

Hans-Peter Leimer (Hrsg.)

Bauinstandsetzen und Bauphysik

gestern – heute – morgen

Restoration and Building-Physics

past – present – future



Hans-Peter Leimer (Hrsg.)

Bauinstandsetzen und Bauphysik

gestern – heute – morgen

Restauration and Building-Physics

past – present – future

Hans-Peter Leimer (Hrsg.)

Bauinstandsetzen und Bauphysik

gestern – heute – morgen

Restoration and Building-Physics

past – present – future

32. Internationales WTA-Kolloquium

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9590-2

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9591-9

32. Internationales WTA-Kolloquium Bauinstandsetzen + Bauphysik VII

10. und 11. März 2016

HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst

Goschentor 1

31134 Hildesheim

Herstellung: Andreas Preising

Layout: Fraunhofer IRB Verlag

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Satz: Fraunhofer IRB Verlag

Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-2500

Telefax +49 711 970-2508

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für
Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA)

WTA – Geschäftsstelle

Ingolstädter Str. 102, 85276 Pfaffenhofen

Telefon +49 89 57869727

Telefax +49 89 57869729

wta@wta.de

www.wta.de

Vorwort Prof. Dr.-Ing. John Grunewald

Es ist wieder so weit. Es trifft sich, wer Rang und Namen hat, zum 32. internationalen WTA-Kolloquium am 10. und 11. März 2016 in Hildesheim.

Das Thema »Bauinstandsetzen+Bauphysik« des diesjährigen WTA-Kolloquiums ist von grosser Bedeutung für einen sehr wichtigen Teil unserer Umwelt – unseren Gebäudebestand. Die enge Verbindung von Energieeffizienz, Klimawandel und Gesundheit mit unserem Gebäudebestand mag auf den ersten Blick nicht offensichtlich erscheinen, doch die Referate nationaler und internationaler Expertinnen und Experten werden diese Zusammenhänge eindrücklich aufzeigen.

Nach einer Einführung zum Thema »Entwicklung der Bauphysik im Spannungsfeld von Bautradition und Bauforschung« und der Diskussion über »Restoration of Concrete Structures« und »Conservation of Built Heritage in China« wird spezifischen Fragen hinsichtlich der »Bestandsaufnahme und neuen Anforderungen and Planungswerkzeuge« nachgegangen. Im weiteren Verlauf des zweitägigen WTA-Kolloquiums widmen sich die Vortragenden vielen spannenden und hochaktuellen Themen des Bauinstandsetzens und der Bauphysik.

Dem Gastgeber des Kolloquiums, unserem lieben Kollegen und Freund Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Arch. Hans-Peter Leimer, dem wir anlässlich seines 60. Geburtstages herzlich gratulieren und viel Gesundheit und viele Erfolge wünschen, ist es maßgeblich zu verdanken, dass sich dieses Gebiet so erfolgreich entwickelt hat. Er hat es sich zur Lebensaufgabe gemacht, die wissenschaftlichen Grundlagen, besonders auf den Gebieten der Bauwerkserhaltung, der Bauphysik und der Bauchemie aufzunehmen und in Handlungsanweisungen für die Praxis zu überführen. Durch seine Forschungstätigkeit als Institutsleiter an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst HAWK Hildesheim und der Hefei University in China und die langjährige Leitung des BBS Ingenieurbüros hat er in hervorragender Weise dazu beigetragen, den Dialog zwischen Wissenschaft, Fachleuten und der Praxis zu fördern.

Das 32. internationale WTA-Kolloquium wird vielfältige Impulse für Universitäten, Forschungsinstitute, Behörden, Architekten, Ingenieure, Unternehmen und Verbände geben. Während der Konferenz bieten sich so auch viele Gelegenheiten, sich mit internationalen Expertinnen und Experten und Kolleginnen und Kollegen auszutauschen.

Prof. Dr.-Ing. John Grunewald

Vorwort Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht

2016 ist für die Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege ein Jahr mit zwei herausragenden Momenten. So kann der Verein im Oktober 2016 auf sein 40-jähriges Bestehen zurückblicken. Dieses besondere Ereignis wird im Herbst mit einer Festveranstaltung in München gewürdigt werden. Doch schon im Vorfeld dieses Jubiläums hat die WTA einen weiteren Grund, ein großes Ereignis zu feiern, wie die festliche Aufmachung des Konferenzbandes zum „32. Internationalen WTA-Kolloquium Bauinstandsetzen+Bauphysik VII“, das anlässlich der WTA-Tage 2016 in Hildesheim veranstaltet wird, verrät.

Anfang März 2016 feiert unser langjähriger und ehemaliger 1. Vorsitzende, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer, seinen 60. Geburtstag. Das Erweiterte WTA-Präsidium hat sehr gerne seiner Bitte entsprochen, die WTA-Tage 2016 in Hildesheim stattfinden zu lassen und die Organisation und Durchführung des Kolloquiums in die Hände von Hans-Peter Leimer zu geben. Dies ermöglicht allen der WTA zugehörigen und verbundenen Gäste, mit dem Jubilar anstoßen zu können.

Vor 24 Jahren wurde Hans-Peter Leimer Mitglied in der WTA. Von Beginn an brachte er sich mit großem Engagement in der Referatsarbeit ein. Natürlich hat er sich über die Facharbeit hinaus auch für die Fortentwicklung der WTA insgesamt und die Verwirklichung der Vereinsziele unermüdlich eingesetzt. Als die WTA 1996 in unruhige Fahrwässer geriet, wurde er 1997 in den Vorstand gewählt. Dort übernahm er die wichtige Aufgabe, Strategien zu entwickeln, um den Verein zu konsolidieren und nicht die erfolgreiche fachlich-inhaltliche Arbeit der Referate zu gefährden. 2001 wurde er dann zum 1. Vorsitzenden der WTA gewählt. Unter seiner Führung konnten die Strukturen der WTA verbessert und Regularien geschaffen und gelebt werden, dank deren sich die Mitglieder heute wieder in ihren Referaten und ihren Regionalen Gruppen gerne engagieren. Auch stellte er wichtige Weichen, den Verein fortan nicht rein national, sondern multinational auszurichten. 2013 schied Hans-Peter Leimer dann nach zwölfjährigem weithin sichtbarem Wirken aus dem WTA-Vorstand aus. Für seine vielfältigen Leistungen wurde ihm 2013 in Braunschweig die Ehrenmitgliedschaft in der WTA zuerkannt. Sein Wirken als 1. Vorsitzender prägte die WTA in den zurückliegenden Jahren. Doch wirken sich die Entwicklungen der vergangenen Dekade auch auf die bevorstehende Vereinsentwicklung aus.

Hans-Peter Leimer hat in seiner Zeit als 1. Vorsitzender der WTA ein gut funktionierendes und weit verzweigtes Netzwerk entwickelt, wie der Inhalt des vorliegenden Konferenzbandes verdeutlicht. So ist es ihm gelungen, über 63 Referentinnen und Referenten für das 32. Internationale Kolloquium zu gewinnen, um in den adressierten Themenfeldern „Bauinstandsetzen und Bauphysik“ beizutragen. Wichtig war ihm, all jene Forschungen und Entwicklungen aufzugreifen und zu streifen, die den Stand der Bautechnik bis in die Gegenwart beeinflussten. Doch sollen die Beiträge nicht nur zurückblicken. Vielmehr soll die Veranstaltung auch einen Ausblick gewähren, um den Teilnehmerinnen und Teilneh-

mern wie auch den Leserinnen und Lesern die Möglichkeit zu bieten, die Chancen und Perspektiven ihres eigenen Wirkens zu reflektieren.

Freuen wir uns also darauf, in Hildesheim mit Hans-Peter Leimer seinen 60. Geburtstag zu feiern und an der informationsreichen und anregenden Konferenz teilzunehmen. Dem Jubilar wünschen wir auch für die nächsten Jahre ein weiterhin erfolgreiches Schaffen und Wirken.

Stuttgart, Februar 2016

Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht

Vorwort Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

Der Abschluss einer jeden Dekade bietet eine gute Gelegenheit zu feiern, aber auch auf das Vergangene zurückzublicken. Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Bautechnik, der Bauphysik, der Fortschreibung der gesetzlichen Normen und Verordnungen sowie der Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik, bietet das Bauwesen ein herausforderndes Umfeld für jeden, der im Bauwesen ingenieurmäßig, forschend oder lehrend tätig ist. Und besonders Hans-Peter Leimer ist in allen drei Tätigkeitsfeldern sehr aktiv. Ingenieurmäßig durch die Begleitung vieler nationaler und internationaler Bauprojekte wie zur Expo 2010 in Shanghai mit dem Pavillion of Innovations. Im Bereich der Bauforschung seien beispielsweise seine Aktivitäten im Bereich der energetischen Gebäudesimulation genannt, welche zu dem Low Energy Vertificate LEC als Planungs- und Optimierungstool zur energetischen Bewertung von Gebäuden führten. Im Bereich der Lehre verstärkte Hans-Peter Leimer seine Aktivität vor allem im internationalen Bereich durch die Professur für das Lehrgebiet Bauphysik an der Hefei Universität in China. In Verbindung mit seiner Lehrtätigkeit in China steht auch der Aufbau des Instituts für Angewandte Bauphysik und Dauerhaftigkeit. Im Fokus steht hier die Prüfung und Zertifizierung von Bauprodukten sowie die baubegleitende Qualitätssicherung in China. Vor dem Hintergrund der Häufigkeit von umfangreichen Bauschäden, gerade im Neubau, ist in China eine solche Einrichtung dringend erforderlich. Aber auch seinen bisherigen Schwerpunktthemen der Bauinstandsetzung und der Denkmalpflege widmete sich Hans-Peter Leimer in dem Projekt zur Entwicklung eines Instandsetzungskonzeptes unter städtebaulichen, architektonischen und bauphysikalischen Gesichtspunkten für die Stadtvillen Bao Yang in Shanghai, China. Innerhalb dieses Projektes konnte er gut auf die Normen und Regelwerke der WTA zurückgreifen, deren Präsident er von 2001 bis 2013 war.

Entsprechend dem Motto des 32. Internationalen WTA-Kolloquiums „Forschungen und Entwicklungen, die die Bautechnik beeinflussten, ein Rückblick - ein Ausblick“ bleibt ein kurzer Blick in die Zukunft. Diese wird durch den aktuellen Umbruch in weiten Teilen der Welt stark geprägt sein. Ein großer Impuls in Richtung Neubauprojekte kommt durch die Zuwanderung an Flüchtlingen. Auch wird das Bauwesen stark beeinflusst durch die derzeit extrem fallenden Ölpreise. Diese machen energieeffizientes und ökologisches Bauen unattraktiver. Insbesondere diejenigen, die sich mit Bauinstandsetzung intensiv auseinandersetzen wissen, dass Gebäude sehr langlebige Objekte sind und kurzfristige Trends fast immer überstehen. Daher wird es aus meiner Sicht immer wichtiger, den kompletten Lebenszyklus des Gebäudes zu beachten und hierbei den Mensch als Nutzer nicht zu vergessen.

Es bleibt an dieser Stelle noch Hans-Peter Leimer für die kommenden Jahre beste Gesundheit zu wünschen, so dass er in der Bauinstandsetzung und der Bauphysik sowohl als Ingenieur, als Architekt, als Bauforscher und als Professor weiter wirken kann.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

Vorwort Prof. Dr.-Ing. Andreas Holm

Hans-Peter Leimer wird am 7. März 2016 sechzig Jahre alt. Er hat mit seinem Wirken in besonderer Weise zur Steigerung der Energieeffizienz bei gleichzeitiger Erhöhung der Wohnqualität beigetragen. Das Jahr 2016 ist aber auch für die Energiewende ein besonderes Jahr. Das Energieeinsparungsgesetz des Bundes (EnEG) wird 40 Jahre alt. Mit seinen vielen wissenschaftlichen Arbeiten aber auch seiner Praxisnähe über sein Ingenieurbüro, das er seit 25 Jahre führt, hat er maßgeblich zum Gelingen der Energiewende beigetragen.

Bis in die 1960er und 1970er Jahre bestand eine Außenwand aus 36,5 cm Ziegel- oder Leichtbetonmauerwerk mit etwas Putz auf der Außen- und Innenseite und vielleicht noch ein wenig Farbe zur Verschönerung. In Zeiten scheinbar unendlich verfügbarer Energie war an energieeffiziente Gebäude nicht zu denken. Die niedrigen Energiepreise sorgten selbst in einem strengen Winter für mollig warme Häuser. Der in schon den 1950er Jahren eingeführte Mindestwärmeschutz diente nicht der Energieeinsparung, sondern stellte die Tauwasser- und Schimmelfreiheit der Oberflächen der Außenbauteile sicher. Mit dem Ölpreisschock Mitte der 1970er Jahre begann dann der Umdenkprozess. Man erkannte, dass die Gebäude für einen großen Teil des Energieverbrauchs in Deutschland verantwortlich waren.

Das Energieeinsparungsgesetz des Bundes (EnEG) in seiner ersten Fassung von 1976 war Grundlage der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977. Das EnEG zielt darauf ab, in Gebäuden Energie zu sparen und nur so viel Energie zu verbrauchen, wie jeweils notwendig ist um das Gebäude zweckdienlich zu nutzen. Es hatte schon in der ersten Fassung insbesondere den Wärmeschutz der Gebäudehülle sowie die effiziente Anlagentechnik und deren Betrieb im Visier. Daraufhin wurden erste Anforderungen an den Wärmeschutz neu zu errichtender Gebäude eingeführt. Die Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung 1978 und die in den späteren Jahren erfolgten Anpassungen sowie die Einführung der EnEV 2002 hat in Deutschland den Neubau von 1,75 Mrd. m² Wohnfläche (ca. 40% der gesamten Wohnfläche) beeinflusst. Die energetische Qualität der Gebäude hat seit der Wärmeschutzverordnung 1979 deutlich zugenommen und ist inzwischen um ein vielfaches besser als die vonm Vorkriegsalthbauten. Ohne diese, auch schon damals, immer wieder umstrittenen Anpassungen würde der Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Wohngebäudebestand heute jährlich 250 TWh höher liegen. Das heißt, anstatt derzeit knapp 575 TWh würden deutsche Wohngebäude jährlich fast 825 TWh an Energieverbrauch aufweisen.

Die von der Bundesregierung im Energiekonzept 2050 formulierten Zielvorgaben bei der Reduzierung des Primärenergiebedarfs sind klar. Um die avisierte Verminderung des Primärenergieverbrauchs um 50% gegenüber 2008 zu erreichen, soll der Primärenergieverbrauch im Gebäudebereich um 80% reduziert werden. Dieses ambitionierte Ziel ist allein mit einer energieeffizienten Ausführung von Neubauten nicht zu erreichen. Es bedarf also in jedem Fall einer planvollen Sanierung des Gebäudebestands unter Ausnutzung aller

sinnvollen aktiven (Haustechnik) und passiven (Dämmung) Maßnahmen. Vergleicht man die Gebäudebestandsverteilung mit dem entsprechenden energetischen Zustand der Gebäude, so stellt man fest dass derzeit 65% der Gebäude in Deutschland sanierungsbedürftig sind. Der Anteil nachträglich gedämmter Außenflächen von Altbauten liegt bei Ein- und Zweifamilienhäusern bei ca. 20%, bei Mehrfamilienhäusern bei ca. 26%. Fast die Hälfte aller Dachflächen, aber nur ein sehr geringer Teil der Kellerdecken in Altbauten wurden nachträglich gedämmt. Ausgehend von einem technisch realisierbaren Einsparpotenzial ergibt sich im gesamten Gebäudebereich (Wohn- und Nichtwohngebäude) ein grob geschätzter Minderverbrauch von ca. 350 bis 400 TWh pro Jahr, also die fast vierfache Leistung aller deutschen sich momentan in Betrieb befindenden Atomkraftwerke. Diese theoretische Effizienzverbesserung ist natürlich nur abrufbar, wenn bei allen Gebäuden sämtliche Möglichkeiten, wie eine ausreichende Dämmung der Gebäudehülle, eine Fenstermodernisierung und der Einsatz moderner Technik, vollständig genutzt werden.

Gebäude und Räume müssen heute neben Anforderungen an den Wärmeschutz selbstverständlich auch Anforderungen an die energetisch und akustisch sinnvolle Raumkonditionierung erfüllen.. Und hier zeigt sich auch welche Bedeutung die Bauphysik für die Energiewende in den letzten Jahrzehnten hatte bzw. haben wird. Denn neben den Fragen des Wärmeschutzes sind es auch die des Feuchte-, Schall- und Brandschutz die die Wünsche und Anforderungen von Bewohner an die Behaglichkeit und die Gesundheitsverträglichkeit unserer Gebäude beeinflussen. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass der Einhaltung dieser Maßgaben von Bauherren und Investoren zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird. Das erkannte Hans Hans-Peter Leimer sehr früh und hat mit seinem Wirken in besonderer Weise zur Steigerung der Energieeffizienz bei gleichzeitiger Erhöhung der Wohnqualität beigetragen. Er war einer der ersten Bauphysiker die unter anderem modernen Rechenverfahren in der Praxis einsetzten. Er berechnete die bauphysikalischen Vorgänge in Bauteilen und Gebäude instationär und trug durch sein Engagement im Rahmen der WTA dazu bei das sich die Verfahren sich immer mehr gegenüber den in DIN 4108 beschriebenen Normverfahren durchsetzen. Bei der diagnostischen Beurteilung der Feuchteverhältnisse legte er bei seinen Objekten wegweisen Wert darauf die verschiedene Einflüsse wie Schlagregen, aufsteigende Grundfeuchte oder Baufeuchte in Bauteilen entsprechend zu berücksichtigen. Er hat damit das energiesparende Bauen in Deutschland maßgeblich geprägt und gefördert. Wir gratulieren ihm herzlich zum 60ten Geburtstag und wünschen ihm weiterhin die Gesundheit und Kraft sein großes Engagement im beruflichen Alltag weiterzuführen.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Holm

Vorwort Prof. XIA Yong

Mentor und Freund: Im Jahr 2005 lernte ich Herrn Prof. Dr. Hans-Peter Leimer kennen. Bald schon wurden wir gute Freunde.

Ich meine, dass er wirklich mein Mentor und ein hilfreicher Freund ist. Nicht nur, weil er nach China viele Informationen über Energieeinsparung bei Gebäuden und die Anwendung der erneuerbaren Energien im Bauwesen mitbrachte, sondern auch unseren Studierenden und Dozenten die praktischen Lehrmethoden bei der Vorlesung Bauphysik aufzeigte und mit uns verschiedene interessante Workshops unternahm. Die Studierenden fühlten immer seine Gewissenhaftigkeit, Ernsthaftigkeit und Disziplin.

Zehn Jahre der Zusammenarbeit vergingen so schnell, doch habe ich die lange Zusammenarbeit noch immer vor meinen Augen, sie ist in meinen Kopf geblieben.

Schon im Jahr 2006 gründeten die Universität Hefei und die HAWK Hildesheim mit der Hilfe von Prof. Leimer einen neuen Bachelor-Studiengang Bauingenieurwesen 2+3 (Jahre), an dem die chinesischen Studierenden nach einem 2-jährigen Vorstudium an der HAWK in Hildesheim weiter studieren können.

Im Januar 2008 hielt Herr Prof. Leimer vor unseren Studenten die erste Vorlesung Bauphysik, die, erstmalig bei uns, als Modul in das Curriculum integriert wurde. Bis heute besucht Prof. Leimer die Deutsche Hochschule Hefei mehrmals im Jahr, um Vorlesungen auf den Gebieten der Bauphysik und des Energieeinsparens zu halten. Sein chinesisches Lehrbuch der Bauphysik ist nicht nur für die Studierenden hilfreich, sondern auch für ganz die Ausbildung in China, da es das Erste auf diesem Gebiet ist.

In den vergangenen Jahren führten wir gemeinsam mit Prof. Leimer nahezu jedes Jahr Workshops in China durch. Workshops waren eine neue Lehrmethode für uns. So erhielten wir im Juni des Jahres 2007 durch Herrn Prof. Leimer die Einladung, um an einem Workshop in Nanjing teilzunehmen. Die Universität Tongji sowie die Universität Südost Nanjing, die HAWK und die Universitäten Stuttgart und München, nahmen an diesem Workshop teil. Das Thema des Workshops waren die Planungen zur Energieeinsparung an einem bestehenden Gebäude. Hierzu diente das Lehrgebäude Qiangongzuan auf dem Campus der Universität Südost Nanjing als Vorgabe. Durch diesen Workshop hatten wir die erste Gelegenheit die Energieeinsparungsplanung in Deutschland zu verstehen. Neben der Projektarbeit an einem realen Gebäude lernten unsere Studierenden die praktische Anwendung in Gruppenarbeit. Diese Veranstaltung gab den Studenten der verschiedenen Kulturen die Gelegenheit sich kennenzulernen und Gedanken auszutauschen. Dieses erlebten wir auch auf der deutschen Ausstellung mit dem Thema „Deutschland und China – gemeinsam in Bewegung, Nanjing 2007 – Stadtvisionen“.

Im Mai 2014 unternahmen wir einen Workshop in die Provinz Shanxi/China, um an ausgewählten Dachsystemen von Tempelanlagen der Ming Dynastie in der Shanxi Provinz eine Schadenserfassung und Schadensanalyse durchzuführen. Grundlage der Untersuchungen war der Hui Ji Tempel nahe der Stadt Yuanping. Erbaut wurde der Hui Ji Tempel in der

Tang-Dynastie (618–907) und wurde in der Song-Dynastie (960–1279) wieder aufgebaut, während der der Yuan-Dynastie (1271–1368) und der Qing-Dynastie (1644–1911) mehrmals renoviert. Wir erfuhren in diesem Workshop wie und was an alten Gebäuden untersucht werden muss, um sie sinnvoll restaurieren zu können.

Unser nächster Workshop im Mai 2015 führte uns in das Museumsdorf Qiankoh in der Huangshan Region der Provinz Anhui. Es gibt hier viele alte Häuser der Ming und Qing Dynastie (1368–1644). In den 80iger Jahren wählte die Regierung zehn verschiedene, in der nahen Umgebung gelegene, alte Gebäude aus, trug sie ab und errichtete sie wieder in Qiankoh. Die alten Gebäude stellen die verschiedenen Kulturen und die Geschichte in der jeweiligen Zeit dar und bestehen aus drei Tempeln, vier Wohnhäusern, einem steinernen Tor, einer steinernen Brücke sowie einem Pavillon. Bei diesem Workshop erhielten die Studenten die Aufgabe der Entwicklung eines Ausstellungskonzeptes für das gesamte Museum sowie eine raumklimatische Untersuchung für ein Museumsgebäude. Weiterhin sollten Planungsgrundlagen zur Instandsetzung anhand eines Beispielgebäudes erarbeitet werden.

Die Energieeinsparung von Gebäuden wurde in den 90iger Jahren in China neu geregelt. Aus diesem Grund empfahl Herr Prof. Leimer eine Plattform für Technologietransfer zur Qualitätssicherung im Bauwesen in der Provinz Anhui aufzubauen. Diese Plattform wurde am 10. Oktober 2008 in Hefei von der Universität Hefei Anhui – China, dem Bauministerium der Provinz Anhui, dem Bauministerium der Stadt Hefei, dem Prüfinstitut der Provinz Anhui für Bauqualität, dem Prüfinstitut für Bauqualität der Stadt Hefei und dem Prüfinstitut der Produktionsqualität der Provinz Anhui gegründet.

Über diese Plattform fanden und finden Vorträge für Hochschulen und Institute, für Bauunternehmen und für Architekten statt. Dieses führte dazu, dass die Kontakte zwischen Behörden und Bauunternehmen, Universitäten und Prüfungsinstitute deutlich ausgeweitet werden konnten. Besonders hervorzuheben ist auch der neue intensive Kontakt zwischen den Institutionen der Provinz Anhui, den deutschen Universitäten und deutschen Unternehmen.

Die EXPO 2010 Shanghai war ein wichtiger Meilenstein, bei dem Prof. Leimer den Pavillon of Innovations mit mehr als 50 Projektpartnern, auch mit der Hefei Universität, in Shanghai errichten konnte, um aktuelles deutsches Know-how anlässlich der Weltausstellung zu präsentieren. Durch den großen Erfolg hoffen wir, dass wir ein vergleichbares Gebäude durch Herrn Prof. Leimer auf unserem Campus in kurzer Zeit errichten können.

Aufgrund des Beitrags und der Leistungen von Herrn Prof. Leimer für die Zusammenarbeit zwischen dem Land Niedersachsen und Provinz Anhui hat die Regierung der Provinz Anhui ihm 2009 den Huangshan-Freundschaftspreis verliehen.

Wir hoffen sehr, dass Herr Prof. Leimer und die Hefei Universität auch in Zukunft die Zusammenarbeit der beiden Länder und beider Hochschulen weiter pflegen und intensivieren können.

Prof. XIA Yong

Inhaltsverzeichnis

Vorwort Prof. Dr.-Ing. John Grunewald	5
Vorwort Prof. Dr.-Ing. Harald Garrecht	7
Vorwort Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer	9
Vorwort Prof. Dr.-Ing. Andreas Holm	11
Vorwort Prof. XIA Yong	13

Keynotes

Die Entwicklung der Bauphysik im Spannungsfeld von Bautradition und Bauforschung ..	23
<i>Klaus Peter Sedlbauer</i>	
Development in the Rehabilitation of Concrete Structures in the Czech Republic for the past 25 years	31
<i>Rostislav Drochytka</i>	
Planungswerkzeuge für Energieversorgungskonzepte in Gebäuden und Quartieren	43
Bestandsaufnahme und neue Anforderungen	
<i>John Grunewald</i>	
Conservation of Built Heritage in China –	63
with a Focus on Material Conservation	
<i>Shibing Dai, Gesa Schwantes</i>	
Feuchte- und Salzbeanspruchung von Mauerwerk	81
Verständnis früher und heute	
<i>Harald Garrecht</i>	
Thermische Ergonomie: Ein Rückblick auf die wichtige Rolle der Bauphysik	91
Historische Entwicklung und aktuelle Trends	
<i>Christoph van Treeck, Jérôme Frisch, Caroline Lorz, Henning Metzmacher, Maximilian Praster, Carolin Schmidt, Daniel Wölki, Sebastian Wolf</i>	
Dämmstoffe – Eine Entwicklungsgeschichte	117
<i>Andreas Holm</i>	

Bauinstandsetzen

Nachhaltige Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege – ein modernes Phänomen	133
<i>Susanne Mühlhaus</i>	
Structural Intervention Strategies for Monuments Constructed in Ferruginous Sandstone.	141
Three Belgian case studies <i>Els Verstrynghe, Dionys Van Gemert</i>	
Wärmeschutz und Energieeinsparung bei Bestandsbauten	153
Alles im Fluss – aber nicht ohne Mäander! <i>Frank Eßmann</i>	
Einsatz von Bauradar zur Erkundung von Mauerwerks- und Betonbauwerken.	161
<i>Gabriele Patitz</i>	
Mauerwerksinstandsetzung und hydrophobe Imprägnierung	169
<i>Rudolf Plagge, Philipp Heinze</i>	
Konservierungswissenschaftliche Begleitung der Inbetriebnahme einer innovativen Lüftungsanlage in Schloss Linderhof	191
<i>Kristina Holl, Stefan Bichlmair, Katrin Janis, Tina Naumovic', Ralf Kilian</i>	
Nachhaltigkeit in der Kulturerbeforschung – Langzeiterfahrungen mit der Untersuchung historischer Gebäude	203
12 Jahre konservierungswissenschaftliche Forschung in der Kapelle St. Renatus in Lustheim <i>Ralf Kilian, Stefan Bichlmair, Kristina Holl, Susanne Raffler, Robert Krahl, Martin Krus, Klaus Sedlbauer</i>	
Putze als Multitalent	219
<i>Sylvia Stürmer</i>	
Trockenmörtel im Wandel der Zeit	225
Speziellösungen im Bereich der energetischen Innensanierung <i>Heike Pfaff</i>	
Spritzbarer, säurebeständiger Epoxidharzmörtel.	231
Eine Neuentwicklung für die Instandsetzung von Abwasserbauwerken aus Beton unter Beanspruchung mit biogener Schwefelsäure <i>Robert Schulte Holthausen, Heiner Stahl, Michael Raupach</i>	
Hydrophobierung von Werkstoffen des Bauwesens.	241
Technologietransfer von der Antike in das 21. Jahrhundert <i>Matthias Schwotzer, Julia Süßmuth, Andreas Gerdes</i>	

Innendämmung	257
Eine vielfach verkannte Geschichte	
<i>Anatol Worch</i>	
Vernagelung von Gewichtsmauern	265
Stand sicherheitsnachweise und Langzeitverhalten	
<i>Erwin W. A. Schwing</i>	
Visible and hidden qualities of matter's documentary value in historic buildings	273
<i>Elena Zapatero-Rodríguez</i>	
3D-Fotogrammetrie – neue Dokumentationsmethoden zur Grundlagenermittlung	281
<i>Andreas Bruschke</i>	
Raumklima in Magazinräumen	291
Konzept und Umsetzung einer interdisziplinär angelegten Risikoanalyse für Archiv- und Bibliotheksgut	
<i>Johanna Kraemer</i>	
Entwicklung von Ingenieur- und Forschungsmodellen zur Vorhersage der Dauerhaftigkeit nachträglicher Ver fugungen in historischem Mauerwerk	305
<i>Carolin Westermann, Heiko Twelmeier, Heinrich Wigger, Harald Garrecht</i>	
Ermittlung der Tragfähigkeit von Ziegelbrücken gestern – heute – morgen	319
<i>Viktor Bartolomei, Heinrich Wigger</i>	
Hygrometrische Feuchtemessung – Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis	331
hygrometric moisture measurement – research, development and application	
<i>Dennis Ziegler, Uwe Schürger</i>	
Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile im Wandel der Zeit	355
<i>Wilhelm Fix</i>	
Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlbeton	365
Ein smartes Instandsetzungsverfahren mit Zukunft	
<i>Felix Wenk</i>	
Ultrahochleistungs-Faserbeton in der Schweiz – von der Idee bis zur bewährten Lösung . .	375
<i>Peter Lunk, Kerstin Wassmann</i>	
Von der Betoninstandsetzung zur Betoninstandhaltung	385
Erforderliche Maßnahmen im Sinne des zukünftigen WTA-Merkblatts Instandhaltung und der DAfStb-Richtlinie Instandhaltung von Betonbauteilen.	
<i>Rolf P. Gieler</i>	

Stil-Ikone mit FOAMGLAS® Wärmedämmung für Lifestyle und Zukunftssicherung revitalisiert	397
<i>Dirk Vogt</i>	
Zerstörungsfreie Analyse von Instandsetzungsmaßnahmen mittels NMR	407
<i>Jeanette Orłowsky</i>	
 Bauphysik	
Von der hygrothermischen Bauteilsimulation zum Risikomanagement in der Bauphysik . .	421
<i>Thomas Bednar</i>	
Der Energieausweis – ein Erfolgsmodell !?	429
<i>Ulrich Möller</i>	
Entwicklung mineralischer Baustoffe für Neubau und Bestand	435
Wenn aus Vorhersagen Wirklichkeit wird: Werkstoffe zum Bauen im 21. Jhdt. <i>Jürgen Gänßmantel</i>	
Die Entwicklung der Bioenergie im Wandel der Zeit	443
Von reiner Wärmeerzeugung bis hin zum flexiblen Einsatz als Systemdienstleister in modernen Energieversorgungssystemen <i>Achim Loewen</i>	
Flachglas – früher und heute	453
Die Entwicklung und Anwendungen von Flachglas von seinen Anfängen bis heute <i>Reinhard Cordes</i>	
Raumakustik und Beschallung in halligen Räumen	463
<i>Mathias Krumbiegel</i>	
Vom Abriss gewachsener Stadtstrukturen in Shanghai hin zu neuen Nutzungskonzepten . .	471
Der Wandel in der Wahrnehmung alter Gebäudestrukturen am Beispiel der Kreativparkgelände in Shanghai <i>Frank Krüger, Pascal Hartmann</i>	
Numerische Methoden in der hygrothermischen Bauteilsimulation	483
Entwicklungsschritte und Stand-der-Technik <i>Andreas Nicolai</i>	
Modellierung hygrothermischer Materialeigenschaften für numerische Simulationsverfahren in der Bauphysik	495
Eine Entwicklung von den Anfängen bis heute <i>Gregor A. Scheffler</i>	

Raumklima im Wandel – Raumklimatische Untersuchungen in Callcenter	517
<i>Hans-Peter Leimer, J. Schneider</i>	
Entwicklung von Nutzungsprofilen unter soziologischen Gesichtspunkten	525
Neue Ansätze zur Vorhersage des Nutzerverhaltens	
<i>Jan Schneider</i>	
Nachhaltigkeit	537
<i>Jürgen Engel, Oliver G. Hamm (Red.)</i>	
Funktionelle Gipsplatten	543
Moderne Baustoffe mit Zusatznutzen	
<i>Hans-Ulrich Hummel</i>	
Bauphysik und Leichtbau	549
Leichtes Bauen und darauf abgestimmte Bauphysik	
bereichern das Bauen in Deutschland	
<i>Harald Hüting</i>	
Entwicklung der Fensteranschlussfuge unter Betrachtung mittels Berechnungs-, Simulations- und Nachweisverfahren.	555
<i>Björn Kethorn</i>	
Rückblick auf 25 Jahre diffusionsoffene Dachbahn für das Steildach	565
<i>Reiner Thiele, Co-Autor: Hans-Peter Leimer</i>	
Sustainability in the Chinese Buliding Sector	573
<i>Hans-Peter Leimer</i>	
Kulturelle Einflussfaktoren beim Bauen und bei der Bauinstandsetzung in China	587
<i>Roland Winkler</i>	

Keynotes

Die Entwicklung der Bauphysik im Spannungsfeld von Bautradition und Bauforschung

Klaus Peter Sedlbauer

Kurzfassung:

Im Rückblick auf die historische Entwicklung des Bauens und Wohnens lässt sich schlussfolgern, dass der Zeitraum ab Mitte des 19. Jahrhunderts derjenige Zeitraum mit den größten Änderungen war. Dies kann im Wesentlichen durch die Zunahme der Stadtbevölkerung durch die Industrialisierung begründet werden. Mit diesem, bis heute ungebrochenen Trend, steigt die dichtere Bebauung und Themen wie das „gesunde Bauen“ traten immer mehr in den Vordergrund und der Begriff Gesundheitstechnik prägte sich.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde auch das Bauwesen stark durch zwei Weltkriege geprägt. Für den Wiederaufbau wurden häufig neuartige Konstruktionen, oft auch mehrschichtige Bauweisen, verwendet. Der Schwerpunkt der Betrachtung rückte hin zur Vermeidung von Bauschäden. Ein gebäudlicher Wärmeschutz erfolgte zunächst zur Sicherstellung der thermischen Behaglichkeit. Einhergehend mit den Ölkrisen 1973 und 1979/80 wurde die Wärmedämmung der Gebäude zunehmend zur Energieeinsparung eingesetzt.

Parallel zu den Themengebieten des Wärme- und Feuchteschutzes entwickelte sich die Anwendung der theoretischen Grundlagen der Akustik hin zu den Themenfeldern der Raumakustik und des baulichen Schallschutzes. Auch im Bereich der Chemie erfolgte eine Spezialisierung hinsichtlich der Anwendung im Bauwesen: von der Baustoffkunde über die Mineralogie bis hin zu chemischen Schädigungsprozessen und zu Emission von Schadstoffen aus Bauprodukten. Eine entsprechende Entwicklung vollzog sich in der Biologie: heute gibt es Modelle zur Vorhersage von Schimmelpilzwachstum in Gebäuden und die Ursachen für das Wachstum von Algen an Fassaden werden erforscht.

Auch das Prinzip der Nachhaltigkeit, welches ursprünglich durch Hans Carl von Carlowitz 1713 mit Bezug auf die Waldbewirtschaftung geprägt wurde, findet heute Anwendung im Bauwesen. Hierbei erfolgt eine Bewertung der Auswirkung von Bauwerken auf Umwelt, Ökonomie und dem Menschen. Die verschiedenen Faktoren hierbei werden nicht unabhängig, sondern mit ihren Wechselwirkungen untereinander betrachtet.

Einen besonderen Einfluss auf das Bauwesen hat auch die nun etwa 75 Jahre alte Entwicklung der universell programmierbaren Rechenmaschinen. Als Konrad Zuse 1941 die Zuse Z3 baute ahnte noch niemand, dass heute in nahezu allen Geräten kleine Computer integriert sind. Die Anwendung der Computer im Bauwesen ist vielfältig, angefangen von Berechnungsmodulen für Baukonstruktionen über Zeichenprogrammen (CAD) bis hin zur Strömungsanalyse in und um Gebäude (CFD). Ein relativ neuer Trend ist die Vernetzung

der Gebäudesteuerung. Kombiniert man die digitale Gebäudeplanung mit der Ausführung und Bewirtschaftung der Gebäude, spricht man vom Building Information Modeling BIM. Diese digitale Begleitung des Bauprozesses verspricht viele Vorteile, ist jedoch auch hoch komplex da alle Beteiligten vom Architekten über Fachplaner bis hin zu den ausführenden Handwerkern unterschiedlichste Details und Informationen benötigen, diese jedoch in höchstem Maße voneinander abhängig sind. Bisher integrieren selbst die komplexesten Gebäudemodelle nur einen kleinen Teil dessen was möglich wäre. Zukünftig könnte eine Nachhaltigkeitszertifizierung und Optimierung oder die Integration der Gebäude im Kontext der dynamischen Energieversorgung erfolgen. Die stringente Weiterentwicklung ist die Überführung in entsprechende Stadt- und Regionalmodelle. Besonders vor dem Hintergrund der Energiewende mit dynamischer Energieversorgung müssen die vorhandenen Ressourcen ideal genutzt werden um mit geringstem Aufwand den größten Nutzen zu erzielen.

Die Bauphysik, entstanden aus individuellen kleinen Themengebieten, hat sich in relativ kurzer Zeit zu einem integrierten Fachbereich des Bauwesens entwickelt ohne den modernes Bauen nicht mehr vorstellbar ist.

Keywords: Bauphysik; geschichtliche Entwicklung; Gesundheitstechnik; Feuchteschutz; Wärmeschutz; Behaglichkeit; Baupsychologie; aktuelle Entwicklungen; holistische Gebäudemodelle; Building Information Modeling

1 Rückblick

Der Rückblick auf die historische Entwicklung des Bauens und Wohnens zeigt, dass sich ab Mitte des 19. Jahrhunderts die größten Veränderungen abgespielt haben. Grund dafür ist die Industrialisierung, zu deren Folgen eine kräftig wachsende Stadtbevölkerung zählte. Mit diesem, bis heute ungebrochenen Trend, wurde und wird die Bebauung immer dichter. Im Laufe der Jahre sind Themen wie „Gesundes Bauen“ wichtiger geworden und auch der Begriff „Gesundheitstechnik“ ergänzt seither den deutschen Sprachgebrauch.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts beeinflussten vor allen die beiden Weltkriege das Bauwesen in Europa und in Deutschland. Während des Wiederaufbaus konzentrierte man sich auf neuartige Konstruktionen, oft auch mehrschichtige Bauweisen, deren Schwerpunkt auf der Vermeidung von Bauschäden lag. Speziell für die Untersuchung der Praxistauglichkeit und Schadensfreiheit von neuen Gebäuden wurde in der Nähe München die sogenannte Freilandversuchsstelle Holzkirchen gegründet (Abbildung 1). Diese gehört heute zum Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP.



Abbildung 1: Erste Versuchshäuser auf dem Gelände der Freilandversuchsstelle Holzkirchen im Jahre 1951.

2 Ausgangsthematik baulicher Wärmeschutz

Der bauliche Wärmeschutz sicherte zunächst die thermische Behaglichkeit der Bewohner. Mit den Ölkrisen 1973 und 1979/80 verschob sich der Fokus und die Wärmedämmung diente zunehmend auch der Energieeinsparung. Im Mittelpunkt heutiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit steht die Energieeinsparung zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen und zur Unterstützung der Energiewende durch den verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien. Technisch lassen sich bereits seit mehreren Jahren sogenannte Plusenergiehäuser realisieren, welche in der energetischen Jahresbilanz mehr Energie erzeugen als sie verbrauchen. Abbildung 2 stellt die wesentlichen historischen Schritte der energetischen Anforderungen an Gebäude dar. Ihre normative Bandbreite hängt im Wesentlichen von der Gebäudekubatur ab, diese ist in Abbildung 2 ebenfalls dargestellt (roter Bereich).

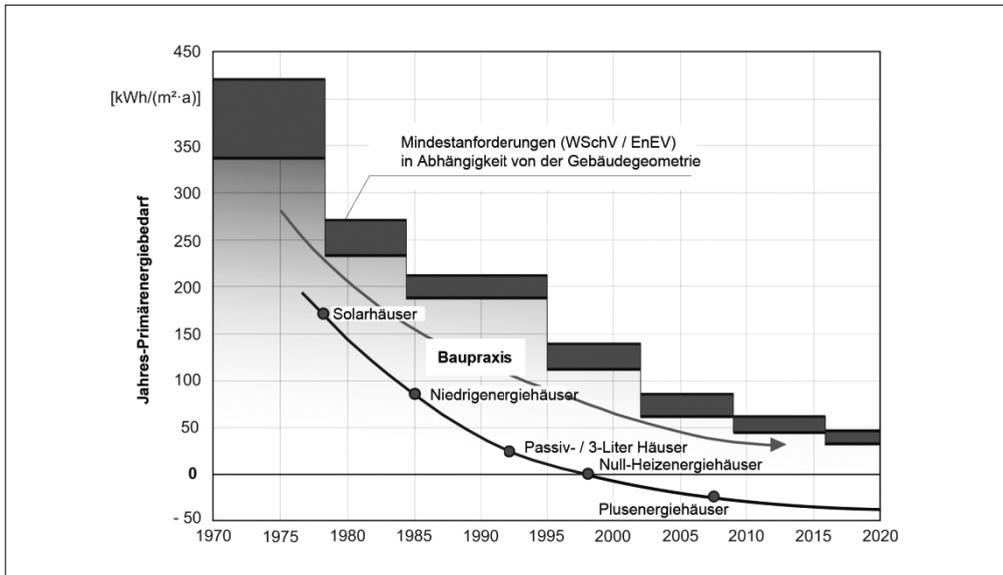


Abbildung 2: Entwicklung der normativen Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarfs von Gebäuden in Abhängigkeit unterschiedlicher Gebäudegeometrie sowie Meilensteine der Bauforschung am Fraunhofer IBP.

3 Diversifikation und Spezialisierung

Neben dem Wärme- und Feuchteschutz gewannen auch andere Themengebiete an Bedeutung. Fragen der Raumakustik und des baulichen Schallschutzes wurden wichtiger. Ebenso erfolgte im Bereich Chemie eine Spezialisierung auf Anwendungen im Bauwesen: genannt seien hier die Baustoffkunde, die Mineralogie sowie chemische Schädigungsprozesse und Emission von Schadstoffen aus Bauprodukten. Eine entsprechende Entwicklung vollzog sich auch in der Biologie; so gibt es Modelle zur Vorhersage von Schimmelpilzwachstum

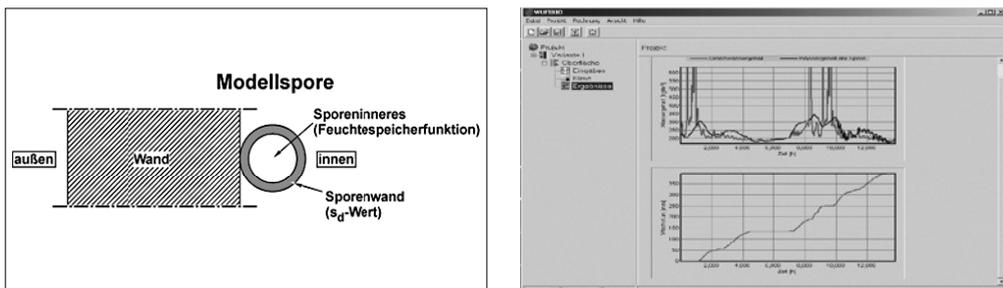


Abbildung 3: Modellansatz des Biohygrothermischen Modells zur Modellierung des Schimmelpilzwachstums an Gebäudeoberflächen (links) und dessen Umsetzung in ein Softwareprodukt (rechts).

in Gebäuden (siehe Abbildung 3). Auch biologische Schadensprozesse aufgrund des Wachstums von Algen an Fassaden werden seit einigen Jahren erforscht. In der Gesamtbeurteilung kam es zu einer deutlichen Diversifikation und zugleich zu einer Spezialisierung innerhalb der einzelnen Themengebiete, welche heute zur Bauphysik hinzuzurechnen sind.

4 Umweltgerechtes Bauen

Auch das Prinzip der Nachhaltigkeit, welches ursprünglich durch Hans Carl von Carlowitz 1713 mit Bezug auf die Waldbewirtschaftung geprägt wurde, findet heute Anwendung im Bauwesen. Die Basis für die produktseitige Bewertung der Umweltwirkung basiert auf der Lebenszyklusbetrachtung, welche die wesentlichen Umwelteinflüsse von der Rohstoffproduktion über die Nutzungsphase bis hin zur Entsorgung bzw. dem Recycling analysiert. Diese Vorgehensweise ist stilisiert in Abbildung 4 dargestellt. Bei der Gesamtbetrachtung der Gebäudenachhaltigkeit werden zusätzlich zur Umweltwirkung der Bauprodukte die Faktoren Ökonomie und die Auswirkung auf den Menschen betrachtet. Die verschiedenen Faktoren werden hierbei nicht unabhängig, sondern mit ihren Wechselwirkungen untereinander betrachtet. Ein systematisiertes Bewertungssystem auf dieser Basis wurde auch von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB entwickelt.

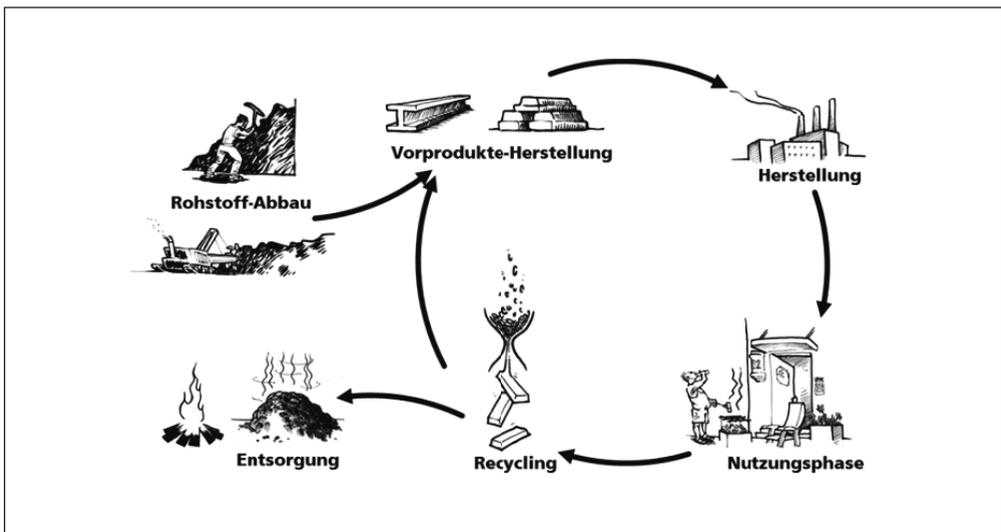


Abbildung 4: Der Lebenszyklus von Bauprodukten als Grundlage für die Nachhaltigkeitsbetrachtung.

5 Digitalisierung des Bauwesens

Einen besonderen Einfluss auf das Bauwesen hat auch die nun etwa 75 Jahre alte Entwicklung universell programmierbarer Rechenmaschinen. Als Konrad Zuse 1941 die Zuse Z3 baute, ahnte noch niemand, dass heute in nahezu allen Geräten kleine Computer integriert sein würden. Die Verwendung von Computern im Bauwesen ist vielfältig, angefangen von Berechnungsmodulen für Baukonstruktionen über Zeichenprogrammen (CAD) bis hin zur Strömungsanalyse in und um Gebäude (CFD). Ein relativ neuer Trend ist die Vernetzung der Gebäudesteuerung. Kombiniert man die digitale Gebäudeplanung mit der Ausführung und Bewirtschaftung der Gebäude, spricht man vom Building Information Modeling BIM (Abbildung 5). Diese digitale Begleitung des Bauprozesses verspricht viele Vorteile. Gleichzeitig ist sie hoch komplex, da alle Beteiligten – vom Architekten über den Fachplaner bis hin zu den ausführenden Handwerkern – unterschiedliche Details und Informationen benötigen, diese jedoch in höchstem Maße voneinander abhängig sind.

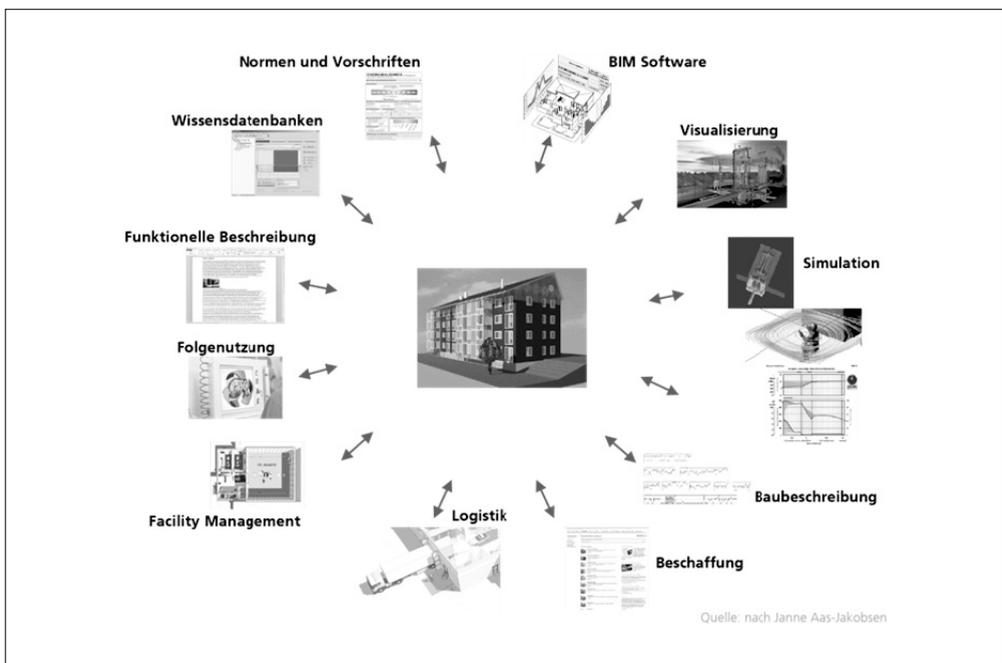


Abbildung 5: Building Information Modeling BIM setzt bei der Planung, Bauausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden und sonstigen Bauwerken auf ein zentrales Datenmodell und durchgehende, d. h. unternehmensübergreifende, medienbruchfreie Geschäftsprozesse unter Verwendung offener, herstellerneutraler E-Business-Standards.

Viele der heutigen Simulationsmodelle decken nur einzelne Abhängigkeiten ab, wie beispielsweise die Temperatur- und Feuchteströme durch Bauteile oder die Interaktion von Anlagentechnik mit dem Raumklima und dem Gesamtenergieverbrauch. Es liegt großes Potenzial in der Modellerweiterung, sowohl im Bereich der Gebäudeplanung als auch in der Gebäudenutzung (Abbildung 6). Künftig sind die Interdependenzen des klimagerechten Bauens mit ressourcenschonendem und recyclinggerechtem Konstruieren bei gleichzeitiger Minimierung der Investitionskosten zu beachten. Im Bereich der Gebäudenutzung wird es voraussichtlich zu einer Dynamisierung der Gebäudeklimatisierung kommen, vor allem, da in den industrialisierten Nationen die durchschnittliche Haushaltsgröße immer weiter abnimmt. Für den Wohnbereich lässt sich – durch ein hygienisches und materialverträgliches Schutzklima – eine bedarfsgerechte Gebäudeklimatisierung definieren in Zeiten, in denen Räume, Wohnungen oder Gebäude nicht genutzt werden. Ein Stand-by-Klima kann kurzfristige Abwesenheit überbrücken, sodass ausschließlich bei Anwesenheit der Bewohner ein Komfortklima erreicht werden muss.

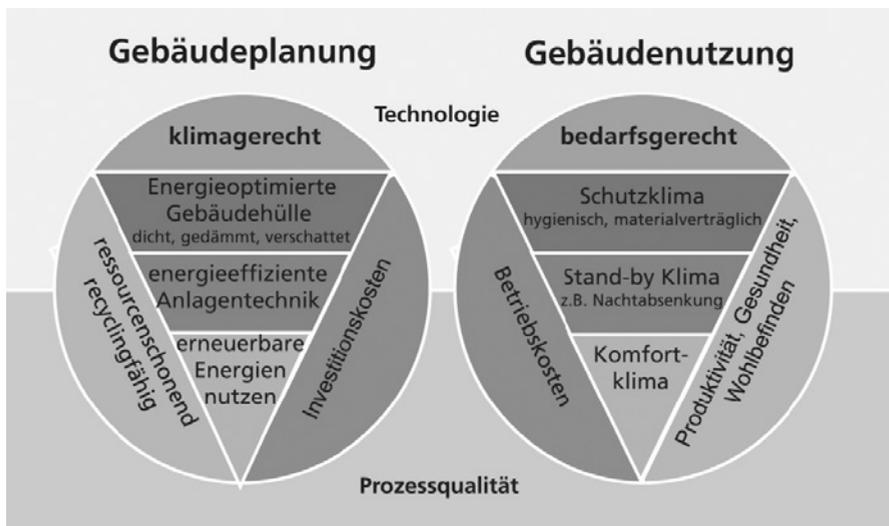


Abbildung 6: Holistische Gebäudemodelle zur Optimierung der baulichen Aspekte sowohl im Bereich der Gebäudeplanung als auch im Bereich der Gebäudenutzung.

Zukünftig könnte eine Nachhaltigkeitszertifizierung und Optimierung oder die Integration der Gebäude im Kontext der dynamischen Energieversorgung erfolgen. Die stringente Weiterentwicklung ist die Überführung in entsprechende Stadt- und Regionalmodelle. Besonders vor dem Hintergrund der Energiewende mit dynamischer Energieversorgung müssen die vorhandenen Ressourcen ideal genutzt werden, um mit geringstem Aufwand den größten Nutzen zu erzielen.