

DARMSTADT CONCRETE

DARMSTADT CONCRETE

Vol. 30, 2015

INHALT

<i>Editorial und Jahresrückblick</i>	i
<i>Konstruktion und Entwurf</i>	
STABILITÄTSVERSVERSAGEN VON MAUERWERKSWÄNDEN MIT KLEINEM ELASTIZITÄTSMODUL Valentin Förster, Carl-Alexander Graubner	1
FRISCHBETONDRUCK FREI GEFORMTER BETONBAUTEILE Björn Freund	3
NEUES AUS DER MAUERWERKSNORMUNG Carl-Alexander Graubner	5
MODELLIERUNG VON STAHLBETONDRUCKGLIEDERN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG RÄUMLICH STREUENDER MATERIALEIGENSCHAFTEN Ulf Grziwa, Carl-Alexander Graubner	7
ZUVERLÄSSIGKEIT INTEGRALER RAHMENBRÜCKEN IM GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT Jaroslav Kohoutek	9
ANALYSE UND VERGLEICH DER NDPS VERSCHIEDENER NATIONALER ANHÄNGE ZU EUROCODE 6 Benjamin Koob, Carl-Alexander Graubner	11
TRAGFÄHIGKEIT VORWIEGEND BIEGEBEANSPRUCHTER MAUERWERKSWÄNDE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON MEMBRANDRUCKSPANNUNGEN Michael Schmitt	13
STOCHASTISCHE MODELLIERUNG VON VERKEHRSLASTEN IN BÜROGEBÄUDEN Ngoc Linh Tran, Larissa Krieger	15
QUERKRAFTTRAGFÄHIGKEIT VON STAHLBETONBAUTEILEN MIT KREISQUERSCHNITT OHNE QUERKRAFTBEWEHRUNG Ngoc Linh Tran	17

Werkstoffe

C3 – CARBON CONCRETE COMPOSITE Peter Range, Carl-Alexander Graubner	19
MODELL ZUR VORHERSAGE DER KARBONATISIERUNGSTIEFE VON KLINKERREDUZIERTEN BETONEN Stefan Hainer, Tilo Proske	21
BETONE AUS KLINKERARMEN ZEMENTEN MIT KALKSTEIN UND HÜTTENSAND Moien Rezvani, Tilo Proske, Carl-Alexander Graubner	23
TROCKNUNGSSCHWINDEN BEI VERWENDUNG KALKSTEINREICHER ZEMENTE Moien Rezvani, Tilo Proske	25

Nachhaltigkeit & Facility Management

INTERDISZIPLINÄRE OPTIMIERUNG ENERGETISCHER SANIERUNGEN IM WOHNUNGSBAU Gerd Simsch	27
BEURTEILUNG DER EFFIZIENZ DER RESSOURCENINANSPRUCHNAHME IM BAUWESEN Katharina Fritz, Carl-Alexander Graubner	29
MATRIXVORSCHLAG ZUR KATEGORISIERUNG KLIMANEUTRALER GEBÄUDE Achim Knauff	31
ÜBERLEGUNGEN ZU EINEM KENNZAHLENSYSTEM FÜR DIE BAULOGISTIK André Tischer	33
BEWERTUNG DER NUTZUNGSFLEXIBILITÄT BEI DER BERECHNUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN Gökhan Uysal, Carl-Alexander Graubner	35

LEBENSZYKLUSKOSTENANALYSE EINES
PLUSENERGIEGEBÄUDES MIT ELEKTRISCHEM
BEHEIZUNGSSYSTEM 37
Claudia Weißmann

NEUES BEWERTUNGSSYSTEM FÜR NACHHALTIGKEIT 39
SEKUNDÄRER BAUPROZESSE IM HOCHBAU
Patrick Wörner, Fabian Staab, Sebastian Pohl

Studentische Aktivitäten

PFINGSTEXKURSION NACH BERLIN 41
Benjamin Koob, Peter Ramge

BETONKANUREGATTA 2015 – „CHAMÄLEON“ GEWINNT 43
PLATZ 3 IN DER KONSTRUKTIONSWERTUNG
Peter Ramge

Bisher erschienene Ausgaben

Eine Übersicht der bisher erschienenen Ausgaben ist unter www.darmstadt-concrete.de
zu finden.

EDITORIAL UND JAHRESRÜCKBLICK

Liebe Freunde und Partner des Instituts für Massivbau,
Sehr geehrte Damen und Herren,

die vorliegende 30. Ausgabe von „Darmstadt Concrete“ berichtet in guter Tradition rechtzeitig zum Jahreswechsel über die Aktivitäten in Forschung, Lehre und Gremienarbeit unseres Instituts im zurückliegenden Jahr. Einerseits wollen wir grundsätzlich und umfassend über unsere Tätigkeiten informieren und damit Gelegenheit zum Nachlesen, Nachdenken und Nachfragen geben. Andererseits sind wesentliche Entscheidungen für die zukünftige Arbeit am und im Institut zu berichten.

Beginnen wir mit strukturellen und organisatorischen Veränderungen am Institut für Massivbau. Im Verlauf des Jahres 2015 wurden durch die Fachgebiete „Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion“ und „Werkstoffe im Bauwesen“ eigenständige Institute gegründet. Beide Fachgebiete gehören daher nicht mehr dem Institut für Massivbau an. Die beiden Lehrstuhlinhaber verzichten auch auf die Ihnen angebotene Mitwirkung im Vorstand der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V.

Das Forschungs- und Prüflabor am Institut für Massivbau wurde ebenfalls organisatorisch neu aufgestellt. Nach dem Ausscheiden von Prof. Garrecht war Prof. Graubner seit 2012 kommissarischer Leiter des Forschungs- und Prüflabors. Mit der Institutsneuorganisation ist er ab 1. Januar 2015 alleinig für das Forschungs- und Prüflabor verantwortlich. Er wird bei dieser Aufgabe wirkungsvoll von dem langjährigen Mitarbeiter Dr.-Ing. Proske unterstützt.

In der Lehre wurden 2015 insgesamt 13 Vorlesungsmodule angeboten, mehr als 45 Bachelorarbeiten und über 35 Masterarbeiten konnten betreut und abgeschlossen werden. Drei Exkursionen und die allseits bekannte Betonkanuregatta wurden erfolgreich durchgeführt. In der Forschung werden aktuell etwa 20 Projekte bearbeitet.

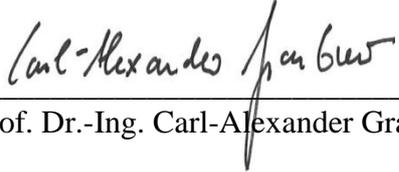
Dieser Jahresrückblick soll neben der Darstellung des Geleisteten aber auch dazu dienen, unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für ihre Arbeit und ihren Einsatz zu danken. Ohne die hohe Qualität und das unermüdliche Engagement, mit denen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wie auch unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Sekretariat, im Technischen Dienst und in den Laboren ihre Aufgaben und Projekte angehen, wären die Leistungen und Erfolge unseres Institutes in 2015 nicht denkbar gewesen. Wir beglückwünschen Herrn Dr.-Ing. Stefan Hainer, der seine Forschungsarbeit mit der erfolgreichen Verteidigung seiner Dissertationsschrift abschließen konnte und begrüßen alle „Neuankömmlinge“ auf das Herzlichste.

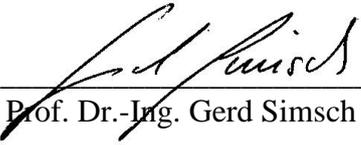
Um Ihnen, unseren Freunden und Partnern, neben unserem Dank für Ihre Unterstützung den gewohnten Einblick in unsere wissenschaftlichen Arbeiten zu gewähren, finden Sie – wie in den letzten Jahren – Kurzberichte unserer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über laufende Forschungsarbeiten und Entwicklungsprojekte sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache.

Nicht zuletzt möchten wir uns an dieser Stelle auch bei den Freunden des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. bedanken, ohne deren Unterstützung manch kleine aber auch größere Maßnahme am und für das Institut und die Studierenden nicht hätte stattfinden können. Namentlich gedankt sei an dieser Stelle dem Vorstandsvorsitzenden Herrn Dr.-Ing. Six und den Vorstandsmitgliedern Frau Dr.-Ing. Klemt-Albert und Herrn Dipl.-Ing. Hanek, die uns stetig in vielfältiger Art und Weise beraten, fördern und wohlwollend unterstützen.

Die Forschungserfolge des vergangenen Jahres, die hohe Beteiligung der Studierenden an unseren Lehrveranstaltungen und die hohe Akzeptanz und auch das Engagement unserer Studierenden lassen uns positiv in die Zukunft blicken.

Wir wünschen Ihnen und Ihren Angehörigen im Namen des gesamten Institutes besinnliche und fröhliche Weihnachtsfeiertage sowie einen guten Rutsch und einen guten Start für all Ihre Unternehmungen im Neuen Jahr.


Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner


Prof. Dr.-Ing. Gerd Simsch

SEMINARE UND VERANSTALTUNGEN

Weiterbildung für Tragwerksplaner - Aus der Praxis für die Praxis

Im Jahr 2015 hat das Institut für Massivbau wieder einmal zur Seminarreihe „Weiterbildung für Tragwerksplaner – Aus der Praxis für die Praxis“ eingeladen. Es konnten über das gesamte Jahr circa 600 Tragwerksplaner begrüßt werden. Somit war die Seminarreihe fast ausgebucht und das Konzept der Veranstaltung wurde bestätigt. Die Seminarreihe im Jahr 2015 gab einen Überblick über die aktuellen technischen Entwicklungen im Bauwesen. Hierzu wurden im Frühjahr die Themen Bauakustik, Technische Gebäudeausrüstung, Bewehren und Brandschutz behandelt. Im Herbst wurden neben Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern auch der Brückenbau und der Holzbau näher beleuchtet. Nachfolgend sind die sechs Einzelveranstaltungen, die sich auf drei Veranstaltungen im Frühjahr und drei Veranstaltungen im Herbst aufteilten, aufgelistet.

- Bauakustik und Technische Gebäudeausrüstung | 04.03.2015
- Praxisgerechtes Bewehren – Beispiele aus DAfStb-Heft 599 | 11.03.2015
- Grundlagen des baulichen Brandschutzes | 25.03.2015
- Bemessen mit Stabwerkmodellen und Spannungsfeldern | 16.09.2015
- Brückenbau | 30.09.2015
- Holzbau – Detailnachweise | 07.10.2015

Aufgrund der positiven Resonanz der Vorjahre werden wir auch im kommenden Jahr 2016 die Fortbildungsreihe erneut durchführen. Wir hoffen mit der Kombination von interessanten Themen und namenhaften Referenten aus Wissenschaft und Praxis wieder viele Tragwerksplaner ansprechen zu können.

- Schweißen und Schrauben – gestern und heute | 17.02.2016
- Korrosion – Stahl und Beton | 02.03.2016
- Konstruktive Sonderfragen | 06.04.2016
- Mauerwerk | 14.09.2016
- Erdbeben - Zahlenbeispiele zur Erdbebenbemessung | 28.09.2016
- Aktualisierte Regelwerke – Instandhaltungsrichtlinie, DBV-Merkblatt Parkhäuser, WU-Richtlinie | 12.10.2016

Aktuelle Informationen und das Anmeldeformular sind auf der Homepage des Instituts für Massivbau (www.massivbau.tu-darmstadt.de) im Abschnitt „Veranstaltungen“ zu finden. Als Ansprechpartner steht Ihnen Herr René Mazur, cand. M.Sc. gerne zur Verfügung.

Darmstädter Betonfertigteiltage

In Zusammenarbeit mit der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V. (FDB) und der Beton Marketing West GmbH fand auch im Jahre 2015 die beliebte Seminarreihe „Darmstädter Betonfertigteiltage“ statt. Hierbei wurden die Besonderheiten der Fertigteilbauweise, die schon beim Entwurf beginnen und sich über spezielle Bauteile bzw. Bauweisen wie Ortbetonergänzungen oder vorgespannte Konstruktionen erstrecken, behandelt. Ebenso wurde über Stabilitätsbetrachtungen wie z. B. Kippen, bis hin zur Bemessung und Konstruktion von Verbindungen referiert. Es konnten insgesamt nahezu 60 Tragwerksplaner und Studierende zu der Seminarreihe begrüßt werden. Die Seminare wurden durch eine Fachausstellung namhafter Hersteller von Bauprodukten rund um das Thema Fertigteilbau ergänzt.

Die Veranstaltung richtet sich neben den Ingenieuren aus der Praxis auch an Studierende, welche an einen gesonderten „Studententag“ die Bemessung von Betonfertigteilen näher behandeln. Somit kann die im Rahmen der Darmstädter Betonfertigteiltage stattfindende Vorlesung „Fertigteilkonstruktionen“ sinnvoll in ein konstruktives Studium eingebracht werden. Am ersten Seminartag wurde ein besonderes Augenmerk auf die Gestaltungsmöglichkeiten mit Betonfertigteilen wie z. B. Fotobeton gelegt, so dass auch Architekten und Studierende der Architektur angesprochen werden.

Die Seminarreihe mit interessanten Fachvorträgen, Praxisbeispielen und der gefragten Fachausstellung wird auch im nächsten Jahr für Studenten und für Ingenieure aus der Praxis angeboten. Wir hoffen mit der Kombination aus interessanten Themen und namenhaften Referenten aus Wissenschaft und Praxis auch in Zukunft viele Ingenieure und Studierende ansprechen zu können. Folgende Themen sollen im Jahr 2016 behandelt werden:

- 31.03.2016 | Entwerfen, Fertigung und Gestaltung
- 01.04.2016 | Vordimensionierung und Vorspannung
- 07.04.2016 | Berechnung und Beton
- 08.04.2016 | Verbindungen: Konstruktion und Bemessung

Aktuelle Informationen sind auf der Homepage des Instituts für Massivbau (www.massivbau.tu-darmstadt.de) unter der Rubrik „Veranstaltungen“ zu finden. Als Ansprechpartner steht Ihnen Frau Larissa Krieger, M.Sc. gerne zur Verfügung.

Summerschool „Energie im Fokus“ der Exzellenz Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik

In diesem Jahr unterstützte das Institut für Massivbau die Organisation und Durchführung einer Summerschool für Studierende zum Thema „Energie im Fokus“, die vom 20.9 bis zum 25.9. in Annweiler am Trifels stattfand. Diese wurde federführend von der Darmstädter Exzellenz Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik ausgerichtet, in die auch zwei Mitarbeiterinnen des Instituts im Rahmen ihrer Promotion eingliedert sind.

Während der Veranstaltung konnten die aus ganz Deutschland stammenden Teilnehmer in Fachvorträgen sowie in Gesprächen mit Experten viele Aspekte des Themas „Energie“ kennenlernen. Dabei wurden sowohl aktuelle Forschungsansätze bei der Entwicklung neuer Technologien wie auch politisch-gesellschaftliche Fragestellungen erläutert.

Bei einem durch das Institut für Massivbau entwickelten Planspiel durften die Teilnehmer ein Energieversorgungskonzept für die nahegelegene Stadt Landau i.d. Pfalz entwerfen. Auf hohem Niveau erarbeiteten die Gruppen bis spät in die Nacht Konzepte und präsentierten die Resultate am letzten Tag. Das beste Konzept wurde prämiert.

Den Höhepunkt der Woche bildete eine öffentliche Podiumsdiskussion zum Thema „Energie im Umbau“. Hochrangige Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik erörterten das Thema in vielen Facetten und diskutierten mit dem Publikum.



Betreuung des Planspiels durch Claudia Weißmann (Foto: Cedric Sehrt)

Tagung des Verbandes Deutscher Betoningenieure (VDB) - Regionalgruppe Hessen an der TU Darmstadt

Am 3. März 2015 fand die Regionaltagung des VDB-Hessen an der TU Darmstadt statt. Vortragende waren Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner, Prof. Dr.-Ing. G. Simsch, Dr.-Ing. T. Mielecke und Dipl.-Ing. F. Röser. In den Vorträgen wurde über die aktuelle Forschung am Institut für Massivbau und am Institut für Werkstoffe im Bauwesen berichtet. Dabei lag der Schwerpunkt der Präsentationen auf dem Gebiet der umweltfreundlichen Baustoffe und dem nachhaltigen Bauen mit Beton bzw. im Bestand. Im Rahmen der Tagung wurde auch eine Führung durch das Forschungs- und Prüflabor des Instituts für Massivbau angeboten.

Vorankündigung: Deutscher Mauerwerkskongress 2016

Vom 19. bis zum 20. Januar 2016 findet in Darmstadt der 9. Deutsche Mauerwerkskongress statt, der vom Institut für Massivbau der TU Darmstadt gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau und dem Fachverband Hoch- und Massivbau veranstaltet wird. Die Teilnehmer erwartet ein abwechslungsreiches und interessantes Programm mit namhaften Referenten aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.

Eröffnet wird der Deutsche Mauerwerkskongress mit dem Neujahrsempfang der deutschen Mauerwerksindustrie am 19.01.2016. Neben einem Festvortrag von Bruno Baumann zum „Verhältnis von Innovation, Risiko und Sicherheit“ findet an diesem Abend auch erstmals die Verleihung des neu ins Leben gerufenen Walther-Mann-Preises für herausragende Dissertationen auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus statt.

Am zweiten Kongresstag dreht sich dann alles um den bezahlbaren Wohnungsbau. In verschiedenen Vorträgen wird der mehrgeschossige Wohnungsbau mit Mauerwerk aus unterschiedlichen Sichtweisen betrachtet und aktuelle Entwicklungen aufgezeigt. Dabei werden abgesehen von konstruktiven, gestalterischen und bauphysikalischen Aspekten auch politische und gesellschaftliche Fragestellungen behandelt. Im Anschluss an die Vorträge und in den Pausen steht außerdem ausreichend Zeit zur inhaltlichen Diskussion sowie zum persönlichen Austausch zur Verfügung.

Wir hoffen möglichst viele unserer „Freunde“ auf dem Deutschen Mauerwerkskongress begrüßen zu dürfen. Anmeldungen sind noch bis Anfang Januar über die Internetseite zum Kongress unter www.mauerwerkskongress.de/der-kongress/anmeldung.html möglich.



Flyer zum Deutschen Mauerwerkskongress 2016

MITWIRKUNG IN GREMIEN

Auch zukünftig ist Herr Prof. Graubner als gewählter Obmann des Normungsausschusses NA 005-06-01 AA „Mauerwerksbau“, dem national obersten Gremium in Normungsfragen auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus tätig und vertritt die deutschen Interessen auf europäischer Ebene. Derzeit geht es insbesondere darum, den bereits begonnenen „systematic review“ von EN 1996 im Scientific Committee zu begleiten und durchzusetzen, dass die in Deutschland weit verbreiteten vereinfachten Berechnungsmethoden in den europäischen Vorschriften sachgerecht abgebildet werden. Gleichzeitig muss darauf geachtet werden, durch geeignete Festlegung von sogenannten National Determined Parameters (NDP) das national übliche Zuverlässigkeitsniveau auch weiterhin zu gewährleisten. Einzelheiten finden sich im Beitrag „Neues aus der Mauerwerksnormung“. Darüber hinaus ist Prof. Graubner gewähltes Mitglied des Normungsausschusses NA 005-07-01 AA „Bemessung und Konstruktion“ des Fachbereichs Beton- und Stahlbetonbau.

Aufgrund seines hohen Interesses und seiner langjährigen Forschungstätigkeit auf dem Gebiet des Nachhaltigen Bauens ist Prof. Graubner Berater des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit zu Fragen des Nachhaltigen Bauens (Runder Tisch „Nachhaltiges Bauen“) und organisiert den Runden Tisch „Ressourceneffizienz im Bauwesen“ dieses Bundesministeriums. Er hat sich zudem in der Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur“ in der Bundesanstalt für Straßenwesen engagiert. Als langjähriges Mitglied in mehreren Sachverständigenausschüssen des Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin bringt er zudem seine Expertise bei der Zulassung von Bauprodukten ein.

In Folge der Fokussierung der Gremienarbeit von Prof. Graubner auf das Gebiet des Mauerwerksbaus ist er bereits seit 2012 im Redaktionsbeirat der Zeitschrift „Mauerwerk“ tätig und fungiert als Mitherausgeber des Standardwerkes „Mauerwerksbau aktuell“, in welchem alljährlich die neuesten Entwicklungen in Forschung und Praxis auf dem Gebiet des Mauerwerksbaus veröffentlicht werden. Schließlich ist er ab 2016 Autor des Kapitels Mauerwerk in den bekannten „Schneider Bautabellen“.

Prof. Graubner wurde kürzlich für eine weitere Amtsperiode als Mitglied in die Universitätsversammlung der TU Darmstadt gewählt. Darüber hinaus wirkt er in der Förderinitiative Interdisziplinäre Forschung an der Technischen Universität Darmstadt mit, in der interdisziplinäre Forschungsaktivitäten an der TU Darmstadt gebündelt werden. Gleichzeitig ist er stellvertretender Plattformsprecher in der Graduiertenschule „Energy Science and Engineering“ an der TU Darmstadt.

EXKURSIONEN

Massivbrückenexkursion - Nibelungenbrücke (Worms) und Neubau der Hochmoselquerung

Am Freitag, den 17. Juli 2015 fuhren 37 Studierende sowie 2 wissenschaftliche Mitarbeiter des Instituts für Massivbau gemeinsam auf eine Ganztagesexkursion. Die erste Station der Exkursion war die neue Rheinbrücke in Worms, an der die Teilnehmer im Inneren des Hohlkastens einen umfassenden Überblick über die konstruktiven Details dieser Spannbetonbrücke durch Vertreter des Landesbetriebes Mobilität Worms (LBM) erhielten.



Innenansicht der Nibelungenbrücke (links) und Blick auf den Bau der neuen Hochmoselquerung (rechts)

Zu Beginn der anschließenden Führung über die Baustelle der neuen Hochmoselquerung bekamen die Exkursionsteilnehmer im Bürgerinformationszentrum des LBM Trier einen Einblick in das umfangreiche Gesamtprojekt. Auf dem anschließenden Baustellenrundgang gewannen die Exkursionsteilnehmer einen detaillierten Überblick über die Taktschiebearbeiten an der 1,7 km langen Stahlverbundbrücke mit orthotroper Fahrbahnplatte. Hierbei entwickelten sich zahlreiche interessante Fachgespräche sowie ein intensiver Austausch zwischen den Studierenden und den wissenschaftlichen Mitarbeitern.

Im Namen der Teilnehmer möchte sich das Institut für Massivbau an dieser Stelle bei den Landesbetrieben Mobilität in Worms und Trier und insbesondere bei Hr. Zillien, Hr. Darmstadt und Hr. Wacht für die Führungen recht herzlich bedanken. Ein besonderer Dank gilt auch den Freunden des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. für die finanzielle Unterstützung der Exkursion.

Spannbetonbauexkursion - Baustellenexkursion zur Lahntalbrücke bei Limburg

Am Donnerstag, den 20.11.2014 machten sich 45 Studierende gemeinsam mit vier wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts für Massivbau im Rahmen der Spannbetonbauvorlesung auf den Weg zur Baustelle der Lahntalbrücke bei Limburg. Zu Beginn erhielten die Exkursionsteilnehmer im Rahmen einer Präsentation einen detaillierten Überblick über die Planung und den Bau der neuen Lahntalbrücke, welche im Freivorbauverfahren hergestellt wird. Bei der anschließenden Führung über die Baustelle bekamen die Teilnehmer einen umfassenden Einblick in die Arbeiten an der Spannbeton-Hohlkastenbrücke sowie den Bauablauf während des Freivorbaus. Es wurden viele Fragen hinsichtlich des Bauablaufes beim Freivorbauverfahren sowie der Vorspannung und der Schalungskonstruktion beantwortet.



Gruppenbild an der Lahntalbrücke (links) und Blick auf den Freivorbau (rechts)

Im Namen der Teilnehmer möchte sich das Institut für Massivbau an dieser Stelle bei Hr. Vaupel, Bauleiter der Fa. Max Bögl, für die Führung recht herzlich bedanken. Ein besonderer Dank gilt auch den Freunden des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. für die finanzielle Unterstützung der Exkursion.

Gemeinschaftsexkursion Technische Gebäudeausrüstung I und Strategisches Facility Management & Sustainable Design - Besichtigung der Produktionsstätte der Firma Viessmann in Allendorf/Eder

Am 12.12.2014 fuhren 21 Studierende der Vorlesungen Technische Gebäudeausrüstung I und Strategisches Facility Management & Sustainable Design gemeinsam mit drei Mitarbeitern des Instituts für Massivbau nach Allendorf/Eder. Dort konnte die Produktionsstätte der Firma Viessmann, eines der führenden Unternehmen für Heiztechnik-Produkte, besichtigt werden.

Zu Beginn der Führung wurden den Studenten die Geschichte des Unternehmens näher gebracht sowie innovative Produkte im Bereich der erneuerbaren Energien vorgestellt. Im Anschluss konnten die Fertigung und die Energiezentrale des Unternehmens besichtigt werden. Nach einem großzügigen Mittagsbuffet wurden uns die Funktionsprinzipien der KWK- und der Brennstoffzellentechnologie sowie aktuelle Entwicklungen der Branche in einem Vortrag erläutert.

Im Namen der Teilnehmer möchte sich das Institut für Massivbau bei Herrn Daum (Fa. Viessmann) für die gelungene Organisation der Veranstaltung bedanken. Des Weiteren gilt unser Dank der Firma Viessmann und den Freunden des Instituts für Massivbau e.V. für die finanzielle Unterstützung der Veranstaltung.



Die Teilnehmer der Exkursion im Ausstellungsbereich der Fa. Viessmann in Allendorf/Eder

PERSONALIA

Herr Björn Freund, M.Sc. hat Mitte 2015 das Institut für Massivbau verlassen und wirkt seither bei der König und Heunisch Planungsgesellschaft in Frankfurt am Main als Tragwerksplaner. Seine Dissertationsschrift ist fertiggestellt und soll im Frühjahr 2016 öffentlich verteidigt werden.

Herr Dr.-Ing. Stefan Hainer beendete in diesem Jahr seine Mitarbeit am Institut für Massivbau und ist nun bei der Dyckerhoff GmbH im Bereich Qualität und Technische Beratung tätig. Er wurde 2015 am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften promoviert. Wir gratulieren recht herzlich.

Herr Jaroslav Kohoutek, M.Sc. beendete in diesem Jahr seine Mitarbeit am Institut für Massivbau und ist nun bei der DB Netz AG als Projektleiter im Bereich Eisenbahnüberführungen tätig. Herr Kohoutek beabsichtigt im Jahr 2016 seine Dissertationsschrift einzureichen.

Herr Michael Schmitt, M.Sc. beendet zum Ende des Jahres seine Tätigkeit am Institut für Massivbau und wird ab nächstem Jahr als Projektleiter bei der bauart Konstruktions GmbH & Co. KG tätig sein. Er beabsichtigt seine Dissertationsschrift im Frühjahr 2016 einzureichen.



Björn Freund M.Sc, Dr.-Ing. Stefan Hainer, Jaroslav Kohoutek M.Sc. und Michael Schmitt M.Sc. (von links nach rechts)



Seit dem 1. März 2015 ist Herr **Benjamin Koob, M.Sc.** als Doktorand am Institut für Massivbau beschäftigt. Er studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt, wobei er den „Konstruktiven Ingenieurbau“ als Forschungsschwerpunkt wählte. Sein Fokus lag dabei auf dem Gebiet des Massivbaus, wo er im Rahmen seiner Masterarbeit die „Biegetragfähigkeit von mehrseitig gehaltenen nichttragenden Mauerwerkswänden“ untersuchte. Nach seinem Abschluss im Mai 2014 arbeitete Herr Koob von Juni 2014 bis Februar 2015 bei der Bernhardt Ingenieure GmbH in Darmstadt. Hier war er insbesondere mit der Prüfung statischer Berechnungen auf dem Gebiet des Hallen- und Gewerbebaus befasst. Im Rahmen seiner Tätigkeit am Institut für Massivbau wird Herr Koob in der Lehre im Bereich der Grundfachvorlesungen sowie der Vorlesung „Mauerwerksbau und Sonderfragen aus dem Betonbau“ mitarbeiten.



Ab dem 1. Februar 2016 wird Herr **René Mazur, cand. M.Sc.** seine Tätigkeit als Doktorand am Institut für Massivbau aufnehmen. Herr Mazur studiert Bauingenieurwesen mit der Hauptvertiefungsrichtung Massivbau an der Technischen Universität Darmstadt und beschäftigte sich im Studium bereits mit Themengebieten aus dem Konstruktiven Ingenieurbau. Im Januar 2016 wird Herr Mazur sein Studium mit der Masterarbeit zum Thema „Untersuchung der Querrichtung von Straßenbrücken im Bestand“ abschließen. Bis Dezember 2015 arbeitete er als Werksstudent bei König und Heunisch Planungsgesellschaft (KHP) in Frankfurt am Main im Bereich des Brückenbaus. Im Rahmen seiner Promotion am Institut für Massivbau wird Herr Mazur die Lehre im Bereich der Vorlesungen „Stahlbetonbau I“ und „Stahlbetonbau II“ betreuen.



Ab dem 1. Januar 2016 wird Herr **Fabian Staab, M.Sc.** seine Tätigkeit als Doktorand am Institut für Massivbau aufnehmen. Über die Forschungsplattform „Gebäudeintegration und energieautarke Siedlungsbereiche“ ist seine Promotionsstelle mit der Exzellenz-Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik der TU Darmstadt verknüpft. Herr Staab studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit technischer Fachrichtung Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Darmstadt und beendete sein Studium im Oktober 2015. Im Rahmen seiner technischen Vertiefung befasste er sich mit dem Bereich „Technisches Immobilienmanagement“ und führte in seiner Masterthesis die Pilotphase eines Systementwurfs für die Nachhaltigkeitsbewertung von Bauprozessen durch. In den Fokus seiner Forschungsarbeit wird Herr Staab die Implikationen der Energiewende unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten stellen. Herr Staab wird die Vorlesungen „Technische Gebäudeausrüstung I & II“ betreuen.



Frau **Sarah Steiner, M.Sc.** ist seit dem 1. Juni 2015 als Doktorandin am Institut für Massivbau tätig. Ihre Promotionsstelle ist gleichzeitig in die Forschungsplattform „Gebäudeintegration und energieautarke Siedlungsbereiche“ der Exzellenz-Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik der TU Darmstadt eingebunden. Frau Steiner hat ihr Bachelorstudium der Geowissenschaften (Vertiefung: Ingenieur- und Hydrogeologie) im September 2012 an der TU München und der Ludwig-Maximilians-Universität München abgeschlossen. Anschließend absolvierte sie an der TU Darmstadt den Masterstudiengang angewandte Geowissenschaften mit der Hauptvertiefungsrichtung Geothermie. Frau Steiner wird im Rahmen ihrer Promotion im Bereich der ökologisch optimierten mineralischen Baustoffe forschen und sich dabei genauer mit der Carbonatisierung von Beton aus energieeffizienten Kompositzementen auseinandersetzen. In der Lehre wird Frau Steiner die Vorlesung „Facility Management & Sustainable Design“ betreuen.

PREISE

Dreßler-Bau-Preis 2015

Der Dreßler-Bau-Preis wurde am 18. November 2015 zum dritten Mal für herausragende Bachelorarbeiten auf den Gebieten Massivbau und Baubetrieb verliehen. Dieses Jahr wurden sogar zwei Studierende des Instituts für Massivbau ausgezeichnet. Herr Max Fritzsche fertigte seine Bachelorarbeit im Bereich Konstruktion und Bemessung zum Thema „Erhebung von Lasten auf Laborflächen“ an. Herr Alexander Weiß verfasste seine Thesis mit dem Titel „Analyse des Deckungsanteils der Stromerzeugung einer KWK-Anlage am Strombedarf eines Gebäudes“ im Bereich des energieeffizienten Bauens. Wir gratulieren Herrn Fritzsche und Herrn Weiß sehr herzlich zu diesem Erfolg.



Die beiden Preisträger Max Fritzsche (3. v. l.) und Alexander Weiß (3. v. r.) mit Tobias Mann, Geschäftsführer von Dreßler Bau GmbH (2. v. l.) sowie den Betreuern der Institut Wohnen und Umwelt GmbH (1. v. r.) und des Instituts für Massivbau

Preis des Vereins der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. 2015

Der Verein der Freunde des Instituts für Massivbau e.V. vergibt regelmäßig einen Förderpreis für herausragende Dissertationen am Institut. Im Jahr 2015 wurde dieser Preis an Herrn Dr.-Ing. Sebastian Pohl für seine Dissertation „Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb – Ein Vorschlag zur Diversifikation des bau- und immobilienwirtschaftlichen Zertifizierungsregimes in Deutschland“ verliehen. Wir gratulieren Herrn Dr.-Ing. Pohl sehr herzlich zu diesem Erfolg.

Förderpreis des hessischen Baugewerbes 2015

Der Förderpreis des hessischen Baugewerbes wurde im Jahr 2015 zum 32. Mal für Abschlussarbeiten in den Bereichen Architektur, Bauingenieurwesen und Baubetriebswirtschaftslehre verliehen. Am 13. November 2015 wurde die Masterarbeit von Frau Katharina Beers mit dem 2. Preis in der Kategorie Bauingenieurwesen ausgezeichnet. Ihre Thesis trägt den Titel „Entwicklung eines Modells zur Bewertung der Energieeffizienz und der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen“ und wurde im Bereich des nachhaltigen Bauens im Bestand verfasst. Wir gratulieren Frau Beers sehr herzlich zu diesem Erfolg.

GEFMA-Förderpreis 2015

Der GEFMA-Förderpreis gehört zu den renommierten Auszeichnungen in der Immobilienwirtschaft. Am 26. März 2015 fand während der Facility Management Fachmesse in Frankfurt am Main die 18. GEFMA-Förderpreisverleihung für Hochschul-Abschlussarbeiten statt. Der Sonderpreis für die Fachkategorie Nachhaltigkeit wurde dabei an Herrn Dr.-Ing. Sebastian Pohl für seine Dissertation „Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb – Ein Vorschlag zur Diversifikation des bau- und immobilienwirtschaftlichen Zertifizierungsregimes in Deutschland“ verliehen. Wir gratulieren Herrn Dr.-Ing. Pohl sehr herzlich zu diesem Erfolg.

DGEB-Förderpreis 2014

Mit dem Förderpreis der Deutschen Gesellschaft für Erdbeben-Ingenieurwesen und Baudynamik (DGEB) e.V. werden Abschlussarbeiten prämiert, die einen wesentlichen Beitrag zu den Forschungsgebieten des Erdbebeningenieurwesens, der Ingenieur-seismologie und der Baudynamik leisten. Am 20. August 2015 wurde dieser Preis an Herrn Seifeddine Jmiai für seine Masterarbeit „Schwingungsanalyse von Maschinenfundamenten – Entwicklung eines Bemessungswerkzeuges und Validierung durch FEM-Simulationen“ verliehen. Wir gratulieren Herrn Jmiai sehr herzlich zu diesem Erfolg.

DANKSAGUNGEN

Ohne die Unterstützung der folgenden Organisationen wären wir im vergangenen Jahr nicht in der Lage gewesen, unsere Arbeit in der Forschung und in der Lehre in gewohntem Umfang sowie gewünschter Qualität durchzuführen:

Adam Hörnig Baugesellschaft GmbH, AMIG Rudi Becker, Arbeitsgemeinschaft für industrielle Forschung, Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V., BASF AG, bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, bauserve GmbH, BERNHARDT Ingenieure GmbH, Beton Kemmler GmbH, BetonMarketing West GmbH, Bilfinger Bauperformance GmbH, Bilfinger Hochbau GmbH, Bilfinger SE, Bilfinger HSG Facility Management GmbH, BT3 Betontechnik GmbH, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie, Bundesverband der Kalksandsteinindustrie e.V., Bundesverband Porenbetonindustrie e.V., Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e.V., Bundesverband Leichtbetonzuschlagindustrie e.V., Daimler AG, Deutsche Bahn AG, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Poroton GmbH, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V., Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V. (DGfM), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Deutsches Institut für Bautechnik, Dreßler Bau GmbH, Durth Roos Consulting GmbH, Dyckerhoff AG, Evonik Degussa GmbH, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e. V., fischerwerke GmbH & Co. KG, Forschungsinstitut der Zementindustrie (FiZ), Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V., Freunde der Technischen Universität Darmstadt, GOLDBECK GmbH, Güteschutzverband Betonschalungen e. V., H-BAU Technik GmbH, Halfen GmbH & Co. KG, H-Bau Technik GmbH, HeidelbergCement AG, Hilti Deutschland AG, Hochtief AG, Hoechst AG, HSE Technik GmbH, Ingenieurbüro Krebs und Kiefer, Ingenieurconsult Cornelius Schwarz Zeitler GmbH, Julius Berger International GmbH, Institut für Baustoffe TU Dresden, Klimaleichtblock GmbH, König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co. KG, LCEE Life Cycle Engineering Experts GmbH, Liapor GmbH & Co., Longlife-Treppen GmbH, LohrElement GmbH, MAPEI Betontechnik GmbH, Max Bögl Bauunternehmen GmbH, MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG, MEVA Schalungssysteme GmbH, OPTERRA Karsdorf GmbH, pakon AG, PreConTech e.K., Ruffert & Partner, Schöck Bauteile GmbH, Sika Deutschland GmbH, sh minerals GmbH, Spenner Zement GmbH & Co. KG, Steag GmbH, Strabag AG, Syspro-Gruppe Betonbauteile e. V., TOGE-Dübel A. Gerhard KG, VdS Schadenverhütung GmbH, Verein Deutscher Zementwerke, Waibel KG, Wienerberger AG, Xella Technologie und Forschungsgesellschaft mbH.

Wir wollen uns für diese Unterstützung herzlich bedanken und hoffen auch für die Zukunft auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit.

Im Bereich der Lehre ist eine Unterstützung durch Experten und in der Praxis stehende Fachleute aus Ingenieurbüros, Verwaltung, Verbänden und Industrie unerlässlich und hoch geschätzt. Für ihr persönliches Engagement als Lehrbeauftragte unseres Instituts möchten wir uns daher bei folgenden Personen bedanken:

Dr.-Ing. Herbert Duda	Baudynamik
Dipl.-Ing. Rudolf Herz	Mauerwerksbau und Sonderfragen aus dem Betonbau
Dipl.-Ing. Thomas Heß	Gebäudetechnik
Dipl.-Ing. Liane Prediger	Mauerwerksbau und Sonderfragen aus dem Betonbau
Dipl.-Ing. (FH) Michael Pröll	Mauerwerksbau und Sonderfragen aus dem Betonbau
Dr.-Ing. Gert Riegel	Strategisches Facility Management & Sustainable Design
Dr.-Ing. Holger Schmidt	Risiko und Sicherheit im konstruktiven Ingenieurbau
Dipl.-Ing. Heinz Steiger	Massivbrückenbau und Traggerüste

In diesem Jahr hat Herr Dipl.-Ing. Heinz Steiger letztmalig die Vorlesungen zum Thema Traggerüste als Lehrbeauftragter gestaltet. Er hat sich in dieser Funktion mehr als 20 Jahre ehrenamtlich engagiert und in vorbildlicher Weise dazu beigetragen, praxisorientierte Fragestellungen in die Lehre zu integrieren. Hierfür danken wir ihm ganz herzlich.

Außerdem möchten wir uns auch bei allen bedanken, die im Rahmen der Lehre ehrenamtlich mitgewirkt und Vorträge gehalten haben:

Dr.-Ing. Markus Spengler (Baudynamik); Dipl.-Ing. Mathias Tillmann, Dipl.-Ing. Heinz Eberherr, Dipl.-Ing. Alice Becke, Dipl.-Ing. Ralf Niehüser, Dr.-Ing. Georg Hellinger, Dipl.-Ing. Erwin Scholz, Dipl.-Ing. Stefan Zwolinski, Dr.-Ing. Diethelm Bosold, Dipl.-Ing. Werner Hochrein, Dr.-Ing. Christoph Schmidhuber, Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Elisabeth Hierlein, Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Mike Richter und Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Peter Schermuly (Fertigteilkonstruktionen); Dr.-Ing. Gerhard Zehetmaier und Dr.-Ing. Stefan Kempf (Massivbrückenbau und Traggerüste); Dr.-Ing. Stefan Daus (Mauerwerksbau und Sonderfragen aus dem Betonbau); Dr.-Ing. Eric Brehm (Risiko und Sicherheit im konstruktiven Ingenieurbau); Dr.-Ing. Sebastian Pohl (Strategisches Facility Management & Sustainable Design); Dipl.-Ing. Herbert Schäfer, Dipl.-Ing. Rudi Becker, Dipl.-Ing. Michael Sauerwein, Dr.-Ing. Benjamin von Wolf-Zdekauer, Dipl.-Ing. Olaf Pielke, Dipl.-Ing. Frank Bieber, Dipl.-Ing. Robin Engelmann und Dipl.-Ing. Patrik Bös (Technische Gebäudeausrüstung).

VERÖFFENTLICHUNGEN

Ausgewählte Fachartikel:

- Graubner, C.-A.; Pelzeter, A.; Pohl, S.: A new approach to measure sustainability in German Facility Management. In: Facilities, Vol. 33, No. 1/2, Emerald Group Publishing, Bingley, 2015
- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Ist vereinfacht vollständig genug? - Spannungsfeld der Ökobilanzverfahren im Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen. In: Bauingenieur, Band 90, Januar 2015, Springer VDI Verlag, Düsseldorf, 2015
- Graubner, C.-A.; Pohl, S.: Nachhaltigkeit von Mauerwerksbauten. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin, 2015. ISBN 978-3-410-245223
- Graubner, C.-A.; Proske, T.; Hainer, S.: Moderne Betone aus klinkerreduzierten Zementen – Herstellung, Nachbehandlung, Umweltbilanz. In: Tagungsband, 59. Betontage Ulm, BFT-International, 02/2015, 11-13.
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Praxisbeispiel: Nachweis einer Aussteifungsscheibe aus unbewehrtem Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1/NA. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin, 2015. ISBN 978-3-410-245223
- Graubner, C.-A.; Schmitt, M.; Förster, V.: Tragfähigkeitstabellen für unbewehrtes Mauerwerk nach Eurocode 6 - Teil 3. In: Mauerwerksbau aktuell 2015 - Praxishandbuch für Architekten und Ingenieure. Graubner, C.-A.; Rast, R.; Schneider, K.-J. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin, 2015. ISBN 978-3-410-245223
- Graubner, C.-A.; Six, M.; Zeier, J.: Spannbetonbau. In: Stahlbetonbau aktuell 2015 - Praxishandbuch. Hegger, J.; Mark, P. [Hrsg.], Bauwerk Beuth Verlag, Berlin, 2015. ISBN 978-3-410-24519-3
- Graubner, C.-A.; Kohoutek, J.: Integrale Brücken im Wandel der Zeit. In: Tagungsband, 25. Dresdner Brückenbau Symposium. Curbach, M. [Hrsg.], Technische Universität Dresden, Institut für Massivbau, Dresden, 2015. ISBN 978-3-86780-421-9
- Frank, M.; Loga, T.; Schaede, C.; Weißmann, C.: Eigendeckung des Strombedarfs von Niedrigstenergiehäusern durch Photovoltaik-Anlagen - Verrechnung mit unterschiedlichen Zeitschrittweiten ergänzend zur EnEV. In: Bauphysik 2/2015. Ernst & Sohn Verlag, Berlin.

- Hainer, S.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Einfluss der Nachbehandlung auf das Karbonatisierungsverhalten von Beton aus klinkerarmen Zementen. In: Beton- und Stahlbetonbau 101 (2015), Heft 1, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2015, 41-49.
- Hainer, S.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Modell zur Vorhersage der Karbonatisierungstiefe von klinkerreduzierten Betonen. In: Proceedings of the 19. Internationale Baustofftagung (ibausil), Weimar, 2015, 1-1129-1138.
- Mittermayr, F.; Rezvani, M.; Baldermann, A.; Hainer, S.; Breitenbücher, P.; Juhart, J.; Graubner, C.-A.; Proske, T.: Sulfate resistance of cement-reduced eco-friendly concretes. In: Cement and Concrete Composites, Volume 55, January 2015, 364–373.
- Rezvani, M.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Shrinkage of mortar samples made of limestone-rich cements. In: Proceedings of Mechanics and physics of creep, shrinkage, and durability of concrete and concrete structures, CONCREEP-10, Wien, 2015.
- Schmitt, M.; Graubner, C.-A.; Förster, V.: Mindestaufplast auf Mauerwerkswänden - Eine realitätsnahe Betrachtung, In: Mauerwerk Heft 19 (2015) Heft 4, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2015. ISSN: 1432-3427.
- Tran, N.L; Grziwa, U.; Graubner, C.-A.: Spatial variability of material properties and its influence on structural reliability of UHPFC columns. Fib Symposium Proceedings, Concrete - Innovation and Design, 18-20 May 2015, Copenhagen, 2015.
- Tran, N.L; Kohoutek, J.; Graubner, C.-A.: Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen ohne Querkraftbewehrung. Beton- und Stahlbetonbau 110, 2015, Heft 4, 244-253
- Weißmann, C.; Graubner, C.-A.: Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalyse eines Plus-Energie-Gebäudes mit elektrischem Beheizungssystem. In: Tagungsband, 7. Norddeutsche Passivhauskonferenz, Hamburg, 08.10.2015
- Weißmann, C.; Weber, T.: Development of an approach to assess the investment decision in high-capacity batteries installed in plus-energy buildings, In: Abstract Book, IYCE - International Youth Conference on Energy, 27.-30. May 2015, Pisa, 2015

Ausgewählte Fachvorträge:

- Graubner, C.-A.: Vom Material zum Bauwerk - Forschungsschwerpunkte des Instituts für Massivbau. VDB Regionaltagung, Darmstadt, 03.03.2015
- Graubner, C.-A.; Fritz, K.: Beurteilung der Ressourceneffizienz im Bauwesen. 5. Runder Tisch Ressourceneffizienz im Bauwesen, Berlin, 17.06.2015
- Graubner, C.-A.; Proske, T.; Hainer, S.; Rezvani, M.: Moderne Betone aus klinkerreduzierten Zementen. Betontage 2015, Neu-Ulm, 24.02.2015
- Fritz, K.; Graubner, C.-A.: Beurteilungssystematik für Ressourceneffizienz im Bauwesen. Workshop Ressourceneffizienz im Bauwesen, Berlin, 16.10.2015
- Hainer, S.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Modell zur Vorhersage der Karbonatisierungstiefe von klinkerreduzierten Betonen. 19. Internationale Baustofftagung (ibausil), Weimar, 17.09.2015
- Proske, T.; Graubner, C.-A.; Hainer, S.; Rezvani, M.: Aktuelle Entwicklungen im Bereich umweltfreundlicher Zemente und Betone. 5. Darmstädter Beton- und Schalungstag, Darmstadt, 30.06.2015
- Ränge, P.; Fritz, K.; Graubner, C.-A.: Nachhaltigkeitsbewertung von Verkehrsinfrastrukturbauwerken - Ein Einblick in die aktuelle Forschung. IZBE-Symposium "Verkehrsinfrastruktur für unsere Zukunft - Nachhaltig investieren und betreiben", Dresden, 23.04.2015
- Rezvani, M.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Shrinkage of hardened cement pastes and concretes made of limestone-rich cements, Mechanics and physics of creep, shrinkage, and durability of concrete and concrete structures, CONCREEP-10, Wien, 22.09.2015
- Weißmann, C.: Development of an approach to assess the investment decision in high-capacity batteries installed in plus-energy buildings, IYCE - International Youth Conference on Energy, Pisa, 28.05.2015
- Weißmann, C.; Graubner, C.-A.: Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalyse eines Plus-Energie-Gebäudes mit elektrischem Beheizungssystem. 7. Norddeutsche Passivhauskonferenz, Hamburg, 08.10.2015

STABILITÄTSVERSVERSAGEN VON MAUERWERKSWÄNDEN MIT KLEINEM ELASTIZITÄTSMODUL

Valentin Förster, Carl-Alexander Graubner

Der Nachweis der Knicksicherheit unbewehrter Mauerwerkswände nach dem genaueren Nachweisverfahren von EN 1996-1-1 Anhang G beruht auf halb-empirischen Ansätzen, welche das Tragverhalten nicht immer realitätsnah beschreiben. Dies wird auch am Einspruch des Landes Dänemark zu der in Anhang G geregelten Traglastfunktion deutlich. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens (vgl. (1) und (2)) wurde das Stabilitätsversagen schlanker Mauerwerkswände und dessen Modellierung unter Berücksichtigung wirklichkeitsnaher Werkstoffkenngrößen untersucht.

Betrachtet man die aktuell gültige europäische Regelung, so ist zu erkennen, dass bei großen Schlankheiten ab einem bestimmten Verhältnis von Elastizitätsmodul zu Druckfestigkeit (E_0/f_k) mit zunehmender charakteristischer Druckfestigkeit und konstanten Elastizitätsmodul (E_0) die Tragfähigkeit rechnerisch abfällt. Dies ist als „Defekt“ der normativen Regelung nach EN 1996-1-1 zu bezeichnen, da eine Steigerung der Druckfestigkeit immer zu einer Tragfähigkeitserhöhung führen muss bis der Maximalwert infolge Stabilitätsversagens erreicht ist. Eine realistische Modellierung der Spannungs-Dehnungs-Beziehung trägt diesen Sachverhalt Rechnung. Vergleichsrechnungen zeigten jedoch, dass der genannte Effekt nur bei großen Wandschlankheiten auftritt, sodass diesbezüglich in baupraktischer Hinsicht nur ein kleiner, sehr spezifischer Anwendungsbereich betroffen ist. Des Weiteren ist zu beachten, dass mit dem deutschen nationalen Anhang die Traglasten bei Stabilitätsversagen schlanker Wände gegenüber den Regelungen von DIN EN 1996-1-1/NA zum Teil deutlich konservativer festgelegt wurden.

Daher besteht aus deutscher Sicht selbst bei sehr niedrigem E_0/f_k -Verhältnissen derzeit kein Handlungsbedarf. Andererseits kann konstatiert werden, dass die nationale Regelung Deutschlands nach DIN EN 1996-1-1/NA nicht nur in Teilbereichen zu stark konservativen Ergebnissen führt, sondern vor allem aufgrund der Vielzahl der Eingangsgrößen auch sehr rechenintensiv ist. Insbesondere die Regelung zur Berücksichtigung des Kriecheinflusses auf das Tragverhalten nach Theorie II. Ordnung beinhaltet Vereinfachungspotential. In diesem Kontext wurde ein neuer Bemessungsvorschlag für die Traglastminderung im Stabilitätsfall entwickelt und mit Hilfe umfangreicher Vergleichsberechnungen verifiziert. Dieser ist im Vergleich zur jetzigen Regelung nicht nur wesentlich einfacher zu handhaben, sondern erfasst die Einflüsse infolge Kriechen sowie die jeweilige Spannungs-Dehnung-Beziehung des Mauerwerks integral in der Traglastfunktion. Die Bemessung kann damit ab einem Verhältniswert von $K_E = E_0/f_k \geq 500$ vollständig werkstoffunabhängig durchgeführt werden. Gleichzeitig entfällt durch diese Vorgehensweise die Bestimmung einer Reihe von Eingangsparametern, was den Normtext erheblich vereinfacht und verkürzt. Zudem sind mit dem neuen Bemessungsvorschlag Handrechnungen wesentlich einfacher und praxisgerechter durchführbar.

Die Verfasser bedanken sich ausdrücklich bei der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e. V. (PRB) sowie der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung für die Förderung des hier vorgestellten Forschungsvorhabens.

- (1) Graubner, C.-A.; Brameshuber, W.; Jäger, W.; Seim, W.: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: Verbesserung der Praxistauglichkeit der Baunormen durch pränormative Arbeit – Teilantrag 5: Mauerwerksbau. Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V., Berlin 2015.
- (2) Graubner, C-A; Förster, V.: Simplified design concept for slender masonry walls - Vereinfachter Stabilitätsnachweis knickgefährdeter Mauerwerkswände. Mauerwerk 20 (2015) H. 6.

FRISCHBETONDRUCK FREI GEFORMTER BETONBAUTEILE

Björn Freund

Gekrümmte Betonbauteile sind im Ingenieurbau Stand der Technik. In der modernen Architektur erfreuen sich geneigte und gekrümmte Betonbauteile zunehmender Beliebtheit. Die Herstellung derartiger Betonbauteile bzw. Bauwerke stellt hohe Anforderungen an die Schalungstechnik und Bauausführung. Die Auswahl und Dimensionierung der Schalungssysteme wird in großem Maße von dem aus dem Frischbetoneigenwicht resultierenden Frischbetondruck bestimmt. Der Frischbetondruck ist die dominierende Einwirkung für die Dimensionierung und Bemessung von Schalungssystemen. Bisherige Modelle zur Bestimmung des Frischbetondrucks haben nur Berechnungen für lotrechte Schalungen ermöglicht. Bei geneigten oder gekrümmten Schalungssystem wurde bisher der hydrostatische Frischbetondruck angesetzt. Dies führte in vielen Fällen zu überdimensionierten Schalungskonstruktionen oder zu unnötig langsamen Betoniergeschwindigkeiten.

In den vergangenen drei Jahren wurde am Institut für Massivbau im Rahmen eines durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsvorhabens der Frischbetondruck von geneigten und gekrümmten Betonbauteilen umfangreich untersucht. Dazu wurden umfangreiche Material- und Bauteilversuche durchgeführt. Die Versuchsergebnisse zeigten, dass der Frischbetondruck geneigter Betonbauteile in vielen Fällen den Frischbetondruck lotrechter Betonbauteile signifikant unterschreitet (vgl. (1)). Ein entwickeltes Simulationsmodell zur Bestimmung des Frischbetondrucks von lotrechten, geneigten und gekrümmten Betonbauteilen zeigte sehr gute Übereinstimmungen mit Messwerten aus Versuchen (vgl. (1)).

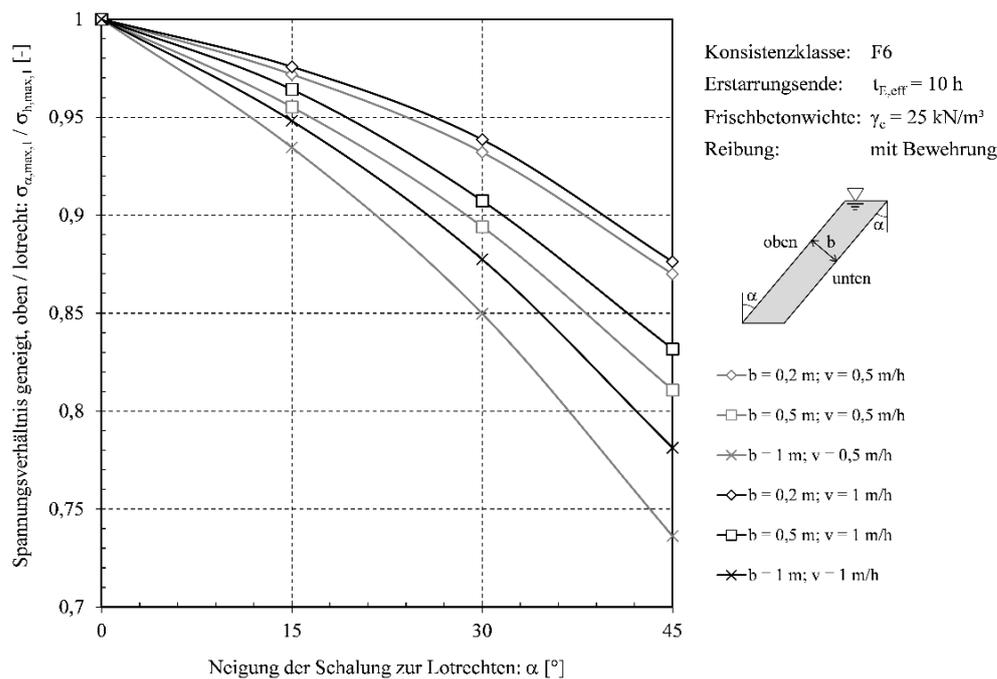


Abbildung 1: Spannungsverhältnis der Frischbetondrücke einer geneigten oberen Schalung und einer lotrechten Schalung (vgl. (2))

Anhand der Ergebnisse von umfangreichen Parameterstudien (vgl. Abbildung 1) wurde ein Bemessungsmodell abgeleitet und auf ein definiertes Sicherheitsniveau kalibriert (vgl. (2)). Das Bemessungsmodell ermöglicht anhand von Diagrammen und Gleichungen die Ermittlung des Frischbetondrucks bei lotrechten, geneigten und gekrümmten Betonbauteilen bei Verwendung von fließfähigen, hoch fließfähigen und selbstverdichtenden Betonen. Mit dem ermittelten Frischbetondruck kann anschließend das jeweilige Schalungssystem in Verbindung mit den aktuellen Bemessungsnormen praxistgerecht dimensioniert und bemessen werden.

- (1) Freund, B.; Proske, T.; Graubner, C.-A. (2014): Experimentelle Untersuchungen und numerische Verifizierung zum Frischbetondruck bei geneigten Schalungssystemen. Beton- und Stahlbetonbau, Heft 11, S.803-811, Ernst & Sohn, Berlin, 2014.
- (2) Freund, B. (2015): Dissertation in Vorbereitung. TU Darmstadt - Institut für Massivbau, Darmstadt.

NEUES AUS DER MAUERWERSNORMUNG

Carl-Alexander Graubner

Wie schon unser ehemaliger Nationaltrainer Sepp Herberger sagte: „*Nach dem Spiel ist vor dem Spiel!*“ Nach diesem Motto geht es auch in der Normung stets voran. Kaum wurden die europäischen Vorschriften zur Bemessung (Teile 1-1 und 3) und zur Ausführung (Teil 2) von Mauerwerk mit ihren nationalen Anhängen zum 01.01.2015 in Deutschland bauaufsichtlich eingeführt, geht es in die Überprüfungsphase dieser Vorschriften für eine bis zum Jahre 2020 vorgesehene Überarbeitung. Im Zuge des sogenannten „systematic review“ sollen alle Teile des Eurocode 6 (EN 1996) hinsichtlich sinnvoller Vereinfachungsmöglichkeiten („ease of use“) analysiert werden. Des Weiteren soll das bestehende Harmonisierungspotential, welches zwischen den verschiedenen nationalen Anhängen besteht, identifiziert werden, um damit die national festlegbaren Parameter (NDP) in Anzahl und Regelungstiefe so weit wie möglich zu reduzieren. Einen Vergleich der verschiedenen nationalen Regelungen enthält der Beitrag Koob/Graubner.

Die Erarbeitung des neuen Normenvorschlags erfolgt auf europäischer Ebene im sogenannten „Scientific Committee No. 6“ (SC6), wobei für die einzelnen Teile von EN 1996 wiederum international besetzte „working groups“ (WG) und „project teams“ (PT) gebildet werden. Die von den verschiedenen Ländern in den letzten Jahren zur Überarbeitung identifizierten Sachverhalte werden in der WG diskutiert und dann im PT zu finalen Normungsvorschlag konkretisiert. Derzeit läuft dieses Verfahren für den Teil 1-1 von EN 1996; d.h. im Frühjahr 2016 soll ein 1. Entwurf für den neuen europäischen Normungsvorschlag hinsichtlich des genaueren Nachweisverfahrens vorliegen, welcher dann wieder im SC6 diskutiert wird, um anschließend den nationalen Normungsgremien zur Spiegelung zur Verfügung zu stehen. Die entsprechenden Aktivitäten zu den vereinfachten Berechnungsmethoden (EN 1996-3) beginnen Anfang 2016.

Um die Überarbeitung des Eurocodes fachkundig begleiten und dabei die nationalen Interessen Deutschlands sinnvoll berücksichtigen zu können, ist eine pränormative Durchsicht der Regelungen unabdingbar. In diesem Kontext wurde bereits im Jahre 2013 die von verschiedenen Interessensgruppen getragene Initiative Praxisregeln Bau (PRB) gegründet, welche sich zum Ziel gesetzt hat die für das Bauen relevanten Bemessungsnormen hinsichtlich ihrer Regelungsdichte auszudünnen und praxisnah zu gestalten. In einzelnen Projektgruppen wurden in den beiden letzten Jahren Vereinfachungsvorschläge zu den verschiedenen Teilen der Eurocodes (Sicherheitskonzept, Einwirkungen, Beton, Stahl, Holz, Mauerwerk, Grundbau) erarbeitet, die jetzt als Basis für den deutschen Vorschlag zum „systematic review“ genutzt werden können.

Die für den Mauerwerksbau zuständige Projektgruppe 5 von PRB war diesbezüglich in jüngster Vergangenheit sehr aktiv. Die aus Ingenieurbüros und Verbänden der Mauerwerksindustrie entsandten Vertreter haben in ehrenamtlicher Tätigkeit die Teile 1-1, 2 und 3 von EN 1996 durchforstet und die europäischen Regelungen mit den zugehörigen nationalen Vorschriften (NDP) zusammengeführt. Der Normungstext wurde redaktionell überarbeitet, dabei Widersprüchlichkeiten beseitigt und aus deutscher Sicht entbehrliche Regelungen gestrichen. Man kam jedoch auch nicht umhin einige den nationalen Besonderheiten entsprechende deutsche Sachverhalte zu ergänzen. Insgesamt kann mit diesem Vorschlag der Umfang der Vorschriften um etwa ein Drittel reduziert werden. Der nationale PRB-Vorschlag zu EN 1996 wurde vom zuständigen Spiegelausschuss DIN NA 005-06-01 bereits gesichtet und zur Umsetzung für den europäischen Normungsprozess empfohlen. Um das Vorgehen effizient zu gestalten, wurde bereits eine Übersetzung in das Englische vorgenommen.

Es bleibt zu hoffen, dass es mit dieser intensiven Vorarbeit gelingen wird, die Überarbeitung von EN 1996 zielorientiert begleiten zu können und der Praxis auch in Zukunft die Bemessung von Mauerwerk ohne großen Aufwand zu ermöglichen.

MODELLIERUNG VON STAHLBETONDRUCKGLIEDERN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG RÄUMLICH STREUENDER MATERIALEIGENSCHAFTEN

Ulf Grziwa, Carl-Alexander Graubner

Die Traglast schlanker Druckglieder aus faserbewehrtem ultrahochfesten Beton (UHPC) wird bei kleiner Lastausmitte maßgeblich durch die Streuung des Elastizitätsmoduls und bei großer Lastausmitte durch die Streuung der Betonzugfestigkeit bestimmt. Insbesondere bei der Verwendung von Beton mit hohem Fasergehalt ist davon auszugehen, dass die materialbedingten Streuungen infolge zunehmender Inhomogenität des Baustoffs größer sind als bei konventionellem Stahlbeton. Bei der EDV-gestützten Modellierung von Druckgliedern wird in der Regel jedoch von homogenen Materialparametern über die gesamte Bauteillänge ausgegangen. Druckglieder, denen als statisches System eine Pendelstütze zugrunde gelegt wird und die durch eine exzentrisch angreifende Normalkraft beansprucht werden, versagen daher rechnerisch stets in halber Stützhöhe (entspricht der Stelle der größten Momentenbeanspruchung). Traglastversuche, die am Institut für Massivbau durchgeführt wurden, zeigen hingegen, dass die Lage der Versagensstelle einer großen räumlichen Streuung unterliegt. Versagen tritt demnach nicht stets an der Stelle der größten Momentenbeanspruchung auf, sondern an der Stelle, an der der Bauteilwiderstand im Verhältnis zur Beanspruchung den geringsten Wert aufweist. Um das Tragverhalten von Druckgliedern möglichst wirklichkeitsnah abbilden zu können, ist es erforderlich die Inhomogenität des verwendeten Baustoffes bei der Modellierung zu berücksichtigen.

Am Institut für Massivbau wurde hierzu eine Versuchsreihe durchgeführt, um zum einen die statistischen Kenngrößen von UHPC mit unterschiedlichen Fasergehalten zu bestimmen und zum anderen die räumliche Streuung von Materialparametern innerhalb des

Bauteiles zu erfassen. Neben Kleinkörpern (Zylinder, Würfel, Prismen) wurden schlanke Stützen (Querschnitt b/h 12/12cm sowie \varnothing 15 cm) hergestellt, durch Sägeschnitte geteilt und die Parameter Betondruckfestigkeit, -zugfestigkeit und Elastizitätsmodul bestimmt. An sämtlichen Schnittflächen wurden zudem neben geometrischen Parametern die Faseranzahl sowie die Faserorientierung mit Hilfe des optoanalytischen Analyseverfahrens bestimmt. Auf Basis der Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen können Korrelationen zwischen verschiedenen Materialparametern sowie die Werte der einzelnen Parameter über die Bauteillänge durch entsprechende Funktionen beschrieben und der EDV-gestützten Berechnung zugrunde gelegt werden. Ergänzend wurden Traglastversuche an UHPC Stützen durchgeführt mit Hilfe derer das FE-Modell kalibriert werden konnte (Abb. 1). Im Rahmen der weiteren Untersuchungen werden nun insbesondere die Einflüsse der räumlich streuenden Material- und Struktureigenschaften auf die Zuverlässigkeit von Druckgliedern untersucht.

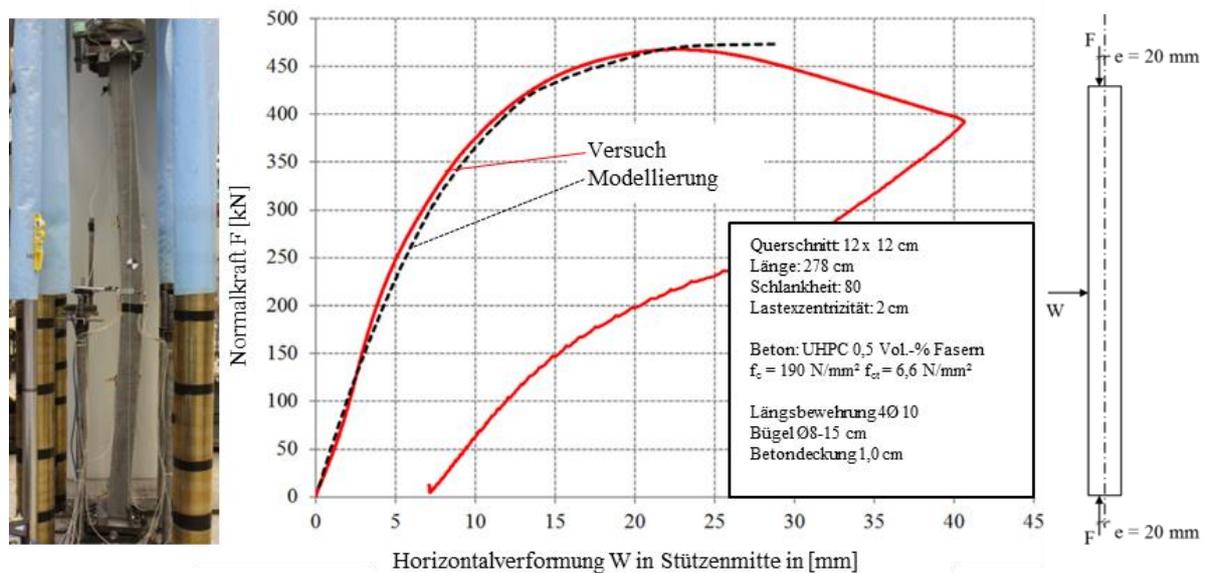


Abbildung 1: Experimenteller Traglastversuch (links); Vergleich der Last-Verformungs-Kurven aus Versuch und FE-Modell (rechts)

Die Autoren bedanken sich bei der DFG für die Unterstützung und Förderung dieses Forschungsprojektes am Institut für Massivbau.

ZUVERLÄSSIGKEIT INTEGRALER RAHMENBRÜCKEN IM GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT

Jaroslav Kohoutek

In Berching überspannt die Südbrücke mit 100 m lichter Weite den Main-Donau-Kanal. Die Tragfähigkeit dieser fugenlosen, integralen Rahmenbrücke wird durch die Boden-Bauwerk-Interaktion beeinflusst, da die Rahmenstiele weitgehend im Erdreich angeordnet sind. Aufgrund der besonderen Tragwirkung war die Brücke Gegenstand von Zuverlässigkeitsanalysen, mit denen die Versagenswahrscheinlichkeiten einzelner Querschnitte bestimmt wurden. Diese dienten u.a. dem Nachweis, dass unter Ansatz von realistischen Bodeneigenschaften ein ausreichendes Zuverlässigkeitsniveau sichergestellt ist.

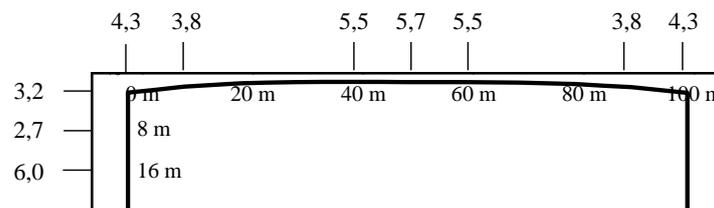


Abbildung 1: Zuverlässigkeitsindex β des Nachweises Biegung mit Normalkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren

In Abb. 1 sind die berechneten Zuverlässigkeitsindizes β im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) dargestellt. Es zeigt sich, dass die für Neubauten normativ geforderte Zielzuverlässigkeit von $\beta = 3,8$ in 50 Jahren – die einer Versagenswahrscheinlichkeit $p_f \sim 1 \cdot 10^{-6}$ entspricht – im Riegel an jeder Stelle erreicht oder übertroffen wird, während sie in den Rahmenstielen z.T. nicht erreicht wird. Dies ist i. W. auf gegenüber der ursprünglichen statischen Berechnung erhöhte Verkehrslasten nach DIN EN 1991-2 zurückzuführen, welche höhere Ausnutzungsgrade bedingen.

Aus Abb. 2 geht hervor, dass der Einfluss einzelner Basisvariablen auf die Tragwerkszuverlässigkeit von der Lage des Querschnitts im Bauwerk abhängt. Während der Einfluss streuender Betoneigenschaften am linken Riegelanschnitt 11 % beträgt, steigt er in 10 m Abstand auf über 33 % an und fällt in Riegelmitte auf 3 % ab. Im Gegensatz dazu steigt der Einfluss des streuenden Eigengewichtes von 8 % am Riegelanschnitt auf 25 % in Feldmitte an.

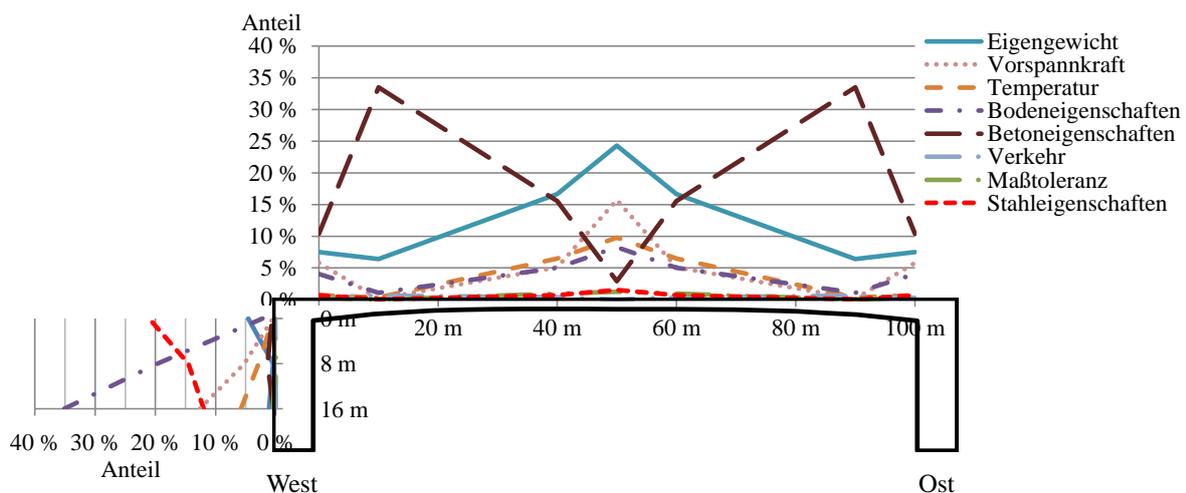


Abbildung 2: Sensitivitätsfaktoren des Nachweises Biegung mit Normalkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit ohne dargestellte Modellunsicherheiten

Bei geringen Betondruckfestigkeiten vergrößert sich die Betondruckzonenhöhe x gegenüber der planmäßigen Betondruckzonenhöhe x_{plan} . Hierdurch verringert sich der innere Hebelarm und der Ausnutzungsgrad des Querschnittes steigt. Bei großen, planmäßigen Betondruckzonenhöhen x_{plan} wird der innere Hebelarm stärker beeinflusst, wodurch der Einfluss streuender Betoneigenschaften auf die Zuverlässigkeit des betrachteten Brückenquerschnitts ebenfalls ansteigt (vgl. Abb. 2).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass auch unter Berücksichtigung erhöhter Verkehrslasten die Südbrücke Berching in weiten Bereichen die normativen Vorgaben an Neubauten im GZT erfüllt. Da es sich um ein Bestandbauwerk handelt, kann eine gewisse Absenkung des Zuverlässigkeitsniveaus in einzelnen Querschnitten akzeptiert werden.

ANALYSE UND VERGLEICH DER NDPS VERSCHIEDENER NATIONALER ANHÄNGE ZU EUROCODE 6

Benjamin Koob, Carl-Alexander Graubner

In den nationalen Anhängen zu Eurocode 6 können die einzelnen europäischen Staaten an definierten Stellen nationale Parameter (NDP) festlegen oder Regelungen ergänzen, die nicht im Widerspruch zu den geltenden europäischen Regelungen stehen. Demzufolge weichen die normativen Regelungen der einzelnen Länder mehr oder weniger stark voneinander ab. Im Sinne einer einfachen Handhabbarkeit der Normen in Europa sollte es jedoch Ziel sein, eine möglichst einheitliche europäische Norm zu erarbeiten, die nicht durch nationale Festlegungen signifikant unterschiedlich anzuwenden ist.

Um für zukünftige Normengenerationen die Interessenlagen der anderen Staaten besser verstehen und nachvollziehen zu können und daraus Harmonisierungspotentiale abzuleiten, wurden die einzelnen NDPs zu EN 1996 Teil 1-1, Teil 2 und Teil 3 der Anrainerländer von Deutschland sowie der im europäischen Mauerwerksbau wichtigen Länder (Großbritannien und Italien) gegenübergestellt. Während in Teil 1-1 20 NDPs vorhanden sind, können in Teil 2 nur fünf und in Teil 3 sieben Regelungen nach nationalen Erfordernissen festgelegt werden. Als Ergebnis der Analyse konnte in Teil 1-1 ein hohes Harmonisierungspotential bei lediglich drei der 20 NDPs festgestellt werden. Die meisten NDPs weisen dagegen ein geringes Harmonisierungspotential auf. In Tabelle 1 sind beispielhaft die NDPs zu EN 1996-3 sowie das zugehörige Harmonisierungspotential dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht und Harmonisierungspotential der NDPs zu EN 1996-3

EN 1996-3 Absatz	Bezeichnung	D E	A T	B E	C Z	D K	G B	F R	I T	N L	P L	C H	Harmonisierungspotential
2.3(2)P	Teilsicherheitsbeiwert im Grenzzustand der Tragfähigkeit	x	x	x	x	kein NA vorhanden	x	x	E	x	x	kein NA vorhanden	
4.1(1)P	Gebäudegesamtstabilität des Gebäudes	x	x	E	-		x	E	E	x	E		
4.2.1.1(1)P	Maximal zulässige Gebäudehöhe	E	E	E	E		E	E	E	E	E		
4.2.2.3(1)	Beiwert zur Berücksichtigung der Mitwirkung der Vorsatzschale	x	E	E	x		x	E	x	E	x		
D.1(1)	Charakteristische Druckfestigkeit	x	x	x	x		x	x	E	x	x		
D.2(1)	Charakteristische Biegefestigkeiten	x	E	x	E		x	x	E	x	x		
D.3(1)	Charakteristische Haftscherfestigkeiten	x	E	x	-		x	x	E	x	x		
Legende:													
x: landesspezifische Regelung vorhanden				Hohes Harmonisierungspotential									
E: europäisch empfohlene Regelung gültig				Mittleres Harmonisierungspotential									
-: keine Regelung vorhanden				Geringes Harmonisierungspotential									

Insgesamt ist zu konstatieren, dass Deutschland die meisten landesspezifischen Regelungen aufweist und somit am deutlichsten von den empfohlenen europäischen Regelungen abweicht. Hieraus negative Schlussfolgerungen zu ziehen ist jedoch unzutreffend, da durch die deutschen Regelungen maßgebende Sachverhalte, wie z. B. die Unterscheidung zwischen Platten- und Scheibenschub, deutlich korrekter erfasst werden.

Weiterhin ist ersichtlich, dass nur für wenige NDPs ein hohes Vereinheitlichungspotential besteht. Für ca. ein Drittel der NDPs bestehen mittlere Erfolgsaussichten auf eine Harmonisierung. Hierfür sind jedoch weitergehende Diskussionen und Vergleichsrechnungen notwendig. Für die überwiegende Anzahl der NDPs bestehen nach dieser Auswertung nur geringe Chancen auf eine Vereinheitlichung. Insbesondere sind hier die nationalen Festlegungen zu den Festigkeitseigenschaften zu nennen, da diese in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich geregelt sind.

TRAGFÄHIGKEIT VORWIEGEND BIEGEBEANSPRUCHTER MAUERWERKSWÄNDE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON MEMBRANDRUCKSPANNUNGEN

Michael Schmitt

Nichttragende Mauerwerkswände werden heutzutage gerade in der Stahlbetonskelettbauweise im Hoch-, Industrie- und Kraftwerksbau eingesetzt. Die Bemessung erfolgt über normativ geregelte Verfahren, in welche als maßgebliche Materialeigenschaft die Biegezugfestigkeiten senkrecht und parallel zu den Lagerfugen eingehen. Die Wandauflager werden in diesem Fall als freier Rand oder horizontal gehalten angesetzt (s. Abb. 1 – linkes und mittleres Bild). Die so maximal realisierbaren Wandflächen unter Ansatz der normativen Windlasten genügen jedoch nicht immer den Anforderungen der Praxis. Durch eine Verformungsbehinderung mittels einer kraftschlüssigen Ausbildung der Fugen zwischen nichttragenden Mauerwerkswänden und den angrenzenden Stahlbetonbauteilen (s. Abb. 1 – rechtes Bild) können Druckmembrankräfte in nennenswerter Größe aktiviert werden, welche zur Steigerung der Tragfähigkeit beitragen.

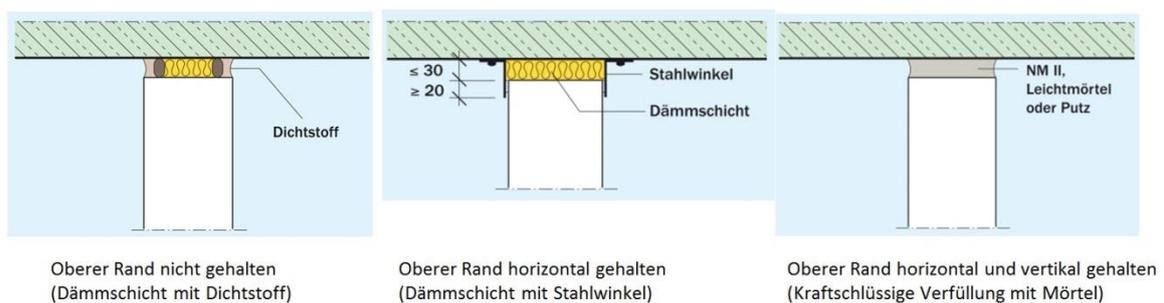


Abbildung 1: Wandanschlüsse für nichttragende Mauerwerkswände nach (1)

In den vergangenen Jahren wurde am Institut für Massivbau der TU Darmstadt der Einfluss von Membrandruckspannungen auf das Trag- und Verformungsverhalten von nichttragenden Mauerwerkswänden umfangreich untersucht. Neben zahlreichen numerischen Analysen mithilfe der Finite-Element-Methode wurde ein analytisches Bemessungsverfahren entwickelt, durch das die maximal aufnehmbare Horizontallast ermittelt werden kann. Neben dem vertikalen einachsigen Tragverhalten können weiterhin auch vierseitig gehaltene nichttragende Mauerwerkswände bemessen sowie in der Lagerfuge auftretende Schwindfugen berücksichtigt werden. Wesentlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit der Wand hat die Biegesteifigkeit der angrenzenden Stahlbetondecken, für welche durch numerische Analysen Federkennwerte bestimmt wurden. Das analytische Bemessungsmodell wurde anschließend durch Versuchsergebnisse aus der Literatur verifiziert. Weiterhin konnte eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen des analytischen Modells und den FE-Analysen festgestellt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Berücksichtigung der Steifigkeit der angrenzenden Stahlbetondecken zu einer maßgeblichen Steigerung der Tragfähigkeit der nichttragenden Wände gegenüber einer Biegebemessung unter Ansatz der vertikalen und horizontalen Biegezugfestigkeit führt (vgl. (2)). Anzumerken ist hierbei, dass nicht mehr die Biegezugfestigkeiten, sondern der Elastizitätsmodul des Mauerwerks in Verbindung mit der Druckfestigkeit des Mauerwerks sowie die Federsteifigkeit der Stahlbetondecke die entscheidenden Material- und Systemeigenschaften darstellen und damit die Tragfähigkeit definieren. Ein vereinfachtes Bemessungsmodell kann (2) entnommen werden.

- (1) Graubner, C.-A.; Schmitt, M. (2014): Nichttragende Wände. In: Kalksandstein: Planungshandbuch. Planung, Konstruktion, Ausführung (PKA) – 6. Auflage. Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover [Hrsg], Verlag Bau + Technik GmbH, Hannover 2014, ISBN: 978-3-7640-0591-7
- (2) Schmitt, M. (2016): Dissertation in Vorbereitung. TU Darmstadt – Institut für Massivbau, Darmstadt

STOCHASTISCHE MODELLIERUNG VON VERKEHRSLASTEN IN BÜROGEBÄUDEN

Ngoc Linh Tran, Larissa Krieger

Die in der Baupraxis mit den normativen Regelungen der DIN EN 1991-1-1/NA derzeit zur Verfügung stehenden Lastannahmen sehen für Büroflächen einen Lastansatz von $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ vor. Dieser Ansatz gilt für allgemeine Büroflächen, sowie Flure in Bürogebäuden ohne schwere Geräte. Eine Unterscheidung hinsichtlich der Art der Büronutzung ist jedoch nicht gegeben. Durch unterschiedliche Einrichtungsgegenstände und Personengruppen können jedoch erhebliche Belastungsunterschiede auftreten, welche durch den normativen Lastansatz abgedeckt sein müssen. In diesem Beitrag werden auf Grundlage von Lasterhebungen in Büroräumen des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt Simulationsrechnungen durchgeführt und die Ergebnisse mit den normativen Regelungen verglichen.

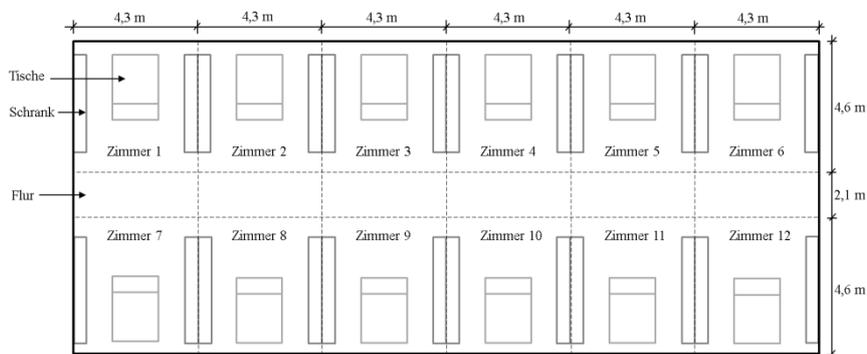


Abbildung 1: Darstellung der 12 Büroräume und Lastflächen

In Abbildung 1 sind die untersuchten Büroräume mit den entsprechenden Lastflächen (Innenliegende Tische und außenliegende Schrankzeilen) dargestellt. Neben den langfristig wirkenden Lasten aus den Einrichtungsgegenständen, wird der kurzzeitige Lastanteil durch Umräumen der Einrichtung mit einem Mittelwert von $\mu = 0,41 \text{ kN/m}^2$ und einer Standard-

abweichung $\sigma = 0,48 \text{ kN/m}^2$ angesetzt (1). Neben dem charakteristischen Wert der Last wird auch der Kombinationsbeiwert Ψ_2 für die quasi-ständige Einwirkungskombination ermittelt, der als ein zeitlicher Mittelwert betrachtet werden kann. Mittels Simulationstechnik wird eine zufällige Lastbelegungsanalyse durchgeführt und die Ergebnisse statistisch ausgewertet. In Abbildung 2 ist der Verlauf der charakteristischen Last q_k , sowie des Kombinationsbeiwertes Ψ_2 in Abhängigkeit von der Bezugsfläche A_B dargestellt.

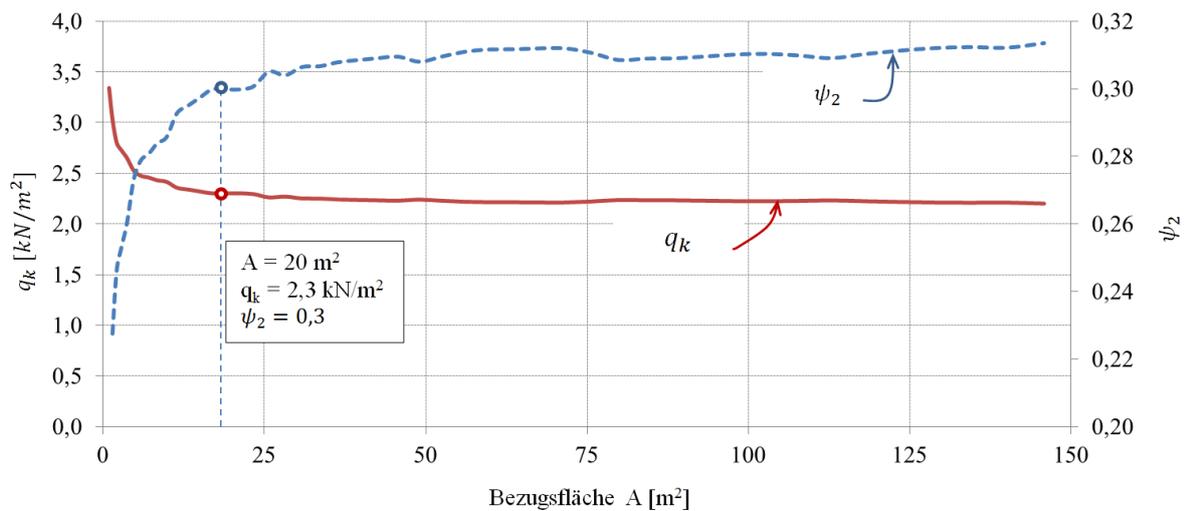


Abbildung 2: Charakteristische Gleichstreckenlast q_k und Kombinationsbeiwert Ψ_2

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass bei einer für die Bemessung angesetzten Bezugsfläche von ca. 20 m^2 (1) der 98%- Fraktilwert der Last $q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$ beträgt. Verglichen zu dem normativen Lastansatz von $2,0 \text{ kN/m}^2$ sind die Simulationslasten um den Faktor 1,15 größer. Die erhöhten Bürolasten sind auf die vorwiegende Nutzung im Bereich Forschung und Lehre zurückzuführen. Maßgebend hierfür sind überwiegend schwere Bücher, große Mengen an Akten sowie häufige und große Personenansammlungen durch z.B. Studenten. Der normativ festgelegte Kombinationsbeiwert $\Psi_2 = 0,3$ gemäß DIN EN 1990/NA für Büros konnte bei den durchgeführten Untersuchungen bestätigt werden. Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die Art der Büronutzung maßgeblich auf die Belastung auswirkt. Die Ergebnisse der Lastsimulationen am Beispiel einer universitären Büronutzung führen zur Überschreitung des normativen Lastansatzes.

(1) Spaethe, G. (1992): Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen, Springer-Verlag.

QUERKRAFTTRAGFÄHIGKEIT VON STAHLBETONBAUTEILEN MIT KREISQUERSCHNITT OHNE QUERKRAFTBEWEHRUNG

Ngoc Linh Tran

In diesem Beitrag wird eine Erweiterung des in (1) und (2) vorgestellten Querkraftmodells für Stahlbetonbauteile mit Kreisquerschnitt präsentiert. In dem entwickelten Modell werden die Querkraftanteile in Druckzone und Zugzone betrachtet (siehe Abb. 1). Zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit werden die Nulllinie des Querschnitts sowie die Krümmung des Bauteils an der kritischen Stelle $a_{crit.}$ iterativ berechnet, welche durch die Normalkraft sowie das Moment beschrieben werden können. Damit werden die Geometrie, die Laststelle, die Elastizitätsmoduln des Betons E_c und Betonstahls E_s , der Bewehrungsgrad $\rho = A_s/A_c$ und die Betonzugfestigkeit f_{ct} berücksichtigt. Zum Vereinfachen werden hier die Bewehrungsstäbe als ein Stahlring mit äquivalenter Fläche modelliert, welcher durch die Parameter r_1 und r_2 beschrieben werden kann.

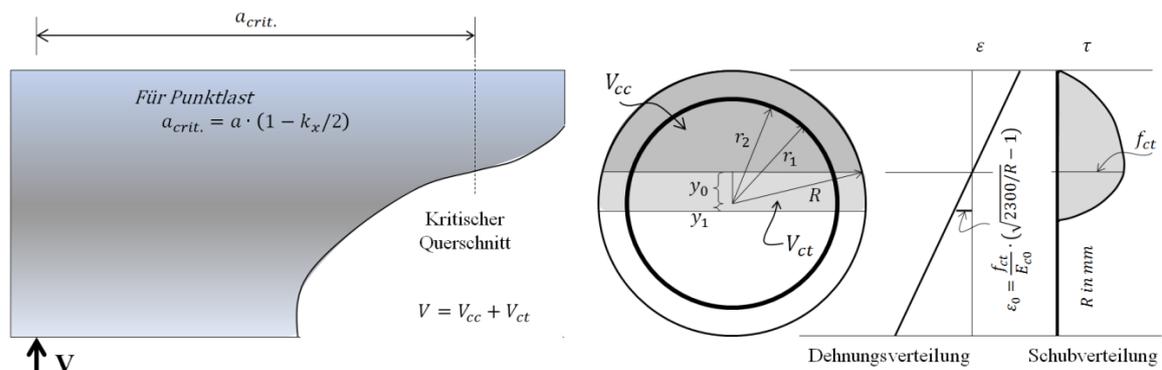


Abbildung 1: Berechnungsmodell

Die Stelle der Nulllinie wird durch den Parameter $\gamma_0 = y_0/R$ beschrieben und durch Lösung folgender Gleichung bestimmt. Hierbei sind $n_e = E_s/E_c$ und $\sigma_N = N/A_c$.

$$\rho n_e \pi \gamma_0 = -\frac{\pi}{2} \gamma_0 + \gamma_0 \arcsin(\gamma_0) + \frac{\sqrt{1-\gamma_0^2}}{3} (2 + \gamma_0^2) + \frac{\sigma_N}{\kappa E_c} \pi \quad (a)$$

Die Krümmung κ wird mit Hilfe des Moments $M = V \cdot a_{crit.} + N \cdot e$ bei dem kritischen Querschnitt wie folgt bestimmt.

$$\kappa = \frac{12M}{E_c \left\{ R^4 \left(\frac{3\pi}{2} - 3 \arcsin(\gamma_0) + \gamma_0 \sqrt{1-\gamma_0^2} (2\gamma_0^2 - 5) \right) + 3\pi n_e (r_1^4 - r_2^4) \right\}} \quad (b)$$

Die Querkraftanteile in Druckzone und Zugzone werden wie in Gleichungen (c) und (d) ermittelt. Hier beschreibt $\gamma_1 = y_1/R = (y_0 - \varepsilon_0/\kappa)/R$ den Fuß der effektiven Schubspannungsverteilung in der Zugzone (siehe Abb. 1).

$$V_{cc} = \frac{R^4 f_{ct}}{12(R - y_0)^2} \left(\frac{15\pi}{2} - 15 \arcsin(\gamma_0) - \sqrt{1-\gamma_0^2} (6\gamma_0^3 - 16\gamma_0^2 + 9\gamma_0 + 16) \right) \quad (c)$$

$$V_{ct} = \frac{3R^2 f_{ct}}{4} \left(\arcsin(2\gamma_0 - 1) - \arcsin(2\gamma_1 - 1) + (4\gamma_0 - 2) \sqrt{\gamma_0 - \gamma_0^2} - (4\gamma_1 - 2) \sqrt{\gamma_1 - \gamma_1^2} \right) \quad (d)$$

Zur Validierung des neuen Querkraftmodells wurden 44 Querkraftversuche aus der Literatur (3) mit a/D von 2,3 bis 4,2 und D von 200 mm bis 500 mm sowie ρ von 2% bis 7% nachgerechnet. Bei 31 Bauteilen ohne Normalkraft betragen der Mittelwert der Modellunsicherheit $\theta_m = 1,13$ und die zugehörigen Variationskoeffizient $v_m = 0,12$. Bei 13 Bauteilen mit Normalkraft betragen diese Werte $\theta_m = 1,04$ und $v_m = 0,09$. Für alle Versuche weisen der Mittelwert der Modellunsicherheit $\theta_m = 1,10$ und die zugehörigen Variationskoeffizient $v_m = 0,12$ auf. Mit vorstehenden Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass das entwickelte Querkraftmodell nicht nur für Bauteile mit Rechteckquerschnitt sondern auch für Kreisquerschnitt geeignet ist.

- (1) Tran, N.L.; Kohoutek, J.; Graubner, C.-A.: Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen ohne Querkraftbewehrung, Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015), Heft 4.
- (2) Tran, N.L.; Graubner, C.-A.: Shear model for reinforced concrete members without stirrups, fib Symposium, Kopenhagen, Mai 2015.
- (3) Bender, M.: Zum Querkrafttragverhalten von Stahlbetonbauteilen mit Kreisquerschnitt, Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2009.

C³– CARBON CONCRETE COMPOSITE

Peter Ränge, Carl-Alexander Graubner

Das durch die TU Dresden koordinierte Projekt „C³ – Carbon Concrete Composite“ ist ein auf mehrere Jahre angelegtes, durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördertes Verbundforschungsvorhaben. Das Hauptziel der Initiatoren ist es, die Entwicklung von carbonbewehrtem Textilbeton soweit voranzutreiben, dass damit zukünftig 20% des derzeit eingesetzten Stahlbetons ersetzt werden können. Neben den technologischen Herausforderungen, aus dem bisherigen Nischenprodukt einen wirtschaftlich und funktional konkurrenzfähigen Massenbaustoff zu machen, wird es eine der größten zu überwindenden Hürden sein, die flächendeckende Akzeptanz bei den Praxisanwendern zu erreichen.

Der Vorteil der Carbonbauweise stellt sich hauptsächlich in einer Massenersparnis dar. Die Festigkeit der Carbonfasern ist bis zu 6-mal höher als die von üblichem Bewehrungsstahl und das Carbonmaterial ist ca. 4-mal leichter als Stahl. Dadurch reduziert sich bei gleicher funktionaler Aufgabe die benötigte Bewehrungsmenge deutlich. Außerdem muss die Carbonfaser nicht durch ein alkalisches Milieu vor Korrosion geschützt werden. Die erforderliche Betondeckung wird nur noch durch die Belange der Kraftübertragung und der Verbundsicherung bestimmt. Folglich lassen sich im Vergleich zu herkömmlichem Stahlbeton wesentlich dünnwandigere und filigranere Bauteile realisieren. Um die Vorteile der Carbonbewehrung optimal ausnutzen zu können, muss die Betonmatrix auch entsprechend für diese dünnwandigen, vergleichsweise engmaschig bewehrten Bauteile optimiert werden. Dabei sind sowohl die Verarbeitbarkeit des Frischbetons als auch die Abstimmung der Festbetoneigenschaften auf die Eigenschaften der Carbonbewehrung zu beachten.

Genau an dieser Schnittstelle der Betonoptimierung ist das Institut für Massivbau der TU Darmstadt (IfM) aktuell in das Gesamtprojekt eingebunden. Das Teilprojekt des IfM gliedert sich einerseits in Untersuchungen zum Schwindverhalten und andererseits in ökobilanzielle Betrachtungen. Ca. 5 % des weltweiten anthropogenen CO₂-Ausstoßes entfallen auf die Zementherstellung. Bei der Ökobilanzierung eines üblichen Normalbetons entfallen ca. 95 % des Treibhauspotenzials (GWP) auf den darin enthaltenen Zement. Eine Verringerung der negativen Umweltwirkungen der Betonbauweise lässt sich daher am ehesten dadurch erreichen, dass durch betontechnologische Optimierungsmaßnahmen der vorhandene Zementklinker im Beton möglichst effizient eingesetzt wird, um so die insgesamt benötigte Menge an Zementklinker in der Betonmischung reduzieren zu können. Diese Strategie des zementklinkerreduzierten Ökobetons wird am IfM seit vielen Jahren in der Forschung federführend vorangetrieben. Das am IfM hierzu vorhandene Know-how kann nun optimal in die Entwicklung der Betonmatrices für die C³-Bauweise integriert werden. Gegenüber dem herkömmlichen Ökobeton ergeben sich bei carbonbewehrtem Beton weitere Einsparpotenziale in den Umweltwirkungen, insbesondere hinsichtlich des GWP: Ein Mindestzementklinkergehalt zur Sicherstellung des Carbonatisierungswiderstandes ist nicht erforderlich und es bieten sich Einsparpotenziale durch die filigraneren Bauteilabmessungen, wodurch insgesamt geringere Betonvolumina benötigt werden. Natürlich wird nach wie vor ein gewisser Mindestzementgehalt erforderlich sein. Zum einen bedürfen die Betonmatrices zur optimalen Ausnutzung der hohen Carbonfaserfestigkeiten tendenziell höhere Festigkeiten als der im üblichen Hochbau eingesetzte Normalbeton. Zum anderen bestehen außer den nicht mehr relevanten Anforderungen an den Carbonatisierungswiderstand weitere Dauerhaftigkeitsanforderungen, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen, z.B. Anforderungen hinsichtlich der Frostbeständigkeit. Um alle, teilweise gegenläufigen, Abhängigkeiten bei der Mischungsoptimierung hinsichtlich der entstehenden Umweltwirkungen insgesamt bewerten zu können, eignet sich die Methode der Ökobilanzierung. Die Bilanzierung darf dabei jedoch nicht lediglich pro Kubikmeter Beton betrachtet werden, sondern muss an funktional äquivalenten Bauteilen durchgeführt werden.

MODELL ZUR VORHERSAGE DER KARBONATISIERUNGSTIEFE VON KLINKERREDUZIERTEN BETONEN

Stefan Hainer, Tilo Proske

Beton ist “der Massenbaustoff” unserer Zeit, jährlich werden weltweit etwa 12 Milliarden Kubikmeter Beton verbaut. Die Herstellung des im Beton enthaltenen Zementes ist für etwa 5-8% der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Bei der Produktion von einer Tonne Portlandzementklinker werden ca. 700 kg CO₂ freigesetzt. Eine Reduzierung des Portlandzementklinkeranteils im Zement führt in der Regel jedoch zu einem verminderten Karbonatisierungswiderstand des daraus hergestellten Betons. Die Entwicklung von klinkerreduzierten und somit umweltfreundlicheren Betonen kann durch Vorhersagemodelle für dauerhaftigkeitsrelevante Betoneigenschaften vorangetrieben werden. Bereits existierende Modelle zur Vorhersage der Karbonatisierungstiefe sind unter anderem nicht für Betone anwendbar, die Zemente mit ökologisch vorteilhaften Hauptbestandteilen wie Kalkstein oder Hüttensand enthalten oder geringe Wasserzementwerte aufweisen. Um dem zu begegnen, wurde ein einfach anzuwendendes Modell für die Vorhersage der Karbonatisierungstiefe von klinkerreduzierten Betonen entwickelt (1). Das neu entwickelte Modell berücksichtigt zwei integrale Eingangsparameter, welche die Karbonatisierungstiefe beeinflussen: die Menge an karbonatisierbaren Bestandteilen und die Dichtigkeit des Betongefüges. Als Kennwert für die karbonatisierbaren Bestandteile dient der über die Molmassenverhältnisse der Hydratationsgleichungen berechnete Puffer an Calciumhydroxid (Ca(OH)₂) abzüglich der Menge, die für puzzolanische Reaktionen verbraucht wird. Die Gefügedichtigkeit des Betons wird vereinfachend über den Wasserdampfdiffusionswiderstand μ_n abgeschätzt, welcher sich über die Zementzusammensetzung und den Wasserzementwert bestimmen

lässt. Zur Vorhersage der Karbonatisierungstiefe kann Gleichung (a) angewendet werden. Die zu bestimmenden Exponenten (b_1 , b_2) und Beiwerte (c_1 , c_2) wurden an Ergebnissen umfangreicher experimenteller Untersuchungen kalibriert. Der Zusammenhang zwischen vorhergesagten und gemessenen Karbonatisierungstiefen nach einem Jahr Normklimalagerung (20°C, 65% r. F., 0,04 Vol.-% CO₂) ist Abbildung 1 zu entnehmen. Unabhängig von der Zementzusammensetzung und dem w/z-Wert bildet das entwickelte Modell die Karbonatisierungstiefen bzw. den Karbonatisierungswiderstand der untersuchten Betone gut ab.

$$x_{c,NAC365d} = \frac{1}{(Ca(OH)_2)^{b_1} \cdot \mu_n^{b_2}} \cdot c_1 - c_2 \quad (a)$$

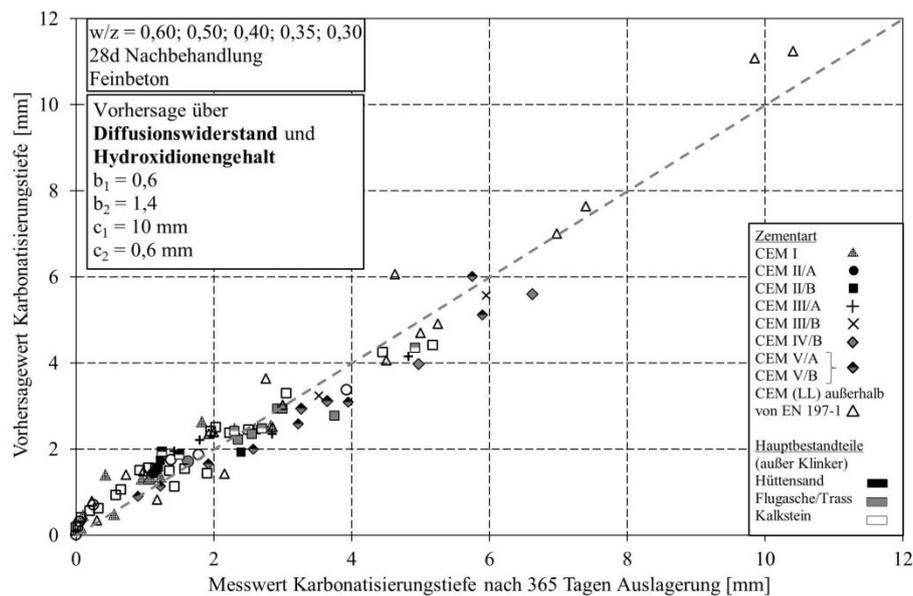


Abbildung 1: Vergleich von Messwert und Vorhersagewert der Karbonatisierungstiefe

- (1) Hainer, S.: Karbonisierungsverhalten von Betonen unter Einbeziehung klinkerreduzierter Zusammensetzungen - Ein Modell zur Abschätzung des Karbonisierungsfortschrittes. Dissertation in Vorbereitung, Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt, 2015.

BETONE AUS KLINKERARMEN ZEMENTEN MIT KALKSTEIN UND HÜTTENSAND

Moiens Rezvani, Tilo Proske, Carl-Alexander Graubner

Im Forschungsprojekt „Reduzierung der Umweltwirkung der Betonbauweise durch neuartige hüttensandhaltige Zemente und daraus hergestellter Betone“ wurden in Kooperation mit der Firma Spinner Zement und dem Verein Deutscher Zementwerke e.V. neuartige klinkerreduzierte Zemente mit großen Anteilen an Hüttensand und Kalkstein und deren Anwendbarkeit für den Betonbau untersucht. Gefördert wird das Projekt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Aus diesen Multikompositzementen mit stark reduziertem Klinkergehalt (bis zu 20 M.-%) können unter Ansatz üblicher Wasserzementwerte und Zementgehalte keine Konstruktionsbetone mit hinreichender Dauerhaftigkeit bzw. Druckfestigkeit hergestellt werden. Ein Einsatz dieser klima- und ressourcenschonenden Zemente zur Herstellung von Stahlbetonbauteilen ist jedoch bei Anpassung der betontechnologischen Randbedingungen insbesondere durch eine Reduzierung des w/z-Wertes möglich.

In ersten Versuchsreihen wurden im Labormaßstab Betone aus Zementen mit unterschiedlichen Hüttensand- und Kalksteinmehlgehalten hergestellt. Vorgenommen wurden experimentelle Untersuchungen zur Verarbeitbarkeit und zur Druckfestigkeit sowie zum Karbonatisierungswiderstand. Die Analyse der plastischen Viskosität (durchgeführt mit ICAR-Rheometer) zeigt, dass die plastische Viskosität bei abnehmendem Wasserzementwert stark ansteigt. Bei Wasserzementwerten kleiner als 0,35 ist die Verarbeitbarkeit des Betons als kritisch anzusehen. Die Ergebnisse der Untersuchung zur Druckfestigkeitsprüfung an Feinbetonen mit verschiedenen Wasserzementwerten und Zementzusammensetzung sind in Abbildung 1 dargestellt. Es

wird deutlich, dass die Druckfestigkeit bei abnehmendem Klinkergehalt stark abnimmt, wobei die Verwendung des Hüttensands die Druckfestigkeit positiv beeinflusst. Einen signifikanten Einfluss hat das $(\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$ -Verhältnis des Hüttensands auf die Druckfestigkeit.

Durch eine Verringerung des Wasserzementwerts kann die Druckfestigkeit bei sehr niedrigen Klinkergehalten deutlich gesteigert werden. Feinbetone aus Zementen mit einem Klinkergehalt von nur 20 M.-% und Kalksteinmehlgehalt von 50 M.-% erreichen bei einem Wasserzementwert von 0,35 eine Druckfestigkeit von etwa 40 N/mm².

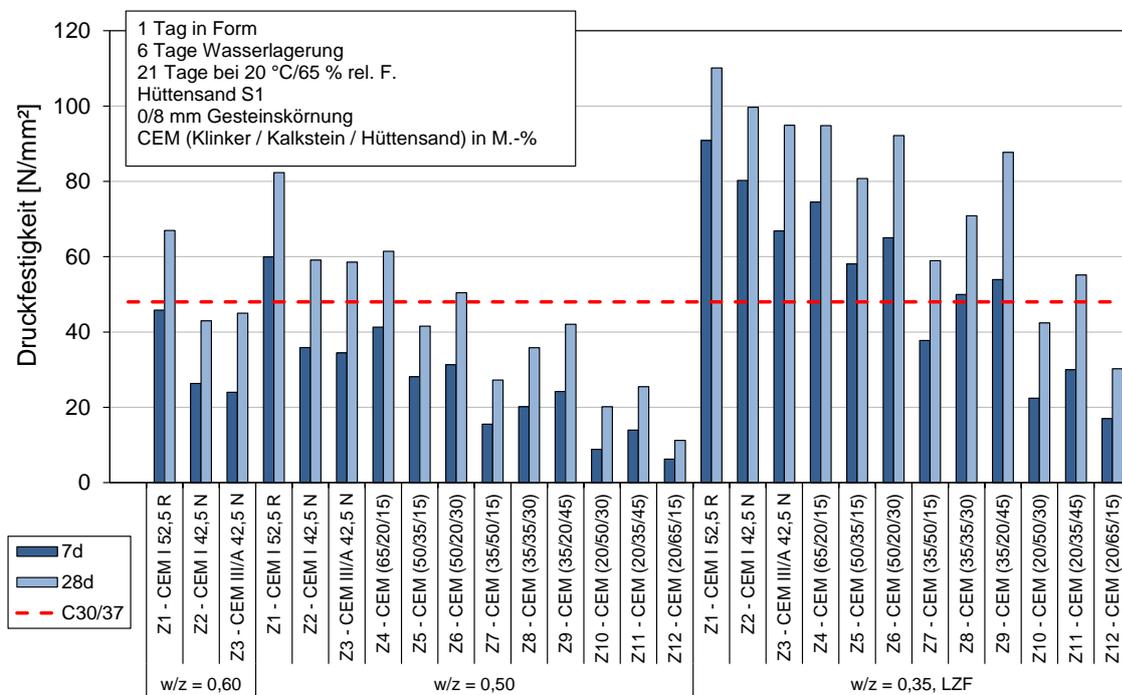


Abbildung 1: Druckfestigkeit der Feinbetone nach 7 und 28 Tagen

TROCKNUNGSSCHWINDEN BEI VERWENDUNG KALKSTEINREICHER ZEMENTE

Moien Rezvani, Tilo Proske

Die Reduzierung des Klinkerbedarfs in Zement und Beton kann zur Minimierung des Treibhauspotentials beitragen. Daher wurden umweltfreundliche Zemente mit einem Kalksteinmehlgehalt von bis zu 70 M.-% entwickelt. Der verringerte Klinker- und Wassergehalt und die erhöhte Packungsdichte beeinflussen die Meso- und Mikrostruktur des Zementsteins und damit das hydrate Verhalten und die Schwindverformung.

Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen wurde das Trocknungsschwinden von Zementstein aus Zementen mit hohen Kalksteinmehlanteilen untersucht. Es wurden Zementleimproben (Flachprismen $10 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$) aus verschiedenen Zementen mit Kalksteingehalten von 0, 30, 50 und 70 M.-% v. Z. in Anlehnung an EN 196-1 hergestellt. Variiert wurden der w/z-Wert und die Qualität des Kalksteinmehls (LL1 bis LL3). Die Proben wurden nach einem Tag ausgeschalt und im Anschluss an eine 6-tägige Wasserlagerung bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit gelagert. Die Messung der Schwindverformungen wurden mittels Setzdehnungsmesser durchgeführt.

Stellt man die Ergebnisse der Referenzproben aus CEM I den Werten der Proben aus Kalksteinzementen mit drei w/z-Werten 0,70, 0,60 und 0,35 gegenüber, schwindet die Mischung mit dem höheren w/z-Wert nach der Wasserlagerung mehr als die Mischungen mit den geringeren w/z-Wert (siehe Abbildung 1-(Links)). Weiterhin zeigt die Abbildung 1-(Links), dass je höher der Kalksteingehalt LL1 ist, das Schwindmaß geringer wird. Dies kann auf den kleinen Anteil an Zementsteingel sowie die Behinderung der Schwindverformung durch Kalksteinpartikel zurückgeführt werden. Wie aus Abbildung 1-(Rechts) ersichtlich, gibt es signifikante Unterschiede beim Schwindmaß

bzgl. der Anwendung von verschiedenen Kalksteinmehlen mit unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung. So wird deutlich, dass die Mischung mit dem Kalkstein LL3 (trotz einer vergleichbaren Wasserdesorption) das größte Schwindmaß aufweist, gefolgt von den Proben mit Kalkstein LL2 und LL1 [1]. Es wurde festgestellt, dass das Schwindmaß der Zementleimproben von den im Kalkstein enthaltenen Tonmineralien (vgl. Methylenblauwerte (nach EN 933-9)) sowie dem Alkaligehalt beeinflusst wird.

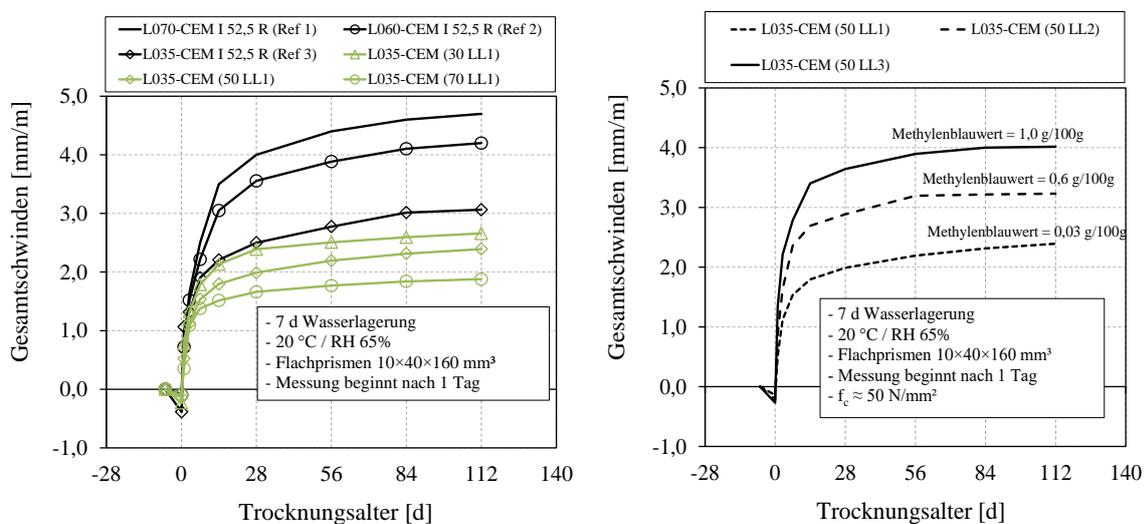


Abbildung 1: Schwindverformung der Zementleimproben

Ein Grund dafür kann in der Quellfähigkeit der Tonmineralien bei Wasserzugabe liegen. Bei Wasserzugabe nimmt der Spaltdruck im Zementsteinsystem zusätzlich durch hydraulische Abstoßkräfte zwischen den Tonmineralien zu. Dies kann später während des Austrocknungsprozesses zu einer größeren Schwindverformung führen. In weiteren Untersuchungen wird der Einfluss der rel. Luftfeuchtigkeit und des Alkaligehaltes des Kalksteins auf das Schwindmaß der Zementleimproben untersucht.

- (1) Rezvani, M.; Proske, T.; Graubner, C.-A.: Shrinkage of mortar samples made of limestone-rich cements. In: Proceedings of "Mechanics and physics of creep, shrinkage, and durability of concrete and concrete structures, CONCREEP-10, Wien, 2015.

INTERDISZIPLINÄRE OPTIMIERUNG ENERGETISCHER SANIERUNGEN IM WOHNUNGSBAU

Gerd Simsch

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt (1), gemeinsam durchgeführt vom Institut für Massivbau und dem Fachgebiet Immobilienwirtschaft und Baubetriebswirtschaftslehre, verfolgt das Ziel, durch einen Perspektivwechsel sowie technische und immobilienwirtschaftliche Lösungsansätze in der Bewertung die Nachhaltigkeit und Effizienz energetischer Sanierungen zu steigern und die derzeit bei unter einem Prozent liegende Sanierungsrate kurz-, mittel- und langfristig auf mehr als zwei Prozent zu erhöhen.

Dafür wurden einerseits erste Ansätze einer entscheidungsorientierten Wirtschaftlichkeitsrechnung entwickelt, von der Projektbetrachtung hin zu der Perspektive immobilienwirtschaftlicher Akteure. Andererseits wurden generelle Ansätze zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit energetischer Gebäudesanierungen auf den Ebenen einzelner Projekte und politischer Strategieansätze identifiziert.

In einem eng abgestimmten iterativen Prozess wurden von beiden Projektpartnern gemeinsam Sanierungsstrategien erarbeitet und in ihren Effekten hinsichtlich der Grenzkosten zur Endenergieeinsparung und des Global Warming Potentials unter Berücksichtigung definierter Rahmenbedingungen bewertet. In der interdisziplinären Zusammenarbeit wurden damit insbesondere diejenigen Instrumente identifiziert, die unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und technischer Effekte im Sinne der Aufwand-Nutzen-Effizienz einen besonders großen Beitrag für den Klimaschutz leisten.

Auf Basis verschiedener Sanierungsstrategien wurden aufbauend auf ausgewählten Case-Studies die effizientesten Maßnahmen aus der Perspektive der Akteure identifiziert und

beispielhafte Roadmaps zur energetischen Sanierung dargestellt. Untersucht wurden dabei Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser unterschiedlicher Gebäudetypologie.

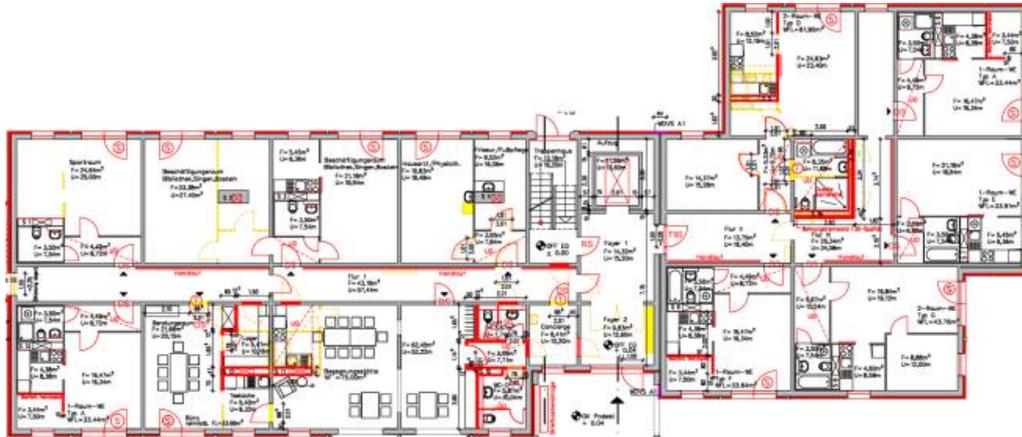


Abbildung 1: Beispiel eines untersuchten Mehrfamilienhauses MFH-Baualtersklasse H

Tabelle 1: Kennwerte des Mehrfamilienhauses MFH-Baualtersklasse H

Baujahr	1988	Außenwandfläche	1857,29m ²
Wohnfläche	2901,42m ²	Kellerdeckenfläche	841,78m ²
A/V-Verhältnis	0,29	Steildachfläche	841,78m ²
Vollgeschosse	4	Fensterfläche	591,08m ²

Die grundlegenden Sanierungsvarianten orientieren sich an den Forderungen aus Normung/Gesetz und Förderung. Dabei handelt es sich im Fall der EnEV und der KfW um prozentuale Grenzen bezogen auf das vorliegende Gebäude in Referenzausstattung der EnEV 2014.

Ferner liefert das Projekt erste Hinweise zu einer Anpassung der politischen Ansätze des Förderns und Forderns und damit eine Grundlage für politische Implikationen.

- (1) Pfnür, A., Simsch, G.; Müller, N.; Bewersdorff, D.: Entwicklung systemischer Instrumente zur Nachhaltigkeitsbewertung energetischer Gebäudesanierungen. Forschungsbericht Forum Interdisziplinäre Forschung. Darmstadt 2015

BEURTEILUNG DER EFFIZIENZ DER RESSOURCENINANSPRUCHNAHME IM BAUWESEN

Katharina Fritz, Carl-Alexander Graubner

Die Diskussionen über Ressourceneffizienz bzw. eine effiziente Verwendung von Ressourcen werden häufig auf eine rein rohstoff- bzw. massebasierte Betrachtung reduziert. Auch der Indikator Rohstoffproduktivität, der bisher im deutschen Ressourceneffizienzprogramm ProgRess zur Messung der Ressourceneffizienz herangezogen wird, bezieht lediglich die Rohstoffinanspruchnahme und das generierte Bruttoinlandsprodukt in die Berechnung ein. Neben Rohstoffen existieren jedoch viele weitere Ressourcen, die ebenfalls für eine ganzheitliche Betrachtung einer effizienten Ressourceninanspruchnahme beachtet werden müssen. Die einzelnen Ressourcen stehen zudem in gegenseitigen Wechselwirkungen, sodass eine isolierte Optimierung der Inanspruchnahme einer Ressource zu der Beeinträchtigung einer anderen Ressource führen kann. Diese Wechselwirkungen sind ersichtlich, wenn z. B. die Thematik der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes, die derzeit politisch stark forciert wird, näher betrachtet wird. Ziel der Sanierungsfahrpläne ist eine geringere Energieinanspruchnahme für die Temperierung von Gebäuden. Wenn der Fokus dabei aber alleinig auf einer Reduktion der Energieinanspruchnahme liegt, wird die durch die energetische Sanierung induzierte Inanspruchnahme anderer Ressourcen (z. B. Rohstoffe) nicht betrachtet. Dieses Beispiel zeigt, dass im Sinne der Ressourceneffizienz stets eine Optimierung aller Ressourceninanspruchnahmen stattfinden muss.

Am Institut für Massivbau wurde eine Bewertungssystematik entwickelt, die anhand von messbaren Kriterien eine solche ganzheitliche Bewertung der Ressourceneffizienz im Bauwesen erlaubt. Die sehr weit gefasste Ressourcen-Definition, die neben den natürlichen Ressourcen (Rohstoffe, Boden/Fläche, Wasser, Luft, Energie und Biodiversität) auch die ökonomischen Ressourcen Kapital, Arbeit und Zeit umfasst, bildet die Basis für die ent-

wickelte Bewertungssystematik. Durch passende Kriterien und zugehörige Indikatoren, die mittels der durch die amtliche Statistik zur Verfügung gestellten Datengrundlagen oder vergleichbarer Datenquellen bewertet werden sollen, wurden die Ressourcendefinition sowie die für Ressourceneffizienz im Bauwesen definierten Schutzziele operationalisiert. Die Betrachtungsperspektive der Bewertungssystematik ist auf die Mesoebene ausgerichtet, sodass die gesamte Wertschöpfungskette des Bauwesens auf einer sektoralen Ebene (Branche Bauwesen) bewertet werden kann. Die Bewertungssystematik ist somit nicht zur Anwendung auf der Mikroebene, also auf Ebene eines Einzelbauwerks (Gebäudes) konzipiert. Natürlich ist es dennoch möglich, anhand der auf der Mesoebene durchgeführten Bewertung Strategien und Handlungsempfehlungen für die Bauwerksebene abzuleiten. Die einzelnen Kriterien der Bewertungssystematik für Ressourceneffizienz im Bauwesen wurden abschließend der Nutzen- bzw. Aufwandsseite zugeordnet, um ggf. eine aggregierte Gesamtaussage zur Ressourceneffizienz des Bauwesens in Form einer Kennzahl berechnen zu können. Um die Transparenz der Bewertung zu gewährleisten wird jedoch parallel dazu eine Ausweisung der Einzelergebnisse im Dashboard, das die Kriterien anhand der gewählten Grundstruktur gliedert, empfohlen. Grundsätzlich kann die konzipierte Bewertungssystematik für Ressourceneffizienz im Bauwesen bereits in der Praxis angewendet werden, allerdings stellt die Art der Datenbereitstellung durch die amtliche Statistik derzeit noch ein Hemmnis dar. Die statistischen Daten werden zurzeit anhand der Klassifikation der Wirtschaftszweige gegliedert und vom statistischen Bundesamt kommuniziert. Die für die Ermittlung der Ressourceninanspruchnahmen innerhalb der Wertschöpfungskette des Bauwesens erforderlichen Daten können aufgrund dieser Klassifikation nicht direkt aus der Statistik entnommen werden, da diese z. B. die Herstellung aller Metallerzeugnisse in einer Abteilung gemeinsam erfasst und eine Zuordnung zu den Wertschöpfungsketten und damit den Branchen, die diese Metallerzeugnisse weiterverarbeiten, nicht vorgenommen werden kann. Dieses Hemmnis gilt es zukünftig zu überwinden, um die gesamte Wertschöpfungskette mit der Bewertungssystematik für Ressourceneffizienz im Bauwesen vollständig bewerten zu können und die Praxisrelevanz damit zu erhöhen.

MATRIXVORSCHLAG ZUR KATEGORISIERUNG KLIMANEUTRALER GEBÄUDE

Achim Knauff

Seit einigen Jahren wird immer wieder von klimaneutralen Gebäuden berichtet. Jedoch differieren die Interpretationen, was ein klimaneutrales Gebäude ausmacht. Ohne einen Bezug ist nicht definiert, ob die klimaneutrale Eigenschaft von der Gebäudekonstruktion (von den Baustoffen bis hin zu den Bauprozessen) ausgeht oder ob es sich hier um den zu deckenden Energiebedarf während der Nutzungsphase handelt. Für letzteren gilt es abzugrenzen, ob nur bestimmte Konditionierungsaufgaben oder der umfängliche Energiebedarf in die Bilanzierung einbezogen werden. Weiterhin muss die Art definiert werden, wie der Energiebedarf zu decken ist, damit dieser als klimaneutral bewertet werden darf.

Ausgleichsart Energiebedarfsart	Einkauf klimaneutr. Energie oder CO ₂ -Zertifikate	Eigenversorg. mit Interaktion öffentl. Energieinfrastruktur	Autarke klimaneutrale Eigenversorgung
Konditionierungsaufgaben EnEV	I	II	-
Gebäudebetrieb	I	II+	-
Gebäudebetrieb und Nutzung	I	II++	III
Gebäudekonstruktion	I	IV	VI
Gebäudelebenszyklus	I	V	VII

Tabelle 1: Matrixvorschlag zur Kategorisierung klimaneutraler Gebäude

Tabelle 1 enthält einen Vorschlag in Form einer Matrix zur Kategorisierung klimaneutraler Gebäude entsprechend der zu berücksichtigenden Energiebedarfs- und der Ausgleichsart, die im Folgenden erläutert wird. Die „Konditionierungsaufgaben EnEV“ umfassen den Energiebedarf für Heizung, Lüftung, Kühlung, Warmwasserversorgung und Beleuchtung gemäß der Energieeinsparverordnung (EnEV). Der „Gebäudebetrieb“ geht über diese Konditionierungsaufgaben hinaus und umfasst zusätzlich den Energiebedarf für die

Gesamtheit der Gebäudetechnik (dazu gehört auch Transport- und Sanitärtechnik, etc.). Die „Nutzung“ lässt sich deutlich vom Gebäudebetrieb abgrenzen und umfasst ausschließlich den Energiebedarf der Gebäudenutzer u. a. für Arbeitsplatzgeräte, Produktion und Verpflegung. Über die zuvor genannten Energiebedarfsarten hinaus ist ein signifikanter Anteil der Energieaufwendungen für ein Gebäude mit der „Gebäudekonstruktion“ (Baustoffe, Transport-, Errichtungs- und Rückbauprozesse) verbunden. Der „Gebäudelebenszyklus“ umfasst den Energiebedarf während der Nutzungsphase als auch für die Gebäudekonstruktion. Die Matrix in Tabelle 1 enthält ebenfalls die Unterscheidung der Ausgleichsarten. Mit dem „Einkauf klimaneutraler Energie oder CO₂-Zertifikaten“ handelt es sich um objektunabhängige Ausgleichsmaßnahmen, mit denen zwei unterschiedliche Wirkungen an zwei unterschiedlichen Orten verbunden sind. Bei der „Eigenversorgung mit Interaktion zur öffentlichen Energieinfrastruktur“ handelt es sich um objektspezifisch ausgelegte Erzeugersysteme, welche z. B. die fluktuierende Energieerzeugung erneuerbarer Energien mit dem öffentlichen Stromnetz ausgleichen. Die „autarke klimaneutrale Eigenversorgung“ stellt dagegen die ausschließliche Insellösung dar.

Die Kategorisierung klimaneutraler Gebäude erfolgt nach dem Schwierigkeitsgrad, die jeweilige Kategorie zu erreichen. Dabei werden objektunabhängige Ausgleichsmaßnahmen prinzipiell als „Kategorie I“ bewertet, da diese unberücksichtigt der Energieeffizienz eines Gebäudes umsetzbar sind. Daher bieten diese Ausgleichsmaßnahmen nur geringe Anreize für eine Optimierung an. Bei einer vorliegenden Eigenversorgung ist ein Gebäude dagegen mindestens in „Kategorie II“ einzugruppieren. Je nach Skalierung der Erzeugersysteme (und somit des abdeckbaren Energiebedarfs) erfolgt eine Aufwertung in „Kategorie II+ und II++“. Gebäude mit einer autarken klimaneutralen Eigenversorgung sind sogar in „Kategorie III“ einzustufen, da das eigene Lastmanagement zur Sicherstellung der dauerhaften Versorgung einen zusätzlichen Schwierigkeitsgrad darstellt. Sobald die Gebäudekonstruktion in die Bewertung mit einfließt ist ein derartiges Gebäude in die „Kategorien IV bis VII“ einzuordnen. Zusätzlich zu bewerten wären dann u. a. die Art des Herstellprozesses der Baustoffe und die Art der notwendigen Bauprozesse des Gebäudes.

ÜBERLEGUNGEN ZU EINEM KENNZAHLENSYSTEM FÜR DIE BAULOGISTIK

André Tischer

Die Baulogistik beschäftigt sich mit der optimalen und effizienten Planung, Steuerung und Unterstützung von Organisationsaufgaben in der Bauabwicklung. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine optimal ausgestaltete Baulogistik ist die frühzeitige und richtige Planung logistischer Abläufe. Hierzu müssen Informationen bereitgestellt werden, die es ermöglichen, eine zielgerechte Bedarfsplanung der Baulogistik zu erarbeiten, um logistische Ressourcen und Kapazitäten optimal und projektspezifisch auf Baustellen zu verteilen. Hierzu gehören beispielsweise die Ermittlung des benötigten baulogistischen Personals, notwendiger logistischer Materialien und Geräte, oder der bereitzustellenden Lager- und Materialumschlagsflächen.

Voraussetzung zur Erfüllung dieser Planungsaufgabe ist eine möglichst gesicherte Bedarfsplanung der Baulogistik. Problem hierbei ist jedoch, dass der Bedarf mit den bekannten, vom Bauherrn bereitgestellten Informationen oftmals nur schwer oder gar nicht prognostizierbar ist. Aufgrund mangelnder Informationsbereitstellung und -verarbeitung fehlen geeignete Planungskenngrößen, wie die zu erwartenden Materialanlieferungen und die zu entsorgenden Abfallmengen für die Bauzeit. Hier kann ein Kennzahlensystem Abhilfe schaffen, das für die Logistikplanung aufbereitete Informationen bereits abgeschlossener, gleichartiger Bauprojekte bereitstellt.

Für den Aufbau eines baulogistischen Kennzahlensystems lassen sich zwei wesentliche Motivationsstränge identifizieren. Zum einen ist es für eine optimale Logistikplanung essentiell, durch Abrufen bauprojektspezifischer Stammdaten, wie Bruttogrundfläche, Bauzeitenplan oder Lageplan, vom Bauherrn detaillierte Informationen über das logistisch

zu planende Bauvorhaben zu erhalten. Nur so kann eine optimale logistische Bedarfs- sowie Ressourcen- und Kapazitätsplanung erstellt werden. Wichtig hierbei ist, dass aus bereits abgeschlossenen Bauprojekten Vergangenheitsgrößen vorliegen, die Auskunft über zu erwartende Materialströme geben, da nur mit Informationen wie den zu erwartenden „LKW-Anlieferungen pro Projektzeitraum“ oder den zu erwartenden „Gesamtabfallmengen pro Projektzeitraum“ logistische Bedarfsprognosen und Kalkulationen aufgestellt werden können. Zum anderen sollte die Baulogistikplanung auch gegenüber der Öffentlichkeit eine genaue Prognose der zu erwartenden Verkehrsströme und verkehrlichen Mehrbelastungen rund um das Baufeld eines Bauprojekts liefern können. Es muss sichergestellt sein, dass ein Baulogistikkonzept verkehrliche Mehrbelastungen rund um ein Bauvorhaben auffangen kann, sprich optimal auf die zu erwartenden Materialströme ausgelegt ist. Hierzu bedarf es wiederum Kennzahlen, die einer frühzeitigen, logistischen Bedarfs- und Ressourcenplanung zur Verfügung stehen.

Aus den vorgenannten Überlegungen lässt sich ableiten, dass der Aufbau und die Anwendung eines Kennzahlensystems für die Baulogistik in die Erstellung einer entsprechenden kennzahlengestützten Datenbank münden sollte. Eine derartige *Baulogistik-Datenbank* beinhaltet Kennzahlen, die *Eingangsrößen* der Datenbank sind und mit geringem Aufwand vom Bauherrn abgefragt werden können. Diese „*Strukturkennzahlen*“ setzen sich aus Kenngrößen wie dem „Baustellentyp“, dem „Gebäudetyp“, der „Bruttogrundfläche“ oder dem „Projektvolumen“ eines Bauvorhabens zusammen. Auf der anderen Seite beinhaltet eine Baulogistik-Datenbank *Ausgangsgrößen*, die als Informationen bereits abgeschlossener Bauprojekte der baulogistischen Planung zur Verfügung stehen. Hierbei handelt es sich um „*Planungskennzahlen*“, dies können beispielsweise Kenngrößen wie die Anzahl an „Materialanlieferungen pro Projektphase“ oder das „Bauabfallaufkommen pro Quadratmeter Bruttogrundfläche“ sein.

Die bauprojektspezifische Ermittlung von logistischen Kennzahlen mit Hilfe einer Baulogistik-Datenbank fördert die optimale und richtige, auf ein Bauvorhaben ausgelegte, logistische Bedarfs-, Ressourcen- und Kapazitätsplanung.

BEWERTUNG DER NUTZUNGSFLEXIBILITÄT BEI DER BERECHNUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN

Gökhan Uysal, Carl-Alexander Graubner

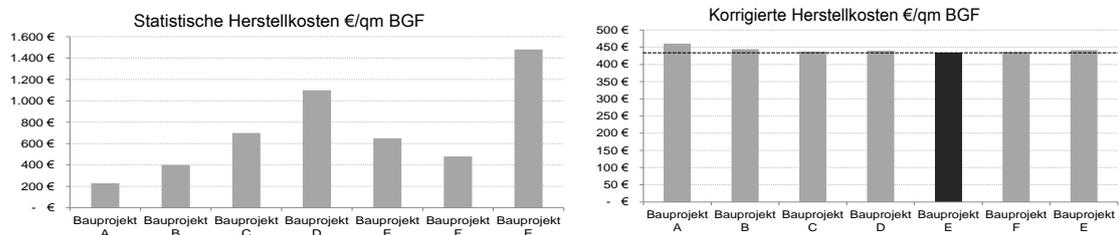
Im vorliegenden Ansatz wurde eine Methode für die robuste Ermittlung von Korrekturfaktoren entwickelt. Dies ermöglicht die Berücksichtigung der Gebäudeflexibilität innerhalb der Lebenszykluskostenberechnung bei Industriebauten. Die wesentliche Herausforderung bei Faktorenmodellen ist die valide Bestimmung der Höhe von Korrekturfaktoren. Dieses wichtige Thema wird sogar in der einschlägigen Literatur wie der ISO 15686 völlig außer Acht gelassen, obwohl die Berechnungsergebnisse maßgeblich von den Korrekturfaktoren beeinflusst werden.

Da Gebäudeflexibilität als Kostentreiber in seiner Einflussstärke mit üblichen statistischen Verfahren wie der multiplen Regressionsanalyse oder der AHP-Methode nicht quantifiziert werden kann, wurden mehrere Verfahren kombiniert. Das Berechnungsprinzip ermöglicht es, Korrekturfaktoren durch eine iterative Adjustierung an bestehende statistische Kennwerte zu bestimmen und zu validieren. Zudem bietet es die Möglichkeit, das angestrebte Flexibilitätsniveau bei zukünftigen Bauprojekten in die Lebenszykluskostenberechnung zu integrieren. Wie in der Abbildung 1 dargestellt basiert dabei die Berechnungslogik auf einem zweistufigen Vorgehen.

Bei der Stufe 1, der Adjustierung, werden die Korrekturfaktoren einzelnen Flexibilitätstreibern zugeordnet und von Experten in ihrer Höhe geschätzt (bspw. mithilfe der AHP-Methode ermittelt). Die Höhe des Faktors wird solange iterativ eingestellt (Faktorhöhe und Flexibilitätsniveau des ausgewerteten Projektes), bis alle Kostenabweichungen der betrachteten Projekte zu einem gegebenen Grenzwert (z. B. + / - 5%) durch die Korrekturfaktoren beschrieben werden können. Das Ergebnis der

iterativen Adjustierung ist der Abbildung 1 unter korrigierte Herstellkosten €/m² BGF zu entnehmen. Ausgehend vom zentralen Grenzwertsatz und der Annahme, dass Kosten normalverteilt sind, sollten alle Faktoren min. anhand von 30 Projekten adjustiert werden. Nach der Adjustierung in der Stufe 1 können nun in der Stufe 2 die Flexibilitätskosten eines neuen Bauprojekts ermittelt werden. Hierfür wird ein Ausgangswert benötigt, der mit den Flexibilitätsfaktoren multipliziert wird. Als Ausgangswert kann z. B. der niedrigste (schwarzer Balken in Abbildung 1) oder der Durchschnittswert der korrigierten Herstellkosten angesetzt werden. Die Abbildung 1 gibt nochmals einen Überblick über das zweistufige Vorgehen sowie die zugrundeliegenden Berechnungsformeln.

1 Iterative Adjustierung der Korrekturfaktoren an statistische Kostenkennwerte durch Division



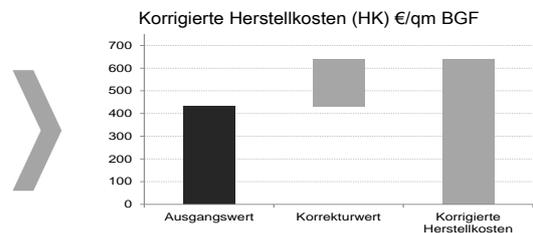
2

Korrekturfaktoren	Universalität	Skalierbarkeit	Modularität	Revisionierbarkeit	Trennbarkeit
äußerst niedrig	-0,50	-0,20	-0,20	-0,15	-0,04
sehr niedrig	-0,30	0,15	-0,15	-0,08	-0,03
niedrig	-0,20	0,10	-0,10	-0,05	-0,02
unterdurchschnittlich	-0,10	-0,05	-0,05	-0,02	-0,01
durchschnittlich	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
überdurchschnittlich	0,20	0,30	0,05	0,02	0,01
hoch	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02
sehr hoch	0,55	0,25	0,15	0,08	0,03
ausgezeichnet	0,70	0,50	0,30	0,15	0,04

$$\text{Korrigierte HK} \left[\frac{\text{€}}{\text{qm}} \text{ BGF} \right] = \frac{\text{Statistische HK} \left[\frac{\text{€}}{\text{qm}} \text{ BGF} \right]}{KF_{\text{Universalität}} + KF_{\text{Skalierbarkeit}} + KF_{\text{Modularität}} + KF_{\text{Revisionierbarkeit}} + KF_{\text{Trennbarkeit}}}$$

Kostenbewertung des angestrebten Flexibilitätsniveaus eines Neubauprojekts durch Multiplikation

Flexibilitätsbewertung	Zu bewertendes Bauprojekt	Korrekturfaktor
Ausgangswert		433 €
Universalität	überdurchschnittlich	0,2
Skalierbarkeit	hoch	0,2
Modularität	niedrig	-0,1
Revisionierbarkeit	ausgezeichnet	0,15
Trennbarkeit	sehr hoch	0,03
Flexibilität		1,48
Korrigierte Herstellkosten		641 €



$$\text{Korrigierte HK} \left[\frac{\text{€}}{\text{qm}} \text{ BGF} \right] = \text{Ausgangswert} \left(\min \left(\text{Korrigierte HK} \left[\frac{\text{€}}{\text{qm}} \text{ BGF} \right] \right) \right) \times (KF_{\text{Universalität}} + KF_{\text{Skalierbarkeit}} + KF_{\text{Modularität}} + KF_{\text{Revisionierbarkeit}} + KF_{\text{Trennbarkeit}})$$

Abbildung 1: Faktorenberechnung zur Bestimmung der Kosten der Gebäudeflexibilität

LEBENSZYKLUSKOSTENANALYSE EINES PLUSENERGIEGEBÄUDES MIT ELEKTRISCHEM BEHEIZUNGSSYSTEM

Claudia Weißmann

Beheizungssysteme, die mit Strom betrieben werden, galten in der Vergangenheit häufig als energetisch ineffizient. Werden diese allerdings in einem Plusenergiegebäude eingesetzt, das über das Jahr mehr Strom erzeugt als es verbraucht und somit auch das elektrische Heizsystem zum Teil über regenerative Energien betreiben kann, könnte der Einsatz hingegen energetisch sinnvoll sein. Dieses Beheizungskonzept wird im Effizienzhaus-Plus in Lüneburg ($129 \text{ m}^2_{\text{Wohnfläche}}$) angewendet, das als Passivhaus konzipiert wurde und daher einen besonders niedrigen Heizwärmebedarf ($11 \text{ kWh/m}^2_{\text{ANa}}$) vorweisen kann.

Ziel einer durchgeführten Analyse war es, die ökonomische Qualität dieses Gebäudekonzeptes über die Lebenszyklusphasen Herstellung und Nutzung zu überprüfen. Hierfür wurde die Methoden Lebenszykluskostenrechnung (Life Cycle Costing - LCC) angewendet. Dabei wurde das vereinfachten Verfahren nach dem Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) genutzt, um einen Vergleich der Ergebnisse mit den Benchmarks für konventionelle Gebäude zu ermöglichen.

Betrachtet man zunächst die Energiebilanz des Gebäudes (Abbildung 1), so werden zuerst die extremen Überschüsse in den Sommermonaten deutlich (Jahresüberschuss von 7.300 kWh). Allerdings ist der Eigenverbrauchsanteil sehr gering. So wird auch das elektrische Beheizungssystem nur zu ca. 30 % aus erneuerbarer Energie versorgt. Insofern ist das Zusammenspiel zwischen Photovoltaikanlage und Elektroheizung noch nicht optimal. Da der Primärenergieverbrauch mit $110,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ kleiner ist als der Grenzwert, den das Passivhausinstitut definiert hat ($120 \text{ kWh/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$), ist das Gebäude hinsichtlich seines Stromverbrauchs dennoch als sehr effizient zu klassifizieren.

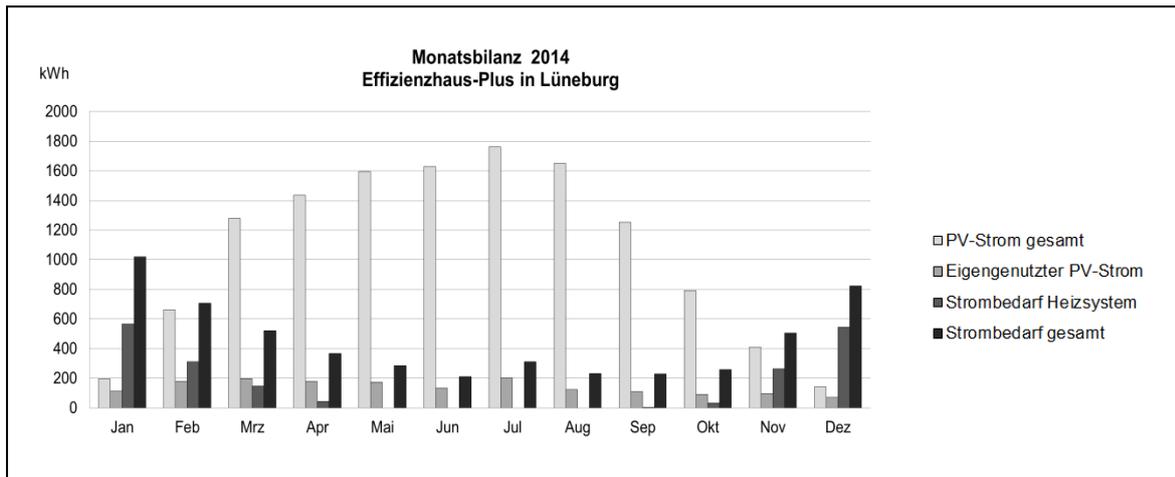


Abbildung 1: Monatliche Energiebilanz des Effizienzhaus-Plus in Lüneburg

Das Ergebnis der Lebenszykluskostenrechnung ergibt, dass das Gebäude den minimalen Grenzwert des DGNB Zertifikats knapp erfüllt und 11 von 100 Punkten erreicht. Eine Erweiterung der Bilanzgrenze um die Erträge aus der Einspeisevergütung für den Photovoltaikstrom, führt zu einer Approximation an den Referenzwert von 50 Punkten. Dies zeigt, dass die von der Photovoltaik-Anlage produzierte Energiemenge einen starken Einfluss auf das Ergebnis hat. Aufgrund der hohen Herstellungskosten (Abb. 2) besteht dennoch eine deutliche Differenz zwischen den berechneten Lebenszykluskosten (2.390 €/m² Wohnfläche) und dem Zielwert des DGNB Zertifikats (1.772 €/m² Wohnfläche) (Abb. 3). Selbst unter Berücksichtigung hoher Einspeisevergütungen (17,7 Cent/kWh, Inbetriebnahme in 2012) kann dem Gebäude somit keine gute ökonomische Qualität attestiert werden. Bei einer gegenwärtigen Inbetriebnahme würde sich das Ergebnis zudem verschlechtern, da die Einspeisevergütung auf 11,97 Cent/kWh gesunken ist und gemäß EEG 2014 die Eigenversorgungs-EEG-Umlage auf den Eigenverbrauchsanteil bei Anlagen >10 kWp zu entrichten ist.



Abbildung 2: Lebenszykluskosten absolut über 50 Jahre, diskontiert auf das Jahr 0

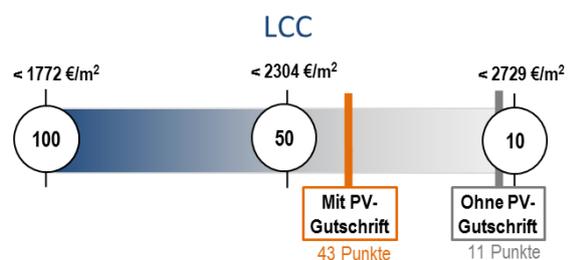


Abbildung 3: DGNB-Bewertung

NEUES BEWERTUNGSSYSTEM FÜR NACHHALTIGKEIT SEKUNDÄRER BAUPROZESSE IM HOCHBAU

Patrick Wörner, Fabian Staab, Sebastian Pohl

Gebäude und bauliche Anlagen tragen in signifikanter Weise zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung bei und sind vor allem als Wohn- und Arbeitsumgebung von großer Bedeutung (vgl. 1). Die Prozesse der Bauwerkserstellung leisten einen existentiellen und damit unabdingbaren Beitrag zur Schaffung einer sicheren und behaglichen gebauten Umwelt. Zugleich sind Baustellen wegen ihrer originären Funktion als Arbeitsstätte unter freiem Himmel eine potenzielle Quelle verschiedener globaler und lokaler Umweltwirkungen. Ein nicht unerheblicher Energieverbrauch und die Verursachung von Emissionen sind nicht von der Hand zu weisen, ebenso wenig das mitunter hohe Abfallaufkommen sowie eine gewisse Lärm- und Staubbelastung. Durch Bautätigkeiten kann es zu Behinderungen des Straßenverkehrs und der Begehbarkeit öffentlicher Bereiche kommen. Viele dieser Wirkungen gehen von *sekundären Bauprozessen* aus, die nicht direkt zur Wertschöpfung und dem Endprodukt der Baumaßnahme beitragen, sondern lediglich einen unterstützenden Charakter aufweisen. Entsprechende Optimierungen unter dem Primat der Nachhaltigkeit sind nicht nur gesellschaftlich und seitens des Gesetzgebers erwünscht, sondern dienen auch als Ansatzpunkt zur Effizienzsteigerung und Kostenminimierung.

Die gängigen nationalen Nachhaltigkeitszertifizierungssysteme des *Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen (DGNB)* konzentrieren sich auf Gebäude als Ergebnis einer wertschöpfenden Bautätigkeit. Dabei werden die nicht-wertschöpfenden, unterstützenden Sekundärprozesse teilweise ausdrücklich von der Bewertung ausgeschlossen oder sind nur Gegenstand von rudimentären Bewertungen und Optimierungen. Da der potenzielle

Beitrag sekundärer Bauprozesse auf die Nachhaltigkeit der Bauausführung nicht abgestritten werden kann, arbeitet das Institut für Massivbau in Kooperation mit seinem Spin-off *LCEE Life Cycle Engineering Experts* und im Rahmen der Forschungsinitiative *Zukunft Bau* an der Entwicklung eines standardisierten Bewertungssystems. Dieses schließt die beschriebene Lücke und ermöglicht somit eine vollständige Abbildung der Bauaktivitäten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit. Hierfür ist es zunächst erforderlich, ein Zielwertsystem zu entwickeln, in dem aus entsprechenden Schutzziele einzelne Bewertungskriterien abgeleitet werden können. Diese werden inhaltlich mit quantitativen Indikatoren und qualitativen Anforderungsniveaus gefüllt, um die Nachhaltigkeit im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung fachlich fundiert und objektiv beurteilen zu können.

Inhaltlich folgt das hieraus entstandene System dem gängigen „Drei-Säulen-Modell“ der Nachhaltigkeit, wonach sich eine nachhaltige Entwicklung nur bei gleichzeitiger Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und soziokultureller Ziele verwirklichen lässt. Somit zielt das neue System nicht nur auf eine umweltverträgliche Gestaltung der Bauprozesse ab, sondern umfasst neben Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auch die Erfüllung gesellschaftlicher Zielsetzungen. Die Untersuchung der ökologischen Bauprozessqualität beinhaltet neben Ermittlungen des Primärenergiebedarfs und der Emissionswerte von Treibhausgasen vor allem eine Analyse des Bauabfallmanagements und des praktizierten Boden- und Grundwasserschutzes. Im Sinne der ökonomischen Optimierung werden Kosten und Produktivität einer genaueren Betrachtung unterzogen. Auf Seiten der soziokulturellen und funktionalen Qualität stehen Fragen des Arbeits-, Staub- und Lärmschutzes sowie Maßnahmen zur Erhöhung von Effizienz und Flexibilität der Bauprozesse im Vordergrund. Abschließend wird eine Querschnittsqualität durch die Betrachtung organisatorischer und personeller Aspekte bei Planung, Ausschreibung, Vergabe und Management sekundärer Bauprozesse bewertet.

- (1) BMVBS (2013): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.

PFINGSTEXKURSION NACH BERLIN

Benjamin Koob, Peter Ramge

Die alljährlich in der Woche nach Pfingsten stattfindende Gemeinschaftsexkursion des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt (Professor Graubner) und der Fachgebiete Massivbau (Professor Schnell) und Stahlbau (Professor Kurz) der TU Kaiserslautern führte die 43 Studierenden sowie ihre Betreuer in diesem Jahr in die Hauptstadt nach Berlin. Vom 26.05. bis zum 29.05.2015 warteten dort sowie auf dem Weg dorthin wieder einige spannende Baustellen auf die Reisegruppe.

Die Exkursion begann am Dienstagmorgen pünktlich um 7:30 Uhr am Darmstädter Hauptbahnhof; die Darmstädter wurden von der Gruppe aus Kaiserslautern mit dem Bus abgeholt. Auf dem Programm stand an diesem Tag die Busfahrt nach Berlin mit Zwischenstopps in Würzburg und in Grimma. Während in Würzburg auf dem Gelände der staatlichen Feuerweherschule eine sich im Bau befindliche Übungshalle zur Ausbildung der Feuerwehrführungskräfte besichtigt werden konnte, lag in Grimma der Fokus auf der wiederaufgebauten Pöppelmannbrücke und den umfangreichen Hochwasserschutzmaßnahmen. Am Mittwoch warteten dann in Berlin interessante Baustellen auf die Reisegruppe: das 12stöckige Bürogebäude „50 Hertz“, bei dem die äußeren Stützen deutlich geneigt stehen, die neue Spreebrücke in Treptow als Stahlfachwerkträger und der 16. Bauabschnitt der A100. Dieser erstreckt sich über 3,2 Kilometer und wird komplett im Trog bzw. im Tunnel erstellt. Zum Abschluss des Tages führte eine Fahrt mit dem schnellsten Fahrstuhl Europas auf das Dach des Kollhoff-Towers am Potsdamer Platz. Der dritte Exkursionstag stand im Zeichen des Schiffshebewerkes in Niederfinow. Hier erwartete die Teilnehmer zunächst eine ausführliche Führung über die Baustelle des neuen Hebewerkes und anschließend eine Bootsfahrt inklusive einer Schiffshebung im alten

Hebewerk. Zurück in Berlin gedachte die Gruppe bei einer Führung durch das Holocaust-Mahnmal den verfolgten und ermordeten Juden Europas, bevor der letzte Abend bei einem gemeinsamen Abendessen seinen Ausklang fand. Auf der Rückfahrt nach Darmstadt konnten die Teilnehmer noch bei einer Führung durch das Werk der Firma ArcelorMittal in Brehna die Herstellung von Sandwichelementen kennenlernen. Außerdem erfuhren die Studierenden bei einem Halt am Neubau des Universitätsklinikums in Jena, welche Herausforderungen insbesondere im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung beim Bau eines Krankenhauses gemeistert werden müssen.



Abbildung 1: Gruppenbild der Darmstädter Teilnehmer auf dem Schiffshebewerk

Insgesamt wurde somit die gesamte Bandbreite von bereits fertiggestellten Objekten bis hin zu noch in der Planung befindlichen Projekten abgedeckt. Doch auch der kulturelle Aspekt kam dabei nicht zu kurz und sorgte für eine gesunde Mischung. Für die großzügige finanzielle Unterstützung der Exkursion durch den Verein der Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt möchten wir uns nochmals herzlich bedanken.

Die Pfingstexkursion 2016 wird wieder vom Institut für Massivbau der TU Darmstadt organisiert. Der Termin ist mit 17.05.2016 bis 20.05.2016 bereits festgelegt.

BETONKANUREGATTA 2015 – „CHAMÄLEON“ GEWINNT PLATZ 3 IN DER KONSTRUKTIONSWERTUNG

Peter Ramge

Vom 19. bis 20. Juni 2015 fand in Brandenburg an der Havel auf dem Beetzsee die 15. Deutsche Betonkanu-Regatta statt. Dieses Jahr nahmen mehr als 1000 Studierende und Auszubildende von insgesamt 45 Hochschulen teil. Darunter auch das Team der TU Darmstadt, das mit dem Wettkampfboot „Chamäleon“ antrat. Das Kanu wurde von den Studierenden ab Herbst 2014 selbständig neu entwickelt und gebaut. Dabei wurde weder auf eine vorhandene Schalung noch auf eine alte Konstruktionsidee zurückgegriffen. Das dominierende Gestaltungs- und Konstruktionselement ist dieses Mal die modulare Bauweise. Das Kanu besteht aus mehreren jeweils einen Meter langen Segmenten. Das Mittelsegment weist einen konstanten Querschnitt auf. Die einseitig spitz auslaufenden Bug- und Hecksegmente sind formgleich und werden durch Zwischenschaltung je eines Übergangsegments mit dem Mittelsegment verbunden. So sind insgesamt nur drei unterschiedliche Schalungsformen notwendig um alle Segmente herzustellen. Theoretisch kann das Kanu durch Einschaltung weiterer Mittelsegmente beliebig verlängert werden.



Abbildung 1: Die Betonschrauben für das Kanu: Bewehrung (links), Schalungsteile (Mitte) und fertige Schraube mit Mutter (rechts)

Bei der Montage werden die mit Nut- und Federsystem ausgestatteten Segmente zunächst mit den in Abbildung 1 dargestellten Betonschrauben verbunden. Die verwendeten Schrauben und Muttern aus Feinbeton wurden dafür einzeln in eigens angefertigten Schalungen hergestellt. Seine volle Tragfähigkeit und Stabilität erhält das Boot schließlich durch eine interne verbundlose Vorspannung, die durch je ein Stahlseil in den beiden oberen Rändern und eines im Kiel realisiert wurde.

Gerade diese technisch anspruchsvolle Kombination aus Schraubverbindung und interner Vorspannung hat zusammen mit der handwerklich akkuraten Verarbeitung und der Farbgestaltung den entscheidenden Ausschlag bei der Juryentscheidung gegeben und so den 3. Platz in der Konstruktionswertung für die TU Darmstadt gesichert. Wie auch einige Boote der letzten Jahre kann das „Chamäleon“ am Campus Lichtwiese auf dem Freigelände zwischen neuem und altem Bauingenieurgebäude bewundert werden.



Abbildung 2: Das fertige „Chamäleon“ kurz vor der Abfahrt zur Regatta

Im Namen des ganzen Teams bedanken wir uns bei den Sponsoren, die uns mit Geld- oder Sachspenden unterstützt und somit eine Teilnahme überhaupt erst ermöglicht haben. Insbesondere ist hier die großzügige Unterstützung durch die Freunde des Instituts für Massivbau der TU Darmstadt e.V. zu nennen.