

Methoden und Baustoffe zur nutzerorientierten Bausanierung

Einleitung

Deutschland ist nicht nur für seine Dichter und Denker bekannt, sondern auch als ein sehr geschichtsträchtiges Land. Es ist daher nicht verwunderlich, dass sich hier eine Vielzahl eindrucksvoller Bestandsgebäude befindet. Diese benötigen besondere Aufmerksamkeit, um sie auch für die Nachwelt zu erhalten. Entsprechende Sanierungs- und Erhaltungsmaßnahmen sind daher oftmals notwendig. Hierbei stehen dem Fachplaner und -ingenieur zumeist Hindernisse im Weg, welche sich bei einem Neubau gar nicht erst eröffnen. Allein die Planungs- oder Bauunterlagen stellen oft eine Herausforderung dar, da diese entweder gänzlich fehlen oder nicht aktuell sind. Für die Bauplanung im Bestand ist allerdings gerade der Istzustand des Bauwerkes mit seinen Schäden und Schwächungen der Bausubstanz von Bedeutung. Weiterhin werden zunehmend Forderungen wie beispielsweise hinsichtlich der Energieeffizienz betont.

Andere, gerade für den Nutzer relevante Aspekte, wurden und werden oft in nicht nachvollziehbarer Weise ignoriert.

Mit dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekt »Methoden und Baustoffe zur nutzerorientierten Bausanierung (nuBau)« sollen zu den genannten Problematiken Beiträge für mögliche Lösungsansätze geliefert werden. Zu diesen gehören die Entwicklung neuer Baustoffe für derzeit unbefriedigend gelöste Materialschäden und dazugehöriger Prüfverfahren sowie die Entwicklung verschiedener bauphysikalischer Modelle zur Verbesserung der bisherigen Untersuchungs- und Planungsmethoden. Die Entwicklung von Ansätzen eines erweiterbaren dynamischen Gebäudemodells stellt einen Verbindungspunkt dar, um vonseiten der IT (Information Technology) verschiedene Planungstools unterschiedlicher Fachplaner an einem gemeinsamen Bauwerksmodell arbeiten lassen zu können.

Das dynamische Gebäudemodell

Die nutzerorientierte Bausanierung stellt gegenüber dem herkömmlichen Vorgehen eine deutlich stärkere Ausrichtung des Planungs- und Sanierungsprozesses auf die Anforderungen des Gebäudenutzers dar. Zur Realisierung dieses Vorhabens sind der Einsatz neuer Techniken, Verfahren und Materialien sowie eine wesentlich stärkere Vernetzung der am Bauprozess Beteiligten notwendig.

Bei der Sanierung arbeiten verschiedene Fachplaner und Gewerke Hand in Hand. In der Praxis erweist sich dabei die Koordination untereinander als schwierig, insbesondere die Synchronisation der Planungsarbeiten am Computer. Die Fachplaner haben unterschiedliche Sichtweisen auf ein Bauwerk und arbeiten entsprechend mit unterschiedlichen Planungstools. Diese bilden wiederum die für ihr jeweiliges Aufgabenfeld relevanten Daten in unterschiedlichen digitalen Modellen ab. Für die Praxis ist daher der Datenaustausch per Im- und Export

GESAMTZIEL DER NUTZERORIENTIERTEN BAUSANIERUNG

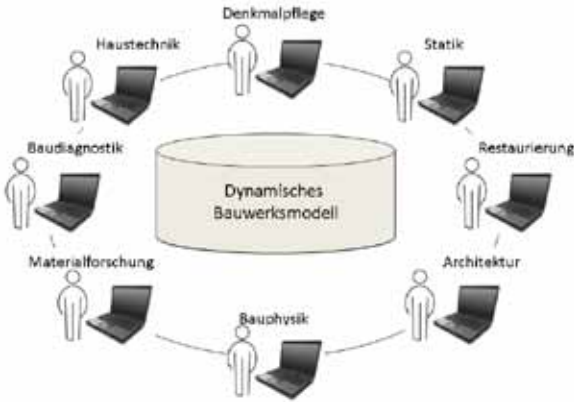


Abb. 1: Optimiertes Zusammenspiel aller an der Sanierung beteiligten Fachplaner und Gewerke

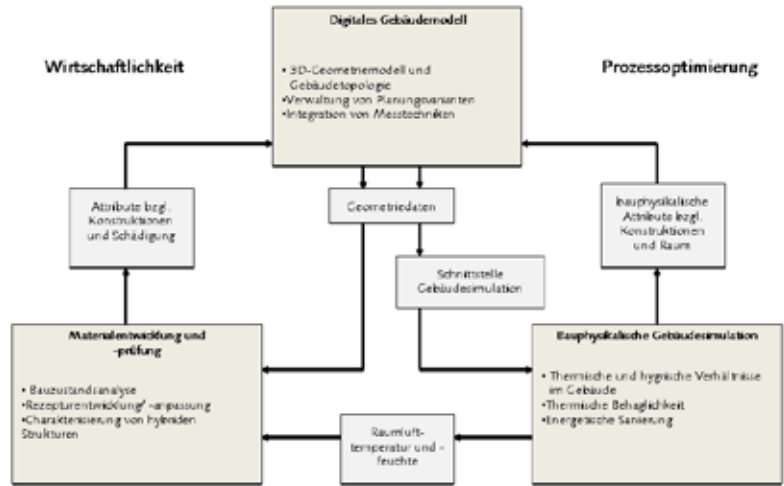


Abb. 2: Fokussierte Schwerpunkte im Projekt nuBau

notwendig. Datenverluste und Modellinkonsistenzen sind dabei keine Seltenheit. Im Rahmen des Projekts nuBau wird daher an der Entwicklung eines dynamisch erweiterbaren Bauwerksmodells geforscht, welches allen an der Sanierung beteiligten Fachplanern zur Verfügung stehen soll (Abb. 1). Bauwerksmodelle dienen der rechnerinternen Abbildung von physischen und funktionalen Aspekten eines Gebäudes und gehören zu der Gruppe der Produktmodelle.

Bei dem im Projekt nuBau erarbeiteten verteilten Gebäudemodell handelt es sich um ein scheinbar zentralisiertes Modell, bei dem alle Baubeteiligten von unterschiedlichen Orten – sei es im Büro oder auch auf der Baustelle – auf den gleichen Datenbestand zugreifen. Änderungen in der Planung werden quasi in Echtzeit an alle übertragen, um den Modellzustand konsistent zu halten. Die verschiedenen Fachaspekte – oder auch Sichtweisen der Beteiligten auf das Gebäude – werden durch verschiedene Teilmodelle abgebildet, die direkt miteinander verzahnt sind. So wurde bzw. wird beispielsweise an prototypischen Teilmodellen zur Abbildung der Gebäudegeometrie, der Bauwerksstruktur, bauphysikalischer Kennwerte oder auch Materialeigenschaften gearbeitet (Abb. 2).

Die Dynamik des Bauwerksmodells äußert sich dadurch, dass sowohl Teilmodelle für weitere Fachas-

pekte ergänzt, als auch bestehende Teilmodelle erweitert werden können. So lässt sich das Bauwerksmodell für jedes neue Projekt oder auch bei Nutzung neuer Technologien flexibel anpassen. Ziel ist die Wahrung bereits erfasster Daten.

Darüber hinaus verfügt das dynamische Bauwerksmodell über ein Versionierungs- und Variantenmanagement. Frühere Arbeitsstände werden für alle Beteiligten wieder abrufbar und unterschiedliche Planungsalternativen können parallel erarbeitet werden.

Aufnahme und Übermittlung signifikanter Gebäudegeometriedaten

Geometrische Daten gehören fast ausnahmslos zu den notwendigen Basisinformationen für Sanierungsmaßnahmen. Dabei werden aber von den Fachplanern und Gewerken unterschiedliche Angaben benötigt, oft

nur von bestimmten Räumen oder Bauteilen, mit unterschiedlichen Abstraktionsgraden und Genauigkeiten. Da auch nur die Oberflächen des Bauwerks direkt wahrnehmbar sind, bedarf es immer der Interpretation durch einen Fachingenieur. Er kann aufgrund seines Hintergrundwissens Rückschlüsse auf den Aufbau des Bauwerks vonseiten seiner Bauteile ziehen. Dieses Hintergrundwissen befähigt ihn festzustellen, welche Maße und Daten in welchem Abstraktionsgrad und welcher Genauigkeit relevant sind.

Bereits im Vorfeld zum Projekt nuBau wurde eine Arbeitsweise entwickelt, die zum einen erlaubt, unterschiedliche Aufmaßverfahren (z. B. Handaufmaß, Tachymetrie, Fotogrammetrie, Laserscanning) in beliebiger Kombination einzusetzen und zum anderen, das Aufmaß schrittweise der Realität in seiner Maßlichkeit anzupassen. So wurden prototypi-

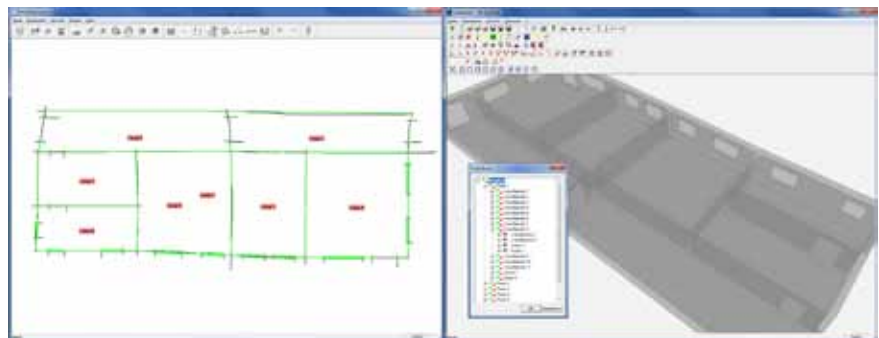


Abb. 3: Skizzenhafte Erfassung eines Gebäudegrundrisses (links) und automatisch abgeleitetes 3D-Modell (rechts)

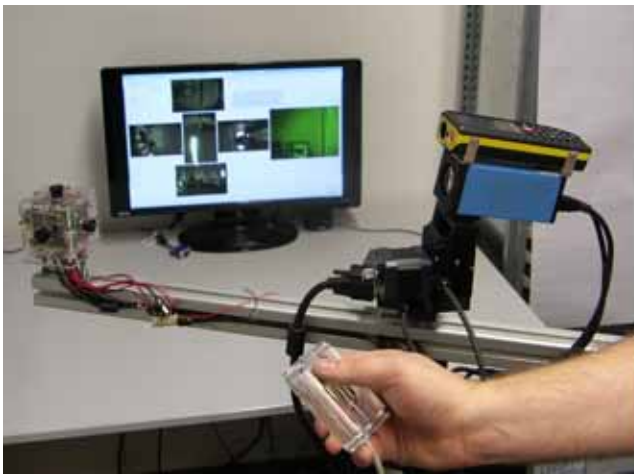
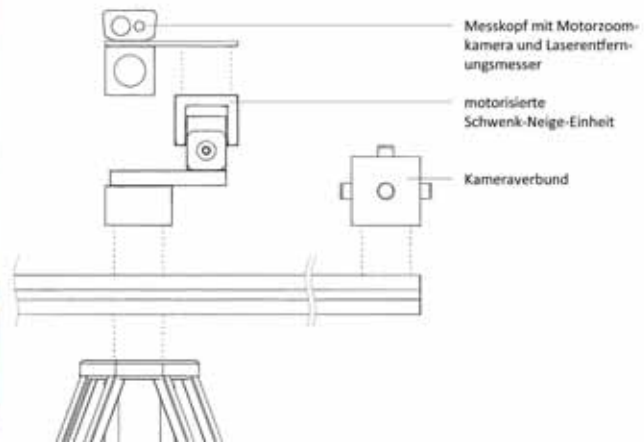


Abb. 4: Prototyp des easyTachy



sche Aufmaßtools weiterentwickelt, die es z. B. erlauben, im Rahmen einer Erstbegehung des Gebäudes dieses zunächst skizzenhaft aufzunehmen, aber gleichzeitig die Bauwerksstruktur (Räume, Wände, Öffnungen etc.) zu erfassen. Aus dieser Skizze (Abb. 3, links) wird durch automatische Interpretation ein grobgeometrisches 3D-Modell erzeugt (Abb. 3 rechts), welches anschließend exakt aufgemessen werden kann. Dabei fließen die Messwerte verschiedenster Techniken im Gebäudemodell zusammen. Das grobgeometrische 3D-Modell des Gebäudes passt sich schrittweise den realen Messwerten an, um zu einem exakten Abbild des Gebäudes zu gelangen. Hierzu werden geodätische Ausgleichungsverfahren verwendet.

Neben handelsüblichen Techniken der Bauwerkserfassung setzt sich das Projekt nuBau auch mit Defiziten aktueller Verfahrensweisen auseinander. Beispielsweise zeigt die Praxis, dass Fachingenieure aus dem Bereich der Baudiagnostik oft mit zutiefst pragmatischen und der Aufgabe unangemessenen Aufmaßmethoden arbeiten: Messpunkte und -raster werden vor Ort umständlich mit Gliedermaßstab sowie Bleistift eingemessen und angezeichnet. Dies stellt einen starken Kontrast zu den oft von ihnen eingesetzten Hightech-Methoden zur Bestimmung

bauphysikalischer und baustofflicher Messgrößen dar. Für diese Anwendungsgebiete und das schnelle Gebäudeaufmaß wird ein vereinfachtes Tachymeter, der »easyTachy« entwickelt.

»EasyTachy« (Abb. 4) ist ein Entwicklungsprojekt für ein in seiner Bedienung stark vereinfachtes Tachymeter und die dazugehörige Steuer- und Auswertesoftware. Er besteht aus einem motorisierten Schwenk-Neige-Kopf mit Farbmotorzoomkamera und Laserdistanzmesser sowie einem Verbund aus fünf einfachen unbeweglichen Farbkameras mit Weitwinkelobjektiven. Statt mit einem Fernrohr soll das Tachymeter mit einer fotogrammetrischen Erkennung arbeiten. Aufzunehmende Punkte werden über eine Fernbedienung direkt auf der Objektoberfläche signalisiert. Der Kameraverbund soll diesen Laserpunkt erkennen, sodass der Schwenk-Neige-Kopf automatisch auf den signalisierten Punkt ausgerichtet werden kann. Der gesamte Messablauf wird hierbei stark beschleunigt. Zusätzlich sollen Messmarken mittels Bilderkennung automatisch erkannt werden. Die Ergebnisse der Auswertung sind keine bloßen Punkte und Linien, sondern 3D-Flächenmodelle. Das Konzept des »easyTachy« wurde zum nationalen Patent angemeldet [1] und wird aktuell in einem Prototyp umgesetzt.

Aufnahme, Anbindung und Weitergabe baudiagnostischer Kenngrößen

Die oftmals schon während der Vermessung eines sanierungsbedürftigen Bauwerks detektierten Schäden bzw. Schadstellen oder die Umnutzung erfordern spezielle Prüfungen. Eine Bohrkern-, Bohrmehl- oder Stückprobenentnahme ist häufig nicht möglich oder unerwünscht, da hierbei die Zerstörung vorhandener und möglicherweise intakter Bausubstanz befürchtet wird. Aus diesem Grund ist der Einsatz zerstörungsfreier Prüfmethoden notwendig. Aussagen über die innere Struktur und Homogenität vorhandener Bauwerksteile sind in Abhängigkeit von der Messmethode möglich. Die anschließende Zustandsbewertung kann als Ausgangspunkt weiterer Arbeiten dienen. Das Problem dieser Messmethoden besteht in der punktuell oder örtlich begrenzten Anwendbarkeit der Verfahren. Ausgewählte akustische und elektromagnetische Verfahren werden zu diesem Zweck weiterentwickelt oder an die Messaufgabe angepasst. Der Fokus liegt dabei auf der flächigen Bauteiluntersuchung und der Integration gewonnener Daten im digitalen Gebäudemodell. Als Beispiel sei hier das taktile Ultraschall-Transmissions-Verfahren genannt (Abb.5).

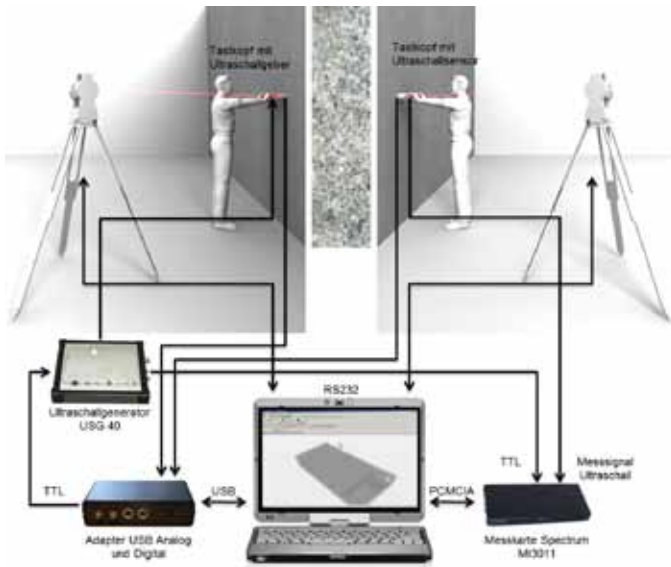


Abb. 5: Anbindung des Ultraschalltransmissionsverfahrens an das digitale Gebäudemodell

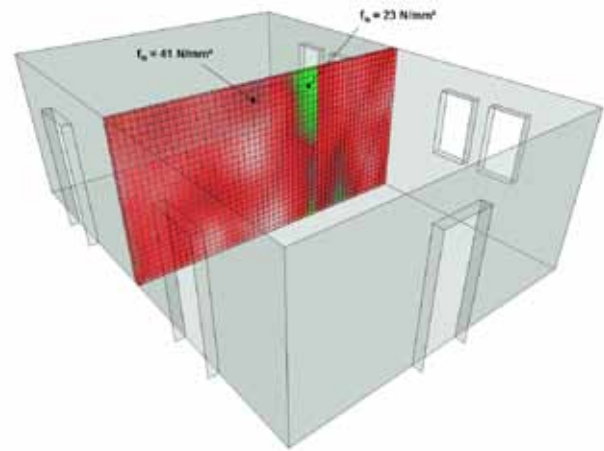


Abb. 6: Visualisierung von Inhomogenitäten im 3D-Modell

Die für die Ultraschallmessung notwendigen Messpunkte werden vom Computer berechnet und automatisch durch den sichtbaren Laserstrahl zweier motorisierter Tachymeter an den beiden gegenüberliegenden Bauwerksteilen visualisiert. An diesen Messpunkten können nun die speziellen Messvorrichtungen des Ultraschallsenders und -empfängers exakt gegenüber positioniert werden. Sollte die Positionierung der Messvorrichtung am vorgegebenen Messpunkt nicht möglich sein, beispielsweise durch Ausbrüche auf der Bauteiloberfläche, wird die tatsächliche Position der Ultraschallsensoren durch die Tachymeter exakt erfasst. Die eingehenden akustischen Messdaten fließen direkt in das digitale Gebäudemodell und können dort in direktem Bezug zur Bauteilgeometrie ausgewertet werden.

Bauphysikalische Fragestellungen zur nutzerorientierten Bausanierung, die in das digitale Gebäudemodell implementiert werden sollen, erfordern zusätzliche Untersuchungen. Im Rahmen des Projektes nuBau wird daher an verschiedenen bauphysikalischen Bereichen geforscht, zu denen die Bau- und Raumakustik sowie der Wärme- und Feuchtetransport gehört. Letzterer beinhaltet die Untersuchung des konvektiven Transports

durch Leckagen, wobei mittels Thermografie und Differenzdruckverfahren Undichtigkeiten geortet und im direkten Bezug zur Gebäudegeometrie visualisiert werden können. Zur Beurteilung der daraus folgenden Schadenspotenziale ist es allerdings notwendig, auf zusätzliche Untersuchungen vor Ort und an Modellversuchsständen zurückzugreifen. In diesem Zusammenhang wurde ein Versuchsstand zur Untersuchung des konvektiven Feuchtetransports durch Wände und Wandbauteile entwickelt (Abb. 7) [2].

Der Versuchsstand besteht aus zwei durch ein Untersuchungsobjekt getrennte Druckkammern. Ein erzwungener Druckunterschied zwischen den Kammern erzeugt einen Massestrom durch Leckagen im Untersuchungsobjekt, wobei dieser mit verschiedenen Messtechniken bestimmt werden kann. Eine Bilanzierung des konvektiven Feuchteintrags ist angestrebt. Unter Einbindung anliegender Druckdifferenzen sollen eventuelle qualitative Mängel der Sanierung hinsichtlich der Dichtheit der Gebäudehülle erkannt und Feuchteprobleme prognostiziert werden können. Diese können im Teilmodell Baudiagnostik errechnet werden und sind damit im Gebäudemodell für alle am Bau Beteiligten abrufbar.

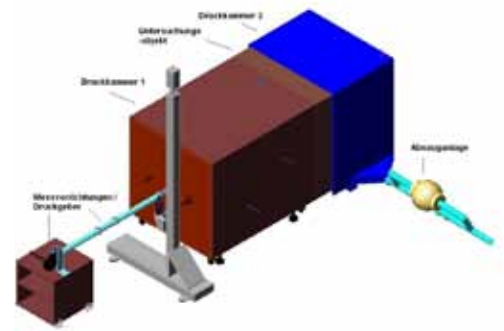


Abb. 7: Versuchsstand zur Untersuchung des konvektiven Feuchtetransports durch Wände und Wandbauteile

Materialtechnische und baustoffliche Weiterentwicklung

Die Sanierung von Bauwerken geht häufig mit einer Umnutzung bzw. Erhöhung einher. Daher ist der Einsatz angepasster und spezieller Baustoffe unumgänglich. Es werden praktische Verfahren untersucht, die z. B. eine Tragkraftverstärkung von Holzbalken oder die Wiederherstellung originalgetreuer Oberflächen ermöglichen (Abb. 8). Dazu werden wesentliche Parameter bestimmt, die einerseits ein an die vorhandene Bausubstanz angepasstes Materialverhalten ermöglichen, andererseits für die Modellierung dieser Tragwerke nötig sind. Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt besteht in der Untersuchung der gezielten Eigenschaftsverbesserung zementgebundener Baustoffe mit

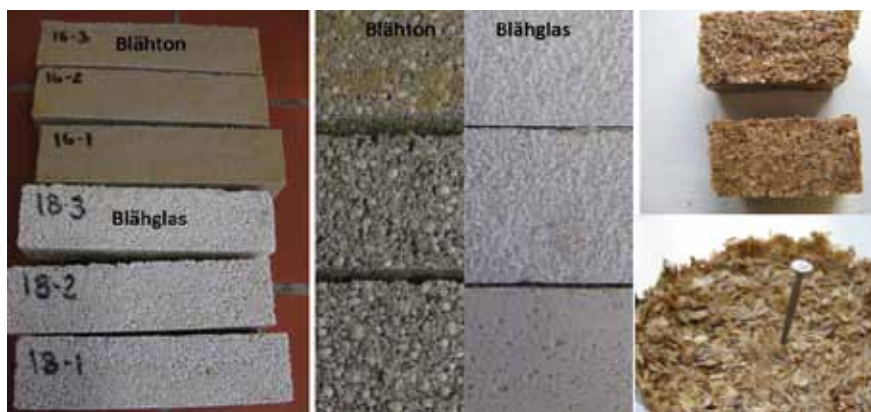


Abb. 8: Versuche zu verschiedenen Holzergänzungsmaterialien (Kollegarbeit C. Kleine)



Abb. 9: Thermisches Manikin »Feelix« im Prüflabor zur Untersuchung des Raumklimas

Zusatzmitteln und -stoffen, um diese für spezielle Anwendungen u. a. in der Denkmalpflege nutzen zu können. Eine erfolgreiche Entwicklung aus dieser Thematik ist der polymermodifizierte selbstverdichtende Beton (PSCC). Durch die spezielle Rezepturformulierung des PSCC werden die benötigten Eigenschaften eines Instandsetzungsmaterials wie z. B. ein geringer E-Modul, verbesserter Haftverbund und Einfärbbarkeit gezielt eingestellt. Die selbstverdichtenden Eigenschaften ermöglichen es, Schalungsstrukturen ähnlich der Originaloberflächen auch in dünnen Schichten sichtbar zu gestalten. Die Ergebnisse mündeten in zwei deutschen Patenten [3, 4] sowie der Anmeldung eines internationalen Patents [5].

Bei beiden Schwerpunkten stehen die Untersuchung des Haftverbundes zur Altsubstanz sowie der Alterung, insbesondere der organischen Bestandteile, im Vordergrund. Es werden die Auswirkungen verschiedener Rezepturparameter auf diese Eigenschaften untersucht. Entsprechend dem Ansinnen des Forschungsprogramms InnoProfile, in dessen Rahmen das Projekt gefördert wird, wurden in zahlreichen Gesprächen mit regionalen Firmen praxisrelevante Aufgabenstellungen aufgegriffen und in verschiedenen Versuchsplänen mit den Forschungsschwerpunkten verknüpft. Dazu zählen z. B. Untersuchungen zur einfachen, bau-

stellene geeigneten Schwindreduktion von Werk trockenmörteln und an polymermodifizierten SCC (Self Compacting Concrete) für dünne vertikale Instandsetzungsschichten. Die daraus erhaltenen Ergebnisse sowie die in weiteren Versuchsprogrammen bestimmten Parameter fließen in eine Datenbasis ein, die die Grundlage für eine Anwendungsmatrix bildet. Diese wird es ermöglichen, aufgrund von verschiedenen Eingangsparametern Hinweise für eine auf den speziellen Anwendungsfall optimierte Baustoffrezeptur zu liefern. Die Anwendungsmatrix wird in das digitale Gebäudemodell integriert und kann anschließend anwendungsspezifisch genutzt werden. Eine optimierte Planung und Sicherheit beim Einsatz geeigneter Baustoffe wird dadurch möglich.

Verbesserte Methoden für die thermische Behaglichkeit des Nutzers

Die im Vorfeld bestimmten und anschließend in das digitale Gebäudemodell eingepflegten Gebäudeinformationen und Parameter bilden dafür die Basis. Sie dienen als Grundannahmen für Simulationsrechnungen, wobei u. a. auf die numerische Strömungssimulation zurückgegriffen wird. Dabei wird das Raumklima detailliert simuliert, welches anschließend mithilfe eines thermophysiological Komfortmodells Aussagen zur thermischen Behaglichkeit des Nutzers im Raum ermög-

licht. Die raumklimatischen Simulationen werden in einem speziell dafür angefertigten Prüfraum validiert.

Dieser Prüfraum ist als allseitig temperierbarer Klimaraum konzipiert. Im Raum befindet sich ein thermisches Manikin (Abb. 9), welches in einzeln beheizbare Segmente untergliedert ist. Damit ist es möglich, die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers nachzubilden. Die sich um den Menschen einstellenden Strömungen können durch verschiedene Messtechniken wie Particle-Streak-Tracking (PST) oder omnidirektionale Hitzdrahtanemometrie nachvollzogen werden.

Ausblick

Die Entwicklungen und Untersuchungen bezogen sich bisher im Wesentlichen auf Laboruntersuchungen und theoretische Erkenntnisse. Zur Validierung soll die Funktionsfähigkeit der entwickelten Methoden und Verfahren inklusive ihrer kooperativen Umsetzbarkeit am Beispiel untersucht werden. Aus einer Reihe von Objekten hat sich das Renaissanceschloss Ponitz im Altenburger Land als am besten geeignet herauskristallisiert. Das Schloss bietet hinsichtlich Raum, Material und Form gute Prüf- und Untersuchungsbedingungen für alle am Projekt beteiligten Forschungsgebiete.

Im Rahmen der 2. Tagung »Nutzerorientierte Bausanierung« sollen



Abb. 10: Referenzobjekt Renaissanceschloss Ponitz im Altenburger Land

ausgewählte Forschungsergebnisse präsentiert werden. Weitere Informationen können unter www.nuBau.de und www.nutzerorientierte-bausanierung.de nachgelesen werden.

Veranstaltungshinweis

Die Bauhaus-Universität lädt Sie ganz herzlich zur 2. Tagung »Nutzerorientierte Bausanierung« am 17. und 18. Oktober nach Weimar ein. Unter dem Link www.nutzerorientierte-bausanierung.de finden Sie das vorläufige Tagungsprogramm mit den ersten wichtigen Eckdaten zur Konferenz.



Referenzen

- [1] Bauhaus-Universität Weimar, Erfinder: T. Thurow, J. Braunes: »Tachymeter und Verfahren zur Messwertaufnahme mittels des Tachymeters«. Patentanmeldung DE10 2011 077 678.8, 07/2011.
- [2] Bauhaus-Universität Weimar, Erfinder: J. Schmidt, O. Kornadt: Verfahren und Untersuchungsvorrichtung zur Untersuchung eines konvektiven Feuchtetransports in einem Bauelement. Patentanmeldung DE10 2010 031 141.3, 07/2010.
- [3] Bauhaus-Universität Weimar, Erfinder: K. A. Bode, A. Flohr, A. Dimmig-Osburg: Selbstverdichtender Beton, Verfahren zu dessen Herstellung und dessen Verwendung. Patentschrift DE10 2010 011 713 B4 2011.12.08.
- [4] Bauhaus-Universität Weimar, Erfinder: K. A. Bode, A. Flohr, A. Dimmig-Osburg: Selbstverdichtende Betone, Verfahren zu deren Herstellung und Verwendung der selbstverdichtenden Betone zur Herstellung einer Betonschicht. Patentschrift DE10 2010 061 818 B3 2011.12.29.
- [5] Bauhaus-Universität Weimar, Erfinder: K. A. Bode, A. Flohr, A. Dimmig-Osburg: Self-compressing concrete, method for the production thereof, and use of the self-compressing concrete for production a concrete layer. Internationale Patentanmeldung Nr: WO 2011/113694 A1.

INFO/KONTAKT



Das Team der Nachwuchsforschungsgruppe (v.r.n.l.):

Dr.-Ing. Conrad Völker, Leiter der Nachwuchsforschungsgruppe

Prof. Dr. rer. nat. Oliver Kornadt, Leiter der Professur Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Andrea Dimmig-Osburg, Leiterin der Professur Polymere Werkstoffe

Dr.-Ing. Torsten Thurow, Arbeitsgebiet Verteiltes Produktmodell/Geodätische Ausgleichsrechnung/Messtechnik

Dipl.-Ing. René Tatarin, Arbeitsgebiet zerstörungsfreie Prüfmethode/Baustoffkunde

Dipl.-Ing. Jörg Braunes, Arbeitsgebiet Bauwerksmodellierung/Bauaufnahme

Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Stark, Emeritierter Leiter der Professur Baustoffkunde

Dr.-Ing. Wolfgang Erfurt, Arbeitsgebiet zerstörungsfreie Prüfmethode/Baustoffkunde

Tom Lehmpful, Technischer Mitarbeiter

Dr.-Ing. Kay-André Bode, Arbeitsgebiet Ergänzungsbaustoffe/Polymere Werkstoffe

StR z.A. Jens Schmidt, Arbeitsgebiet konvektiver Feuchtetransport/Bauphysik

Dr.-Ing. Reinhard König, Kommissarischer Leiter der Professur Informatik in der Architektur

Dipl.-Ing. Christian Tonn, Arbeitsgebiet Visualisierungstechniken/Messtechnik

Dipl.-Ing. Albert Vogel, Arbeitsgebiet Akustik/Bauphysik

(ohne Foto):

Prof. Dr.-Ing. Horst-Michael Ludwig, Leiter der Professur Werkstoffe des Bauens

Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath, Leiter der Professur Informatik in der Architektur

Dipl.-Ing. Franziska Baldy, Arbeitsgebiet Ergänzungsbaustoffe/Polymere Werkstoffe

Dipl.-Ing. Tim Link, Arbeitsgebiet Baustoffkunde

Dipl.-Ing. Jörg Arnold, Arbeitsgebiet Akustik/Bauphysik

Bauhaus-Universität Weimar
 Fakultät Bauingenieurwesen
 Coudraystraße 11 A
 99423 Weimar
 E-Mail: nubau@uni-weimar.de
 Internet: www.nutzerorientierte-bausanierung.de
www.nubau.de