum heutigen „One-Design“). Eine Parametrisierung in Teilbereichen, z. B. Fensterformate, Fassadenausführung oder Deckenspannweiten, ist möglich.

Die im Vorhaben erprobten Systembaukästen verwenden eine Beton-Raummodul-Bauweise und eine hybride Tafelbauweise aus Holztafeln für Wände und Dach sowie Decken aus Spannbeton-Hohldielen.

Damit konnte nachgewiesen werden, dass sich ein erforderlicher Wohnungsmix in Mittelgang-, Laubengang-, Punkthaus- und Spännergebäuden generieren lässt. Die architektonische Gestaltungsfreiheit bleibt durch Teilparametrisierung und die Ergänzung durch Anbau-Baugruppen wie Balkone oder Laubengänge (BG-A) und Erschließungen (BG-E) erhalten.

In mehreren Optimierungszyklen wurden Prozessanalysen durchgeführt, die insbesondere die Einsparpotenziale im Bereich der internen Planungs- und Produktionsoptimierung durch Wiederholungseffekte aufzeigen konnten. Zusätzliche Einsparpotenziale entstehen durch hohe Stückzahlen gleicher Bauprodukte. Eine Beschränkung dieser Effekte ist durch die der-



Sichtweisen
Bauen im Jahr 2030



Prof. Frank Will

Technische Universität Dresden, Institut für Fluidtechnik, Stiftungsprofessur für Baumaschinen

■ ■ Auch 2030 werden Digitalisierung und Automatisierung den Menschen als Maschinenführer nicht vollständig ersetzen – durch intelligente Assistenzsysteme, ergonomische Informationsbereitstellung und autonome Arbeitsprozesse wird sich seine Arbeit aber von der Steuerungsaufgabe hin zur Überwachung der Maschinenfunktionen wandeln. ■ ■

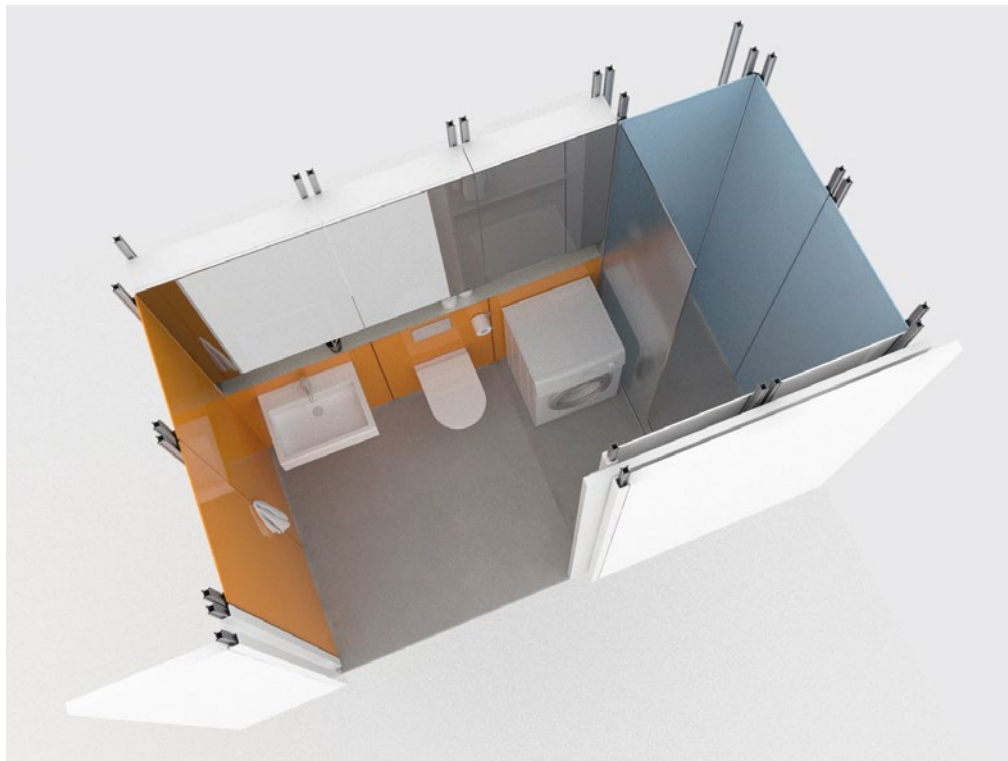


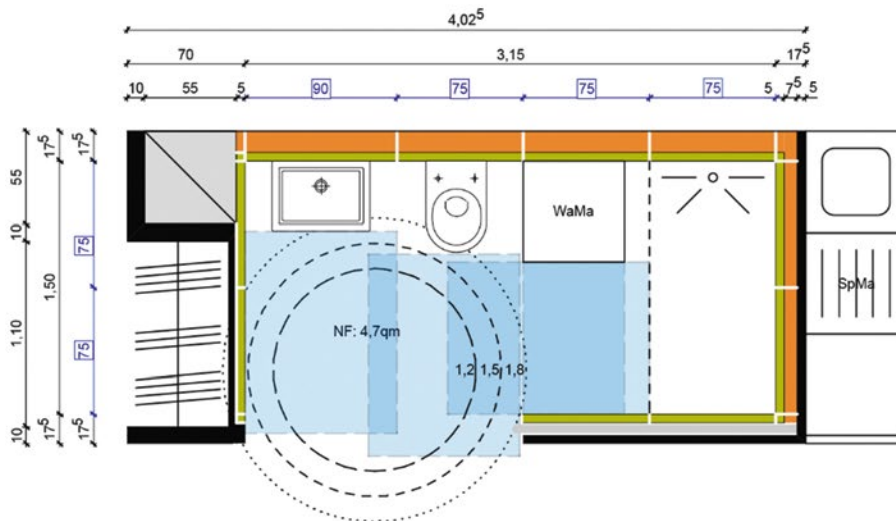
Abbildung 112 und 113: Zusammenfassung von Sanitärgegenstand, Wandoberfläche und UP-Technik zu Funktionseinheiten

zeitige Marktlage (Knappheit an Baustoffen, Produktionskapazitäten, Arbeitskraft) begründet.

Die ursprünglich angestrebte Kostengrenze von 1.200 €/m² Nutzfläche brutto für die Kostengruppen 300, 400 und 700 nach DIN 276 konnte nicht nachgewiesen werden. Es erscheint aber realistisch, durch die beschriebenen Industrialisierungsschritte zumindest ein

stabiles Preisniveau deutlich unter 2.000 €/m² erreichen zu können.

Ergänzend wurde eine Reihe von weiteren Teilaspekten untersucht. Dazu gehörten die Entwicklung eines Systembaukastens für behindertenfreundliche und -gerechte Bäder mit austauschbaren Installations-Baugruppen oder die tatsächlich erforderlichen Luftwechselraten. Es wurde nachgewiesen, dass eine Luft-



Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen	120 x 120	✓	
vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (a/b)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	✓	
im Duschbereich	120 x 120	90 x 150/Fl. ohne WaMa: 150 x 150	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen	90 x 120	✓	
vor WT, WC, DU, BA	90 x 90	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	(✓)	ohne WaMa
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße		✓	
Nutzfläche	min. 3,6qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,7m	1,5m	Flurbereich m̄nutzbar
Ausstattung			
Waschtisch	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	bodengl. Fläche: 90 x 150

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen	90 x 120	✓	
vor WT, WC, DU, BA	90 x 90	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	(✓)	ohne WaMa
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße		✓	
Nutzfläche	min. 4,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,8m	1,5m	Flurbereich m̄nutzbar
Ausstattung			
Waschtisch	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	bodengl. Fläche: 90 x 150

Abbildung 114: Konzeptüberprüfung für eine barrierefreie Nutzung nach DIN 18040-2 und ready-Studie

wechselrate von 0,2/h aus feuchtetechnischen Gründen ausreichend ist.

Und es konnte nachgewiesen werden, dass Elektro-Direktheizungen in Deutschland inzwischen bei hochgedämmten Gebäuden und der fortschreitenden Veränderung des Energiemix unter Berücksichtigung der regulatorischen Randbedingungen ausführbar sind.

[1] N. Kohlhasse, Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen, Dissertation, Düsseldorf; VDI-Verlag, 1997.

Für spezifische Bauweisen wurde die Entwicklung eines Systembaukastens basierend auf Baugruppen ermöglicht. Die beteiligten Firmen haben damit firmenspezifische Systembaukästen entwickelt (Beton-Raummodule und hybride Holz-Beton-Tafelbauweise). Aufbauend auf den Ergebnissen können nun auch bauweisspezifische, firmenunabhängige Systembaukästen entwickelt werden, die mittels Konfiguratoren durch unabhängige Planer verwendet und offen ausgeschrieben werden können. Die vollständigen Werkstattzeichnungen werden daraus zur Verfügung gestellt. Ideal wäre ein Open-Source-System, das die ergänzende Entwicklung und Ergänzung weiterer Baugruppen zulässt – damit wäre eine echte Industrialisierung erreicht.

Eckdaten

Bauen mit Weitblick

Forscher:

Technische Universität München,
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Prof. Stefan Winter (Projektleitung)

Technische Universität München,
Professur für Entwerfen und Holzbau
Prof. Herrmann Kaufmann

Technische Universität München,
Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
Prof. Thomas Auer

Technische Universität München,
Lehrstuhl für Industrial Design,
Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP,
Joachim Brech,
Kommunale Wohnungsgesellschaft mbH
Erfurt,
Max Bögl Modul AG,
Regnauer Fertigungsbau GmbH & Co. KG

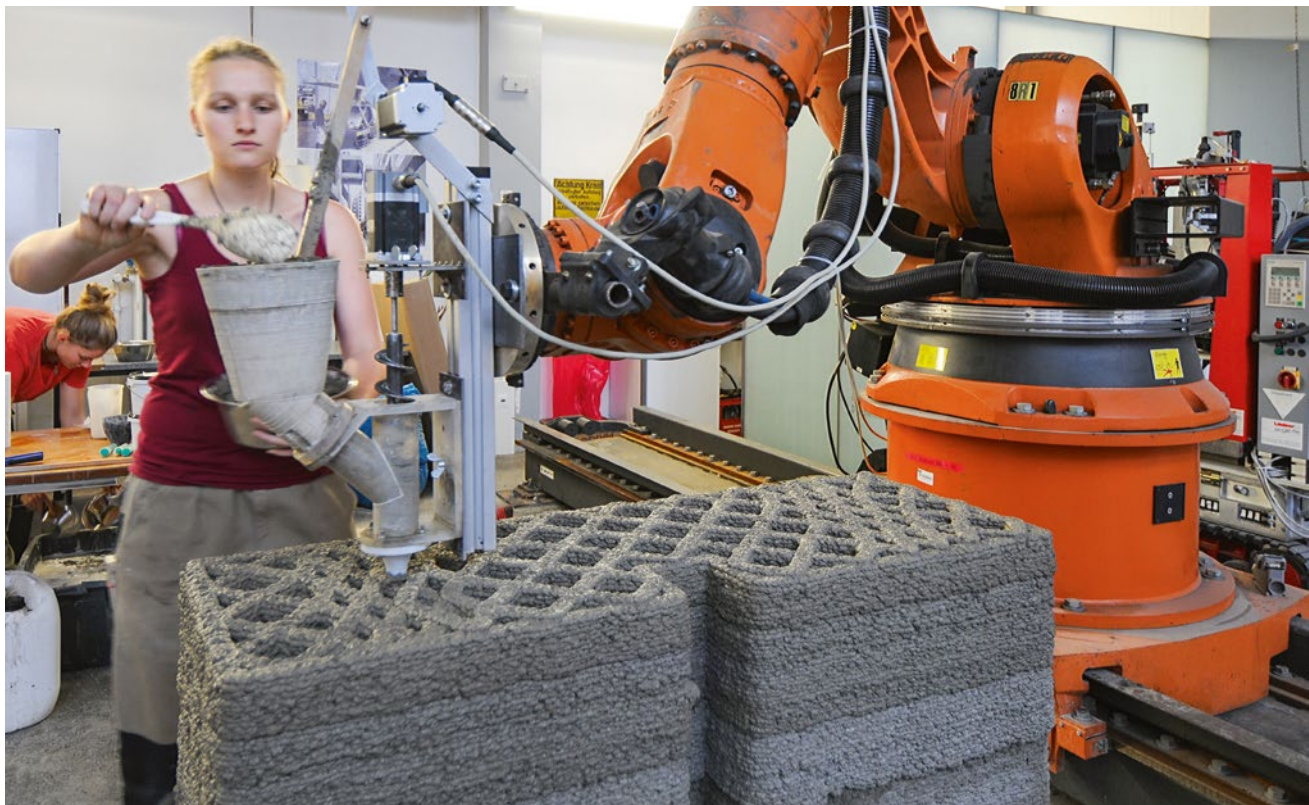


Abbildung 115: Herstellung eines multifunktionalen Wandelements durch Extrusion von Holzleichtbeton. Auf dem Bild erkennbar sind Zonen unterschiedlicher Dichte und ein integrierter Installations-schacht.

Additive Fertigung durch Extrusion von Holzleichtbeton

Klaudius Henke, Technische Universität, München

Formoptimierte Tragwerke, in den Bestand eingepasste Ergänzungsbauteile – die Einsatzmöglichkeiten additiver Fertigung beim Bauen sind groß. Doch während sich die additive Fertigung in vielen Branchen bereits als ein neuer Standard etabliert hat, befindet sie sich im Bauwesen noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium. In dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben wurde untersucht, wie großformatige Bauteile durch die Extrusion von Holzleichtbeton additiv gefertigt werden können.

Die additive Fertigung („3-D-Druck“) von Bauelementen oder ganzen Bauwerken kann mit verschiedenen Verfahren und Materialien realisiert werden. Die meisten der bisherigen Forschungs- und Entwicklungsprojekte setzen dabei auf mineralische Werkstoffe, insbesondere auf Beton. Beim 3-D-Betondruck kommen zwei Verfahren zum Einsatz: selektives Binden und Extrusion. Beim selektiven Binden wird fließfähiges Material gezielt in dünne Schichten einer trockenen Schüttung eingebracht,

wodurch diese in den Bereichen lokal verfestigt werden, wo das spätere Bauteil entstehen soll. Bei der Extrusion werden die Betonbauteile durch das Ablegen von Frischbetonsträngen schalungsfrei aufgebaut. Während sich das selektive Binden vor allem durch seine große geometrische Freiheit auszeichnet, ist die Extrusion im Vorteil, wenn es um die schnelle Herstellung großer Bauteile geht.

In dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben wurde der 3-D-Betondruck in der Verfahrensvariante Extrusion untersucht. Dabei wurden die üblichen, schweren Gesteinskörnungen im Beton durch einen Leichtzuschlag aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz ersetzt. Dies stellt nicht nur einen Beitrag zur Schonung von Umwelt und endlichen Ressourcen dar, sondern führt auch zu einem vergleichsweise leichten, gut wärmedämmenden und gut zu bearbeitenden Werkstoff. Es sollte gezeigt werden, dass dadurch – gegenüber vergleichbaren Lösungen mit Normalbeton – fertigungstechni-

sche Grenzen verschoben und neue Anwendungsmöglichkeiten erschlossen werden können.

Als Extruder diente ein von einem Schrittmotor angetriebener Schneckenförderer, der den Frischbeton von oben nach unten durch eine Düse mit einer kreisförmigen Öffnung drückt. Die Zufuhr des gemischten Betons erfolgte in kleinen Chargen von Hand über einen Trichter. Mit dieser technisch einfach umzusetzenden Lösung konnte die Zeit zwischen Mischen und Ausbringen des Betons kurz gehalten werden. Der im Projekt entwickelte Versuchsextruder ist modular aufgebaut und erlaubt es, verschiedene Schnecken, Düsen und Einfülltrichter zu testen.

An einen Beton, der bei der additiven Fertigung durch Extrusion eingesetzt werden soll, werden sehr unterschiedliche, teils sich widersprechende Anforderungen gestellt. Während der Frischbeton im materialverarbeitenden und -transportierenden System gut fließfähig sein muss, soll er nach dem Austreten aus der Düse möglichst schnell Festigkeit entwickeln. Nur wenn dies gewährleistet ist, können eine praxiserprobte Baugeschwindigkeit und nennenswerte geometrische Freiheit erreicht werden. Darüber hinaus werden an die Festbetoneigenschaften die gewöhnlichen Anforderungen bezüglich Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Brand-

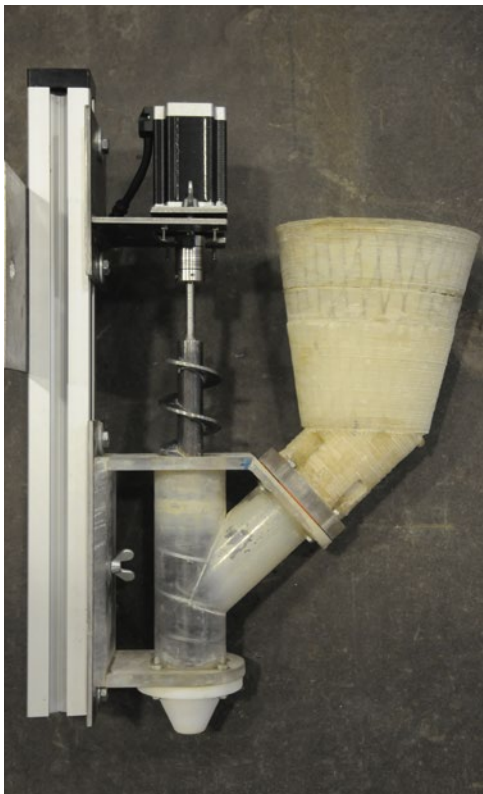


Abbildung 118: Versuchsextruder

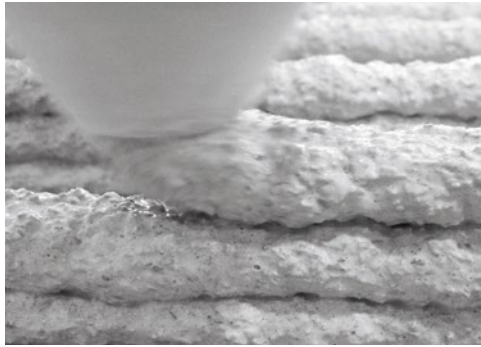


Abbildung 116: Extrusion von Holzleichtbeton



Abbildung 117: Durch Extrusion von Holzleichtbeton gefertigtes Testobjekt mit Überhang von 26%

verhalten etc. gestellt. Für die im Projekt durchzuführenden Versuche musste daher ein diesen Anforderungen gerecht werdender Holzleichtbeton zusammengestellt werden. Die Materialentwicklung erfolgte experimentell durch Variation der Betonrezeptur bezüglich ihrer Bestandteile und deren Mengenverhältnissen. Der auf diese Weise entwickelte Holzleichtbeton besteht aus Portlandkalksteinzement und unbehandelten Weichholzspänen in einem Volumenverhältnis 1 : 1. Als Additive kamen Luftporenbildner, Stabilisierer und Beschleuniger zum Einsatz.

Aus diesem Beton wurden verschiedene Testobjekte und Demonstratoren durch Extrusion additiv gefertigt. Zu diesem Zweck wurde der Extruder von einem Industrieroboter entsprechend der angestrebten Bauteilgeometrie im Raum bewegt und die Bauteile durch Ablegen von schmalen Frischbetonsträngen schalungsfrei aufgebaut.

Die Prüfungen der Testobjekte ergaben, dass die 3-D-gedruckten Bauteile aus dem im Projekt entwickelten Holzleichtbeton eine Druckfestigkeit von ca. 10 N/mm² und eine Biegezugfestigkeit von ca. 4 N/mm² bei einer Trockenrohdichte von ca. 1.000 kg/m³ aufweisen und damit im Bereich von Leichtbetonen auf rein mineralischer Basis liegen. Die ermittelte Wärmeleitfähigkeit beträgt ca. 0,25 W/(m*K).



Abbildung 119:
Durch Extrusion additiv gefertigtes und mittels Fräsen partiell subtraktiv nachbearbeitetes Testobjekt aus Holzleichtbeton

Es konnten Überhänge von bis zu 26 % realisiert werden. Dies zeigt, dass der Einsatz von leichten Werkstoffen einen deutlichen Beitrag zur Steigerung der geometrischen Freiheit der additiven Fertigung durch Extrusion leisten kann.

Der erhärtete Holzleichtbeton lässt sich überdies leicht mit handelsüblichen Werkzeugen zur Metallbearbeitung bearbeiten. Das ermöglicht eine subtraktive Nachbearbeitung in Bereichen, in denen eine besondere Präzision (z. B. Bauteilanschlüsse) oder Oberflächenqualität erforderlich ist.

Abschließend wurden mehrere großformatige Demonstratoren mit Abmessungen von bis zu (L × B × H) 1.500 mm × 500 mm × 930 mm gebaut.

In dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben wurde der 3-D-Betondruck in der Verfahrensvariante Extrusion untersucht. Dabei wurden die üblichen, schweren Gesteinskörnungen im Beton durch einen Leichtzuschlag aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz ersetzt. Es konnte gezeigt werden, dass dies Vorteile sowohl für den Fertigungsprozess (kleinere Masse, bessere Bearbeitbarkeit etc.) als auch für die Eigenschaften des erhärteten Baustoffs (geringes Gewicht, geringe Wärmeleitfähigkeit etc.) mit sich bringt. Das Haupteinsatzgebiet dieser Material-Verfahrens-Kombination ist in multifunktionalen, monolithischen Hüllelementen ohne zusätzliche Wärmedämmung zu sehen.

Eckdaten

Additive Fertigung durch Extrusion von Holzleichtbeton

Forscher:

Technische Universität München,
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion,
Prof. Stefan Winter
Klaudius Henke (Projektleitung)
Daniel Telke

Anreize und Hemmnisse des Wohnungsneubaus

Alexander Schürt, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Die Wohnungs- und Immobilienmärkte entwickeln sich in den Teilräumen Deutschlands in sehr unterschiedliche Richtungen – von Marktanspannungen mit Wohnungsengpässen und drastischen Miet- und Preissteigerungen auf der einen Seite bis hin zu Bevölkerungsabwanderungen mit zunehmenden Leerständen und Problemen der Daseinsvorsorge auf der anderen Seite.

In vielen boomenden Städten und Regionen sind die Wohnungssuche und der Immobilienerwerb zu einer zeitlichen und finanziellen Herausforderung für Haushalte geworden. Kompromisse bei den Wohnungsansprüchen oder Ausweichbewegungen in andere Quartiere oder Gemeinden sind die Folge. Die Baufertigstellungen haben zwar in den letzten Jahren merklich zugelegt. Sie werden vom Mehrfamilienhausbau in den wachsenden Städten und Kreisen getragen, wohingegen der Eigenheimbau seit 2013 stagniert. Die aktuellen Baugenehmigungszahlen sind 2017 allerdings insgesamt rückläufig; einzig der Geschosswohnungsbau bleibt stabil.

2016 wurden insgesamt knapp 278.000 Wohnungen realisiert und 375.000 Wohnungen genehmigt. Die Realisierung des in den letzten Jahren gestiegenen Bauüberhangs würde bereits eine gewisse Entlastung auf den Immobilienmärkten bringen. Die tatsächlichen Wohnungsfertigstellungen reichen aber nicht aus, um den bis zum Jahr 2020 erwarteten jährlichen Neubaubedarf von über 350.000 Wohnungen zu decken. Daher ist es wichtig zu wissen, welche Anreize und welche Hemmnisse bei der Realisierung von Neubauprojekten bestehen und wie und wo Wohnungen nachfragegerecht realisiert werden können.

In Deutschland bestehen in den zahlreichen Wachstumsregionen gute Voraussetzungen für mehr Wohnungsneubau. Die Nachfrage ist seit Jahren größer als das Angebot. Das sorgt für stabile Marktsituationen, die das Risiko von Immobilieninvestitionen reduzieren. Die gute Marktlage bietet Sicherheiten bei der Vermietung oder der Vermarktung von Objekten und ermöglicht es, höhere Preise zu erzielen.



Abbildung 120: Neubau Mehrfamilienhäuser in gehobener Lage in Dresden – Striesen



Abbildung 121: Neue Doppelhäuser auf kleinen Grundstücken, Aachen



Abbildung 122: Neubau in günstigeren Lagen südlich der Altstadt, Nürnberg – St. Leonhard

Gleichzeitig haben andere Anlageformen mit sinkenden Renditen seit Jahren an Attraktivität verloren. Die Zahl interessierter Immobilieninvestoren hat sich merklich vergrößert. Die niedrigen Zinsen für Wohnimmobilienkredite ermöglichen es mehr Haushalten, den Traum der eigenen vier Wände zu realisieren; zumindest, wenn ausreichend Eigenkapital vorhanden ist. Außerdem können so steigende Immobilienpreise bis zu einem bestimmten Niveau kompensiert werden. So haben die Darlehenssummen und die Laufzeit der Sollzinsbindungen in den letzten Jahren spürbar zugelegt. Gerade unter dem Gesichtspunkt der Altersvorsorge und einem „mietfreien“ Leben im Alter hat die Wohneigentumsbildung weiterhin einen hohen Stellenwert in Deutschland. Diese Antriebsfaktoren sorgen aber auch für einen weiteren Nachfragedruck auf die wachsenden Immobilienmärkte und treiben somit die Preise weiter nach oben.

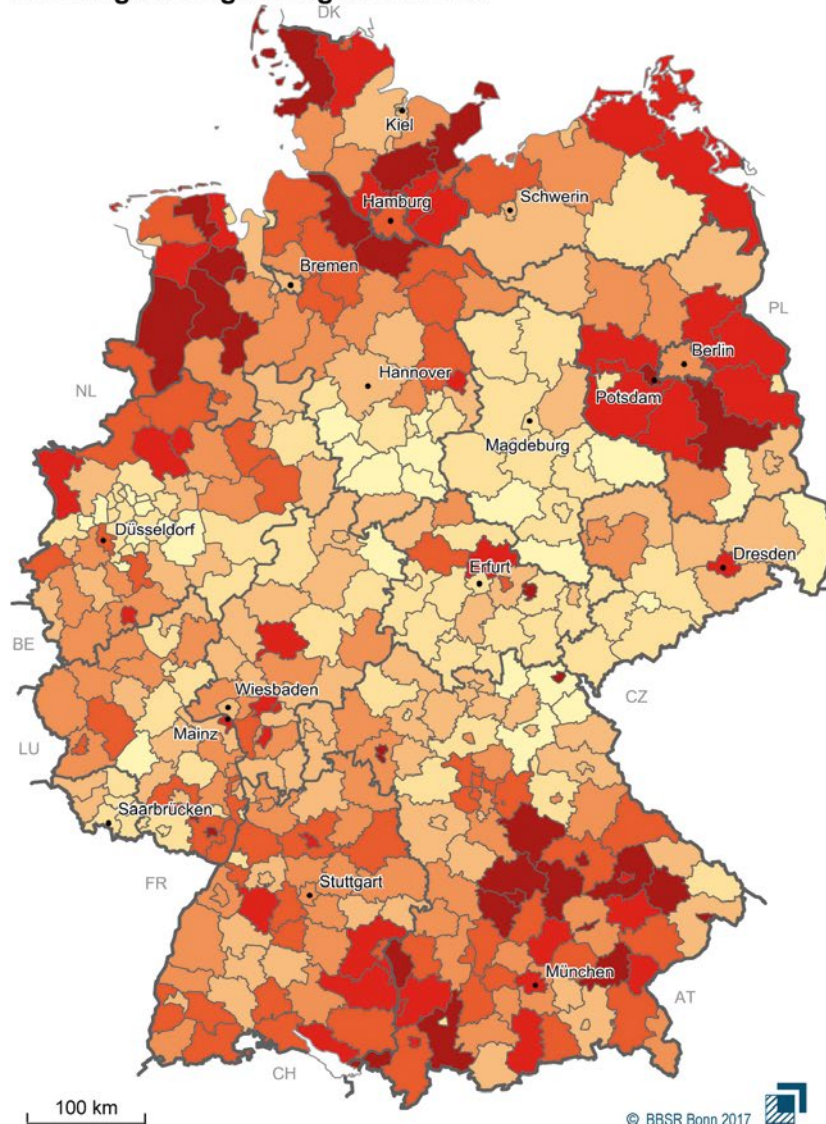
Das Interesse am Bau neuer Häuser oder Wohnungen ist bei potenziellen Bauherren – Unter-

nehmen, Anlegern und Privathaushalten – groß. Dem stehen aber zahlreiche Hindernisse entgegen, die eine weitere Erhöhung der Neubauzahlen begrenzen. Der größte Mangel besteht in verfügbaren und bezahlbaren Baugrundstücken. Das sorgt für lange und teilweise erfolglose Akquisen. Der Wettbewerb um Grundstücke ist groß. Gerade auf Gemeinwohl ausgerichtete Unternehmen können so kaum mit den stark steigenden Baulandpreisen mithalten. Lange Planungs- und Genehmigungsverfahren sowie zunehmend komplexere Anforderungen und Vorgaben an den Wohnungsbau verlängern und verteuern die Immobilienprojekte. Die Auslastung der bauausführenden und planenden Unternehmen ist groß, sodass Verzögerungen bei der Realisierung auch bereits genehmigter Projekte entstehen. Der Bauüberhang hat in den letzten Jahren zugenommen. Die Marktanspannungen drücken sich auch in den sinkenden Transaktionszahlen von unbebauten wie bebauten Grundstücken in den wachsenden Städten aus, wie sie von den Gutachterausschüssen für Grundstückswerte berechnet werden. Gleichzeitig steigen die Transaktionsvolumina durch die deutlichen Preissteigerungen.

Mit Neubau alleine können die derzeitigen Wohnungsengpässe nicht beseitigt werden. Zusätzlicher Wohnraum lässt sich auch im Gebäudebestand schaffen, bspw. durch Aufstockungen, Dachgeschossausbauten oder Umwandlungen von Nichtwohngebäuden in Wohnobjekte. In den Städten bieten sich hierzu noch umfassende Potenziale. Diese Maßnahmen der Innenentwicklung haben den Vorteil, bei entsprechend integrierten Lagen vorhandene Ressourcen und Infrastrukturen zu nutzen und Flächenneuansprachnahmen zu verringern. Sie stoßen aber auch häufig auf große nachbarschaftliche Widerstände oder stehen in Konkurrenz zu anderen städtischen Nutzungen. Daher sind in einigen Städten mit knappen Innenentwicklungspotenzialen Außenentwicklungsmaßnahmen, auch in größeren Maßstäben, unausweichlich, wie sie bspw. in Freiburg im Breisgau (Dietenbach), Aachen (Richtericher Dell) oder Frankfurt a. M. (Am Eschbachtal – Harheimer Weg; neuer Stadtteil bei Niederursel) geplant werden. Flexible Grundrisse und technische Ausstattungen bieten beim Neubau die Chancen, künftig besser im Bestand auf Nachfrageveränderungen reagieren zu können. Außerdem sind regionale Kooperationen zwischen den Kommunen erforderlich, um abgestimmt die Möglichkeiten für das Wohnen, aber auch für Gewerbe, Verkehr und weitere Infrastruktur zu entwickeln.

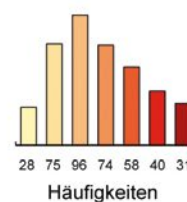
Baufertigstellungen insgesamt 2016

Abbildung 123:
Bautätigkeit in
Deutschland im
Jahr 2016



© BBSR Bonn 2017

Fertiggestellte Wohnungen in neuen Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Maßnahmen an bestehenden Gebäuden je 10 000 Einwohner* 2016



*Bevölkerung: Stand 2015

Datenbasis: BBSR-Wohnungsmarktbeobachtung, Statistik der Baufertigstellungen des Bundes und der Länder
Geometrische Grundlage: Kreise (generalisiert),
31.12.2015 © BKG/GeoBasis-DE
Bearbeitung: J. Nielsen

Bei allem Engagement zur Schaffung von mehr Wohnraum im Zuge der akuten Engpasssituationen muss aber auch immer die mittelfristige Nachfrage an Wohnraum und Wirtschaftsimmobilien in den Städten und Regionen im Blick behalten werden. Die Ausweitung des Neubaus darf nicht über das Ziel hinausschießen und somit

künftige Leerstände schaffen, wie sie vor allem in stagnierenden und schrumpfenden Räumen bereits in erheblichem Maße bestehen. Daher ist eine dauerhafte und auch kleinräumige Wohnungs- und Immobilienmarktbeobachtung von hoher Relevanz, um Markttrends frühzeitig erkennen und vermitteln zu können.

Einrichtung eines virtuellen „Museums der 1000 Orte“ zur Präsentation der Kunst am Bau des Bundes

Ute Chibidziura, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Seit 1950 wird an Bundesbauten Kunst am Bau realisiert. Über die Jahre sind so Tausende Kunstwerke entstanden, die allerdings auf Hunderte Liegenschaften weltweit verstreut und zumeist nicht zu besichtigen sind. Um diesen reichen Kunstbestand dennoch öffentlich zu machen, sollte ein via Internet zugängliches „Museum der 1000 Orte“ eingerichtet werden, in dem die Kunst am Bau des Bundes in ihrem baulichen und institutionellen Kontext vorgestellt wird.

Kunst am Bau ist in Deutschland seit knapp 70 Jahren ein fester Bestandteil der Bauherrenaufgabe des Bundes. Sie wird regelmäßig bei Baumaßnahmen für gesamtstaatlich relevante Institutionen wie Regierung und Verfassungsorgane, Bundesbehörden und Bundesinstitutionen, Botschaften und Auslandsvertretungen, Polizei, Zoll und Bundeswehr sowie für Medizin-, Kultur- und Wissenschaftsinstitutionen beauftragt. Über die Jahre sind so im In- und Ausland an die zehntausend KunstamBauWerke entstanden, und nahezu alle bedeutenden Künstlerinnen und Künstler ihrer Zeit waren im Auftrag des Bundes tätig. Zusammengenommen bildet die Kunst am Bau des Bundes eine großartige Sammlung an Nachkriegskunst, die sämtliche künstlerische Strömungen und Ausdrucksformen umfasst und auch in Umfang und Vielfalt international einzigartig ist.

Seit einigen Jahren wird dieser seit 1950 aufgebaute Kunstbestand wissenschaftlich und fotografisch dokumentiert und in einer vom BBR eigens erstellten Kunst-am-Bau-Datenbank erfasst. Um die dezentral lokalisierte Kunst am Bau des Bundes zusammenhängend in einem virtuellen „Museum der 1000 Orte“ präsentieren zu können, wurde die Entwicklung und Gestaltung einer entsprechenden Web-Applikation ausgeschrieben. Eröffnet wurde das Online-Museum von Ministerin Barbara Hendricks im Juni 2017.

Das „Museum der 1000 Orte“ bietet seinen Besuchern mehrere Wege zur Kunst: Einen schnellen visuellen Zugang über die Startseite, wo ein Mausklick auf eine der Abbildungen direkt zu

dem entsprechenden Kunstwerk oder Bauwerk verlinkt, während die Namen der Künstlerinnen und Künstler zu den hinterlegten Künstlerviten führen. Alternativ zur intuitiven Nutzung ist ein systematischer Zugang zur Kunst über die Reiter **Museum**, **Orte**, **Künstler** und **Kunstwerke** möglich. Der mit **Museum** überschriebene Bereich bietet Wissenswertes zu Inhalt und Aufbau des „Museums der 1000 Orte“, aber auch zur Geschichte der Kunst am Bau, zur baubezogenen Kunst in der DDR sowie zu den Regularien für die Kunst am Bau beim Bund. Im Weiteren wird über Forschungen zu Kunst am Bau informiert und auf die Frage eingegangen, wie Kunst am Bau entsteht und warum sie überhaupt beauftragt wird.

Der Reiter **Orte** listet die im **Museum** befindlichen Liegenschaften mit ihrer aktuellen Bezeichnung in alphabetischer Reihung auf. Sofern eine Liegenschaft mehrere Bauwerke umfasst, ist das anhand der hinterlegten Bilder von den Bauwerken ersichtlich. Hier kann sowohl nach Orten sortiert, als auch durch die Eingabe einer Postleitzahl gefiltert werden, um Kunstwerke im näheren Umkreis auszuwählen.

Unter dem Reiter **Künstler** werden die Künstlerinnen und Künstler in alphabetischer Reihung ausgegeben und zu jeder Person bis zu drei im Onlinemuseum verfügbare Kunstwerke angezeigt. Ein Klick auf den Namen oder das Foto des Kunstwerks verlinkt zur Vita der Künstlerin bzw. des Künstlers und den im Museum befindlichen Werken.

Im Bereich **Kunstwerke** können die Arbeiten in chronologischer oder alphabetischer Reihung dargestellt werden. Sie lassen sich anhand verschiedener Kategorien nach Zugänglichkeit, Anbringungsjahr, künstlerischen Techniken oder Nutzergruppen filtern, um einen bestimmten Werkkreis zu erhalten. Die Anwendung mehrerer Suchkriterien ist dabei ebenso möglich wie die Kombination vorkonfigurierter Kategorien mit einer Freitextsuche.



Abbildung 124: Startseite www.Museum-der-1000-Orte.de

Abbildung 125:
Reiter Museum

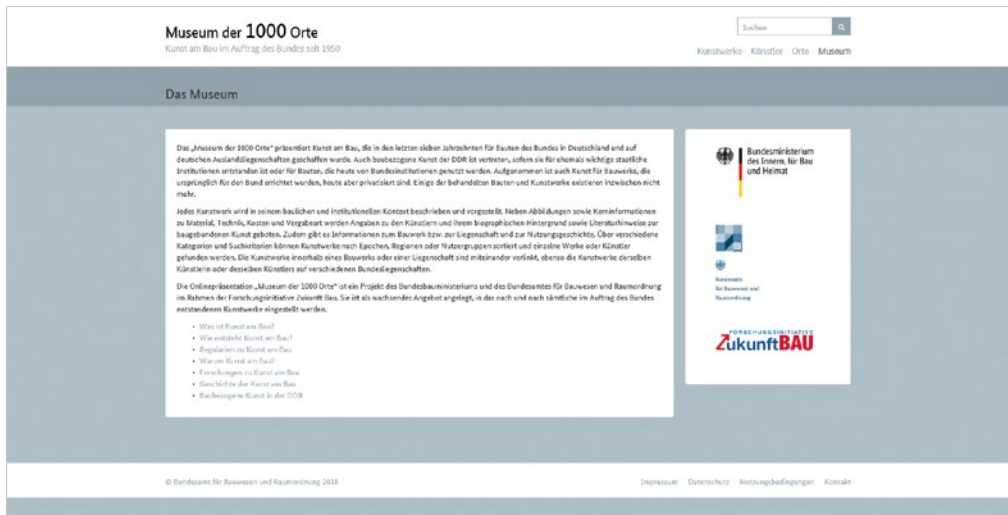


Abbildung 126:
Reiter Orte

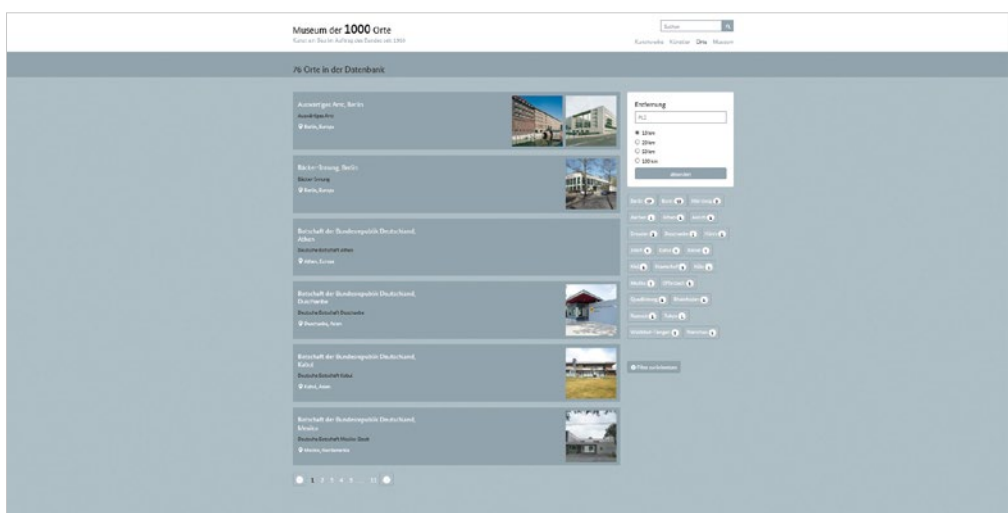
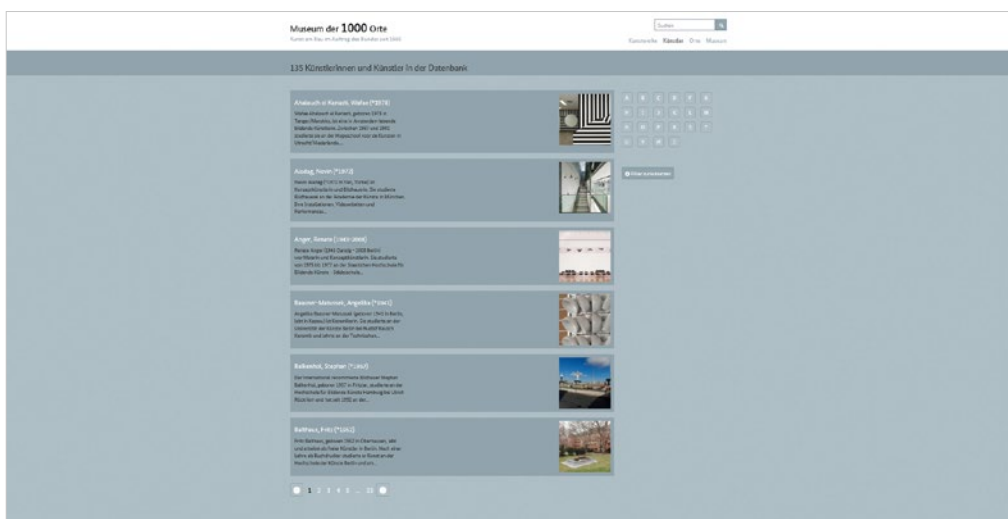


Abbildung 127:
Reiter Künstler



Die einzelnen Kunstwerke werden im „Museum der 1000 Orte“ zunächst in einer Bilderfolge präsentiert und dann in ihrem baulichen und institutionellen Kontext unter Angabe von Literaturhinweisen ausführlich beschrieben. Kerninformationen zu Material, Technik, Kosten und Vergabeart sowie zum Standort und zur

öffentlichen Zugänglichkeit werden ebenso vermittelt wie Informationen zu den Künstlern. Ein Ausschnitt des Stadtplans und ein Bild des Bauwerks mit Informationen zum Gebäude sowie zu dessen Nutzungsgeschichte runden das Angebot ab.

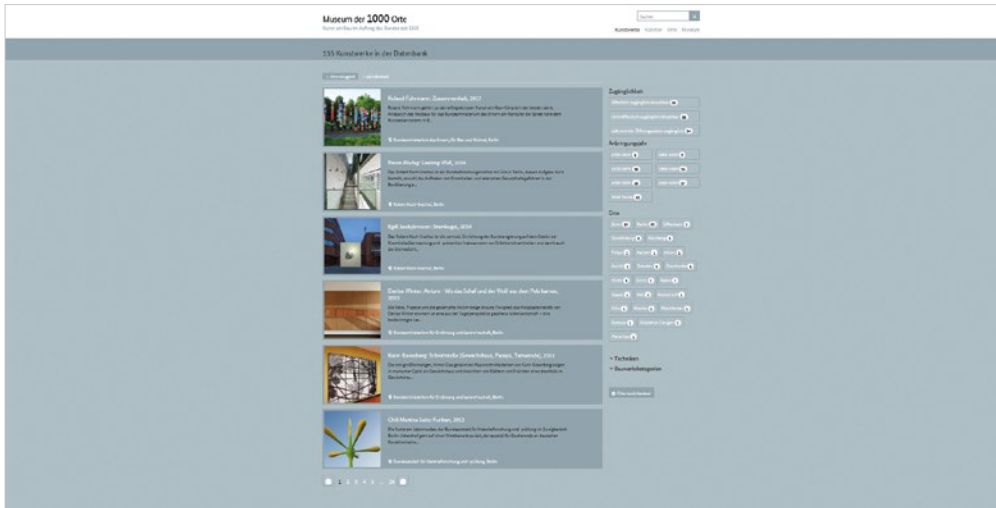


Abbildung 128:
Reiter Kunstwerke

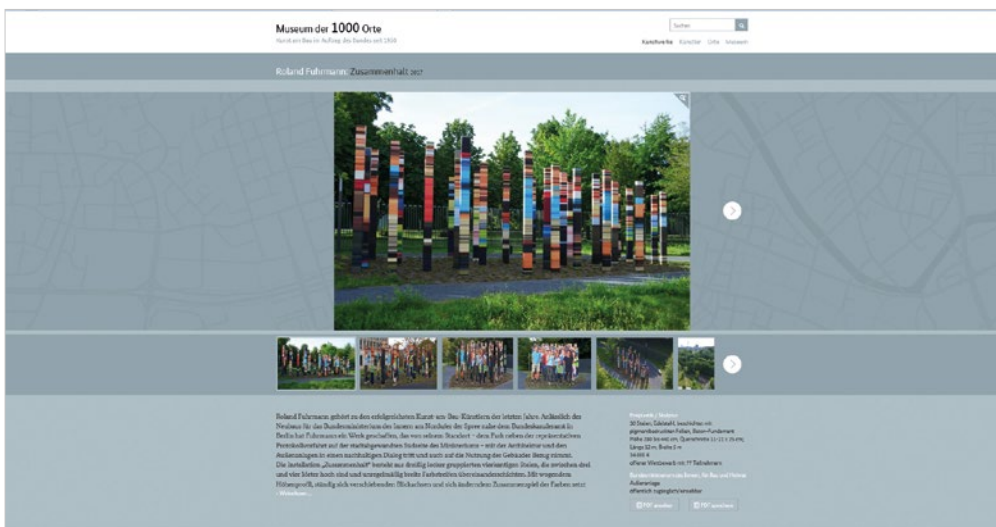


Abbildung 129:
Kunst am Bau für das Bundesministerium des Innern in Berlin

Sämtliche Informationen zu einem Kunstwerk können in Form eines Projektblattes im PDF-Format ausgedruckt oder abgespeichert werden. Auf dem Projektblatt befindet sich auch ein QR-Code. Dieser soll zukünftig auf die örtliche Beschilderung der Kunstwerke übernommen werden, um direkt auf die Präsentation im „Museum der 1000 Orte“ zu verlinken.

Das „Museum der 1000 Orte“ ist als wachsendes Angebot konzipiert, das peu à peu erweitert wird.

Anders als „klassische“ Museen präsentiert das Onlineangebot www.Museum-der-1000-Orte.de Kunstwerke, die seit 1950 für die dauerhafte Präsenz in und an Bauten des Bundes im In- und Ausland entstanden sind. Es umfasst baubezogene Kunst der DDR ebenso wie Kunst am Bau von heute privatisierten Bundesbauten, zudem inzwischen verschollene oder nicht mehr existierende Kunstwerke; insofern ist das Onlinemuseum auch ein Archiv der Kunst am Bau, das kontinuierlich erweitert wird. Einige der Kunstwerke werden im Onlinemuseum erst-

mals publiziert, sodass das „Museum der 1000 Orte“ nicht nur für die breite Öffentlichkeit, sondern auch für die Forschung eine wichtige Informationsquelle darstellt.

Eckdaten

www.Museum-der-1000-Orte.de

Auftragnehmer:
HauptwegNebenwege GmbH Köln

Projektleiterin BBR: Dr. Ute Chibidziura, A2

Referatsleitung:
Frau Beate Hückelheim-Kaune, A2

Gesamtkosten: 39.436,60 €
Anteil Bundeszuschuss: 39.436,60 €
Projektlaufzeit: Januar 2016 bis Juni 2017

Bildnachweise

Abb.	Autor		
Titelbild	G. Schubert, Lehrstuhl für Architekturinformatik, TUM	28	Krüger, Sachs
1	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	29	Krüger, Sachs
2	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	30	georgejmclittle – stock.adobe.com
3	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	31	www.fotolia.com/Rawpixel Ltd.
4	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	32	BBSR
5	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	33	BBSR
6	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	34	BBSR
7	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	35a	Sabine Niemann, Zebau GmbH
8	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD)	35b	Sabine Niemann, Zebau GmbH
9	Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft	36	Sabine Niemann, Zebau GmbH
10	Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft	37	Sabine Niemann, Zebau GmbH
11	Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft	38	Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis Dorothea Burkhardt
12	Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft	39	BBSR
13	TU München, Lehrstuhl für Architekturinformatik	40	Köhler Architekten
14	TU München, Lehrstuhl für Architekturinformatik	41	Andreas Reithmeier, aris
15	TU München, Lehrstuhl für Architekturinformatik	42	Fraunhofer–Institut für Bauphysik
16	TU München, Lehrstuhl für Architekturinformatik	43	Fraunhofer–Institut für Bauphysik
17	TU München, Lehrstuhl für Architekturinformatik	44	Fraunhofer – Institut für Bauphysik
18	Kennwert GmbH	45	Fraunhofer – Institut für Bauphysik
19	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut Entwerfen und Bautechnik (IEB)	46	Frankfurt University of Applied Sciences
20	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut Entwerfen und Bautechnik (IEB)	47	Frankfurt University of Applied Sciences
21	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut Entwerfen und Bautechnik (IEB)	48	Frankfurt University of Applied Sciences
22	Bau Kunst Erfinden	49	Frankfurt University of Applied Sciences
23	Bau Kunst Erfinden	50	Christoph Lison
24	Bau Kunst Erfinden	51	Christoph Lison
25	Bau Kunst Erfinden	52	ugljesaras – stock.adobe.com
26	Bau Kunst Erfinden	53	TU Braunschweig, IIKE
27	Krüger, Sachs	54	VILevi – stock.adobe.com
		55	TU Braunschweig, IIKE
		56	TU Braunschweig, IIKE
		57	TU Braunschweig, IIKE
		58	TU Braunschweig, IIKE
		59	TU Braunschweig, IIKE
		60	Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK), Universität Stuttgart
		61	Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK), Universität Stuttgart
		62	Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK), Universität Stuttgart
		63	Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK), Universität Stuttgart
		64	Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK), Universität Stuttgart
		65	Institut für Massivbau der RWTH Aachen Universität
		66	Institut für Massivbau der RWTH Aachen Universität
		67	Hering Bau GmbH & Co. KG
		68	Institut für Massivbau der RWTH Aachen Universität

69	Hering Bau GmbH & Co. KG	114	Henke, TU München
70	Fraunhofer IBP	115	Talke, TU München
71	Fraunhofer IBP	116	Henke, TU München
72	Fraunhofer IBP	117	Henke, TU München
73	Fraunhofer IBP	118	Henke, TU München
74	Fraunhofer IBP	119	BBSR
75	Drexler Guinand Jauslin Architekten	120	BBSR
76	thoma architekten für degewo	121	BBSR
77	Winking Froh Architekten BDA	122	BKG/GeoBasis-De
78	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung	123	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
79	Bauconsult-knabe GmbH/Axel Knabe	124	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
80	HTW-Berlin, HS-OWL		
81	ACMS Architekten GmbH	125	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
82	raumfeld Architekten		
83	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	126	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
84	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	127	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
85	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	128	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
86	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	129	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
87	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik		
88	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik		
89	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	Abb.	Autor
90	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	Lothar Fehn Krestas	Bernd Lammel
91	Florian Sänger, TUM – Lst f. Energie wirtschaft und Anwendungstechnik	Prof. Achim Menges	Boris Miklautsch, Werkstatt für Photographie
92	Technische Universität Dresden	Gerhard Schubert	Federico Pedrotti Fotografo
93	Technische Universität Dresden	Thorsten Klooster	BorisTrenkel
94	Technische Universität Dresden	Anica Meins-Becker	Fotostudio Hosenfeldt
95	Technische Universität Dresden	Prof. Frank Will	Will
96	Technische Universität Dresden	Prof. Thomas Auer	Auer.
97	BBSR	Sebastian Otto	BMI
98	BBSR	Helga Kühnhenrich	BBSR
99	BBSR	Robert Kaltenbrunner	BBSR
100	A. Müller	Guido Hagel	Hagel
101	A. Müller	Martina Zwack	Zwack
102	A. Müller	Petra Alten	Alten
103	BBSR		
104	Müller/Lander		
105	DETAIL transfer		
106	DETAIL transfer		
107	DETAIL transfer		
108	TU München, Lehrstuhl f. Holzbau und Baukonstruktion		
109	Winter		
110	TU München, Lehrstuhl f. Holzbau und Baukonstruktion		
111	TU München, Lehrstuhl f. Holzbau und Baukonstruktion		
112	TU München, Lehrstuhl f. Holzbau und Baukonstruktion		
113	TU München, Lehrstuhl f. Holzbau und Baukonstruktion		

Literaturhinweise des Herausgebers



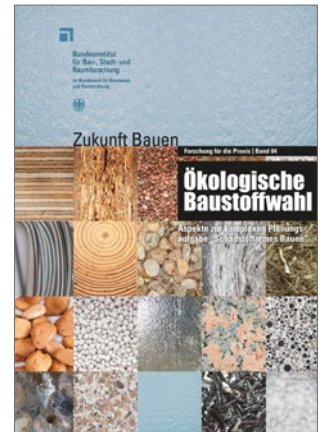
ready – Neue Standards und Maßnahmensets für die stufenweise, altengerechte Wohnungsanpassung im Neubau



best practice – Soziale Faktoren nachhaltiger Architektur. 17 Wohnungsbauprojekte im Betrieb



RENARHIS – Nachhaltige energetische Modernisierung und Restaurierung historischer Stadtquartiere



Ökologische Baustoffwahl – Aspekte zur komplexen Planungsaufgabe „Schadstoffarmes Bauen“



ready kompakt – Planungsgrundlagen zur Vorbereitung von altengerechten Wohnungen



Materialströme im Hochbau – Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft



WECOBIS – Webbasiertes ökologisches Baustoffinformationssystem



Nachhaltiges Bauen des Bundes – Grundlagen – Methoden – Werkzeuge



ÖKOBAUDAT – Grundlage für die Gebäudeökobilanzierung



Bauteilkatalog – Niederschwellige Instandsetzung brachliegender Industrieareale für die Kreativwirtschaft



Bauliche Hygiene im Klinikbau – Planungsempfehlungen für die bauliche Infektionsprävention in den Bereichen der Operation, Notfall- und Intensivmedizin

Die Broschüren sind kostenfrei erhältlich. Die Bestellhinweise sowie die Downloads finden Sie unter: www.forschungsinitiative.de.

Notizen

Notizen

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung und Redaktion

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Referat II 3 – Forschung im Bauwesen
Guido Hagel
guido.hagel@bbr.bund.de

Stand

Dezember 2018

Gestaltung | Barrierefreies PDF | Lektorat

A Vitamin Kreativagentur GmbH, Berlin
Dr. phil. Birgit Gottschalk, Nümbrecht

Bildnachweise

Siehe Seite 98 und 99

Druck

Silber Druck oHG, Niestetal

Kostenfreie Bestellungen

zb@bbr.bund.de
Stichwort: Magazin Digitales Bauen

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Die von den Autoren vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der des Herausgebers identisch.



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



www.forschungsinitiative.de

ISBN 978-3-87994-222-0