



# DER PRÜFINGENIEUR

Das Magazin der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik

- Die Prüferingenieure intensivieren ihre künftige berufspolitische Arbeit
- PRB deckt bislang unerkannte Defizite der Normungsarbeit auf
- NRW: Die neue LBO gibt dem mehrgeschossigen Holzbau neue Impulse
- Carbonbeton auf dem Vormarsch: leicht, flexibel und extrem formbar
- Technisch höchst diffizil: Planung und Prüfung fünf neuer Schleusen
- Die Instandhaltung der Wasserbauwerke an den Bundeswasserstraßen
- BIM verlangt reiche Erfahrung mit der Modellbildung von Tragwerken
- Die Schwächen der Bauproduktenverordnung erheischen ihre Novellierung
- Neue Haftungsrisiken für Prüfer durch die MBO 2016 und die MVV-TB



# Es ist höchste Zeit zum Handeln



**Dr.-Ing. Markus Wetzel**  
Präsident der Bundesvereinigung der Prüfindgenieure für Bautechnik (BVPI); Berater der Ingenieur VBI, Prüfindgenieur für Bautechnik VPI, Partner der Wetzel & von Seht Beratende Ingenieure im Bauwesen GbR (Hamburg, Berlin)

Langsam wird es eng für die bautechnische Sicherheit in unserem Land – und damit auch für uns freiberufliche Bauingenieure und Prüfindgenieure bzw. Prüfsachverständige. Wenn wir nicht aufpassen, werden wir in absehbarer Zukunft zu einer kleinen Gruppe statischer Rechenkünstler degradiert, die von Kaufleuten, Juristen und Marketingleuten majorisiert werden. Und dann wird von uns als Angehörige eines freien Berufsstands nicht mehr viel übrigbleiben.

Das hat die diesjährige Arbeitstagung der BVPI in Potsdam deutlich gezeigt. Wer beispielsweise den Vortrag über eine mögliche dreistufige Qualitätskette im Betonbau oder die Prognosen des Ministerialdirektors a.D. Michael Halstenberg im Hinblick auf die Entwicklung des nationalen Bauproduktenrechts gehört hat (siehe Seite 6), der darf sich ohne Zweifel Sorgen machen.

Wer zusätzlich daran denkt,

- dass der Bundesgerichtshof die Amtshaftung der Prüfsachverständigen gekippt hat,
- dass im Zuge der Einführung neuer Normen Entscheidungen vorbereitet werden, nach denen externe bautechnische Prüfungen nur noch für große, mit hohen sicherheitsrelevanten Risiken behaftete Bauvorhaben die Regel sein könnten und
- dass die derzeitigen Normen uns mittlerweile zu Lasten unserer fachlichen Kreativität strangulieren,

der wird erkennen müssen, dass die Bundesrepublik in europäischen Entscheidungsfindungsprozessen nicht vehement genug auf die Einhaltung unserer bewährten Qualitätsstandards geachtet hat und die Zeit zum Handeln gekommen ist.

Wie können wir uns wehren gegen die Folgen einer von Wirtschaftsinteressen geprägten Politik, nach der alle vermeintlichen Handels- oder Dienstleistungshemmnisse grundsätzlich zugunsten eines großen freien Marktes aus dem Weg zu räumen seien? Milde lächelnd geht dabei die Kommission auch über schwerwiegende sicherheitstechnische Be-

denken hinweg – wie der Hochhausbrand in Grenfell, London, gezeigt hat.

Sie will unbeirrbar in Europa durchsetzen, dass die unkontrollierbare Freiheit der Vermarktung der Produkte wichtiger sei als deren Gehalt an bautechnischer Sicherheit für die Menschen und deren Hab und Gut – mit anderen Worten: die Vermarktung der Produkte ist gegenüber der bautechnischen Sicherheit ebendieser Produkte zu priorisieren.

Die bautechnische Sicherheit liegt nach wie vor in der Verantwortung der Mitgliedstaaten. Diese stehen nun vor der Aufgabe, für die Praxis zuverlässige und juristisch unangreifbare Synthesen der Freiheit des Marktes und der Sicherheit der Bevölkerung bzw. ihrer Bauwerke zu entwickeln.

Diese Fusion von Marktfreiheit und Sicherheit wird aber nur dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn der bautechnischen Sicherheit gesellschaftspolitisch der Stellenwert gegenüber den „vertriebsorientierten Zielen“ der Ökonomie zugestanden wird, der für eine handhabbare Kontrolle der Produkteigenschaften und somit zum Schutz von Leib und Leben erforderlich ist.

An dieser Stelle stehen wir Prüfindgenieure bereit. Wir sind wegen unserer Ausbildung, beruflichen Erfahrung und hoheitlichen Anerkennung diejenige Berufsgruppe, die die Politik und die Administration unterstützen kann, den Spagat zwischen Markt und Sicherheit in Einklang zu bringen. Denn wer, wenn nicht die wirtschaftlich und technisch unabhängigen Prüfindgenieure bzw. Prüfsachverständigen, soll es sein, der dem Staat und seinen Bürgern jene Sicherheit bestätigen kann, die wir seit Jahrhunderten gewohnt sind?

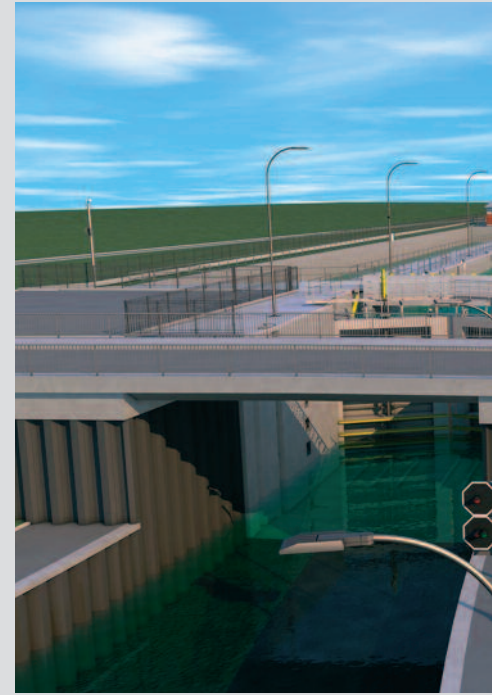
Um diese Aufgabe unabhängig und effektiv erfüllen zu können, bedarf es jedoch einer staatlichen Legitimation unseres Tuns und amtlicher oder behördlicher Bestimmungen zur eindeutigen und verlässlichen Produktbeschreibung, die die Anwendbarkeit im Zusammenspiel mit den Bemessungsnormen ohne schwer durchschaubare Zusatzqualifikationen sicherstellen.

Für die Mitarbeit zur Ausgestaltung solcher Regelungen und deren gesetzliche Verankerung sind die Politik ebenso wie die Prüfindgenieure bzw. Prüfsachverständigen mehr denn je aufgerufen und persönlich gefordert ...



Foto: Fa. Drivecon

AUS 18 SEGMENTEN besteht diese Trogbücke in Kempten, eine der ersten Brücken in Deutschland, deren Überbau aus Sandwichwandelementen mit einer Innenschale aus Stahlbeton, einer Dämmschicht, einem Schubgitter und einer textillbewehrten Außenschale besteht. Diese Brücke und viele andere Bauwerke beweisen, wie weit das Bauen mit Carbonbeton vorangeschritten ist. Einzelheiten darüber finden Sie ab **Seite 20**



## EDITORIAL

Dr.-Ing. Markus Wetzel

Es ist höchste Zeit zum Handeln

3

## NACHRICHTEN

Prüfingenieure stabilisieren ihre künftige berufspolitische Arbeit

6

Das digitale Bauordnungsrecht ist europaweit auf gutem Weg

10

Karl Morgen 65: Er vereint kreatives Arbeiten mit interdisziplinärem

Denken und Verantwortungsbewusstsein

11

vpi-Landesvereinigung NRW fördert wieder 40 Studierende des Bauingenieurwesens

12

BVPI zur Mitarbeit in der Working Group 8 der IABSE eingeladen

13

300 Teilnehmer beim BÜV-Seminar für Sachkundige Planer für den

Schutz und die Instandsetzung von Betonbauwerken

13

Die Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen erkennt

bislang unerkannte Defizite der internationalen Normungsarbeit

14

Praktischer Leitfaden für die statisch-konstruktive Bauüberwachung

15

Novellierte Brandschutzanforderungen geben dem mehrgeschossigen

Holzbau in NRW neue Impulse

16

Dipl.-Ing. Kurt Harrer †

17

Fortbildungsseminar Tragwerksplanung in Hessen: Acht ingenieurtechnische

Vorträge auf höchstem fachlichen Niveau

18

27./29. September in Münster: Nächste Arbeitstagung der Prüfingenieure

19

## BETONBAU

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach/ Dr.-Ing. Frank Schladitz/ Dipl.-Ing. Jörg Weselek/

Dipl.-Ing. Robert Zobel:

Der Betonbau der Zukunft ist nachhaltig, leicht, flexibel und formbar –

dank Carbon/Für Sanierung oder Neubau sind jetzt Decken und Wände,

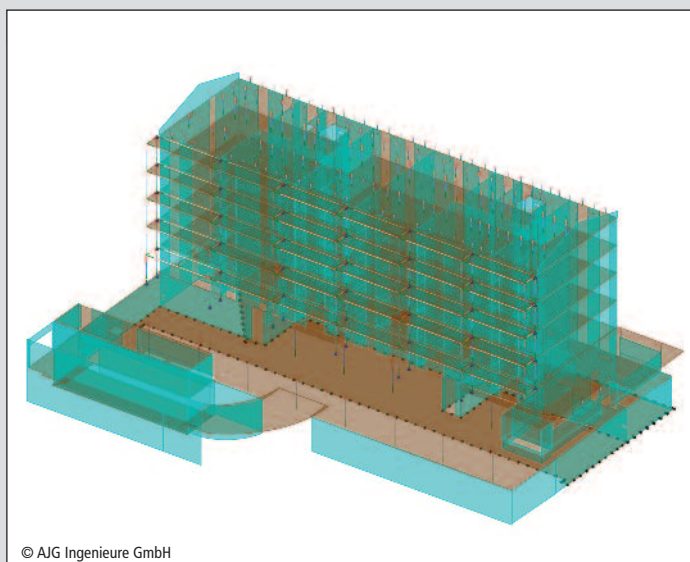
Fuß- und Radwegbrücken, Bögen und Fassaden sein Metier

20



Foto: C./Jörg Singer

**FÜNF NEUE SCHLEUSEN** werden in den kommenden Jahren am Dortmund-Ems-Kanal (DEK) gebaut – hier eine Computeranimation der neuen Schleuse bei Gleesen. Sie bedeuten eine enorme Herausforderung für Bauherren, Planungsbüros, Prüfingenieure und Baufirmen. Wie groß diese Herausforderung für alle Beteiligten ist, beschreiben wir ab **Seite 36**



© AJG Ingenieure GmbH

**BIM KANN AUCH ANALYTISCHE MODELLE** generieren, mit denen, wenn sie an das jeweilige physikalische Modell gekoppelt sind, die Berechnungen für die Tragwerksplanung durchgeführt werden können. Wie das geht können Sie nachlesen ab **Seite 52**

**VERKEHRSWASSERBAU**

Dr.-Ing. Jeannette Ebers-Ernst/Dipl.-Ing. Birgit Maßmann:  
 Eine außergewöhnlich diffizile bautechnische Aufgabe: Fünf neue Schleusen entlang des Dortmund-Ems-Kanals/Gefragt sind die Beratung großer Planungsteams und die möglichst frühzeitige Einbindung der Prüfingenieure **36**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzlmann/Dr.-Ing. Jörg Bödefeld/Dipl.-Ing. Andreas Westendarp:  
 Eine Herkulesaufgabe: Die Instandhaltung der Wasserbauwerke an den Bundeswasserstraßen/Ihre Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit sind Voraussetzung für die angestrebte Verkehrsverlagerung **46**

**BIM - BUILDING INFORMATION MODELING**

Martin Fischnaller:  
 Mit Building Information Modeling ändert sich für die Aufgabe der Tragwerksplanung eigentlich nicht viel/Die digital-integrale Arbeitsweise verlangt aber viel Erfahrung mit der Modellbildung von Tragwerken **52**

**BAUPRODUKTENRECHT**

Dr. Rainer Mikulits:  
 Das europäische Bauproduktenrecht im Spannungsfeld von erfolgreicher Vermarktung und sachgemäßer Verwendung/Die konzeptuellen Probleme der Bauproduktenverordnung werden wohl mit einer konstitutiven Novellierung gelöst **59**

Ministerialdirektor a. D. Michael Halstenberg:  
 Die Novellierung des nationalen Bauproduktenrechts durch die Musterbauordnung 2016 und die MVV-TB/ Neue Regelungen könnten den Prüfingenieuren und Prüfsachverständigen auch Haftungsrisiken bescheren **62**

**IMPRESSUM** **68**

# Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure: Aktuelle bautechnische und baurechtliche Vorträge BVPI-Mitgliederversammlung legt den Grundstein für eine fest umrissene Verstärkung ihrer berufspolitischen Arbeit

Die Mitglieder der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (BVPI) haben einen großen und wichtigen Schritt in Richtung einer Verstärkung und Absicherung ihrer zukünftigen berufspolitischen Arbeit getan. Auf die Konsequenzen mehrerer EU-politischer und juristischer Ereignisse reagierend, die sie aus berufspolitischer Sicht überwiegend kritisch einstufen, haben sie mit großer Mehrheit Fakten geschaffen, um das personelle und materielle Fundament ihrer Verbandstätigkeit zu stabilisieren und zu erweitern. Dazu nutzten sie die Mitgliederversammlung, die im Rahmen ihrer diesjährigen Arbeitstagung in Potsdam stattfand. Dort hatten sich Ende September an die 200 Prüfengeure und Prüfsachverständige aus ganz Deutschland getroffen, um ihr alljährliches Fortbildungsprogramm zu absolvieren, das ihnen und ihren Gästen – Repräsentanten der Bundes- und Lan-

despolitik, der Bauwirtschaft, der Bauverwaltungen der Länder und der Ingenieurkammern und -Verbände – auch in diesem Jahr wieder vielerlei Fachvorträge über bautechnische, baurechtliche und ingenieurwissenschaftliche Fragen geboten hat.

Die Ergebnisse ihrer Beratungen, Diskussionen und Beschlussfassungen nahmen die Mitglieder der BVPI noch einmal mit der Rede ihres Präsidenten Dr.-Ing. Markus Wetzels zur Kenntnis, in der dieser zu Beginn der zweitägigen Konferenz die Beschlüsse der Mitgliederversammlung resümierend und summarisch in den größeren Zusammenhang der aktuellen berufspolitischen Situation der Prüfengeure und Prüfsachverständigen in Deutschland und Europa gestellt und dabei einige Erkenntnisse und Postulate formuliert hat, die der Leiter der Obersten Bauaufsicht (Referat 24) im Brandenburgischen Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung, Jan-Dirk Förs-

ter, hinterher als „beeindruckend, leidenschaftlich und informativ“ bezeichnet hat.

Wer Wetzels Potsdamer Kurzfassung dessen hörte, was den Mitgliedern seiner Bundesvereinigung an berufspolitischen Herausforderungen bevorsteht, der hat gut verstehen können, dass die Prüfengeure und Prüfsachverständigen ihre Reihen nun beinahe einmütig geschlossen und mit sehr großer Mehrheit beschlossen haben, ihre Berufsvereinigung materiell und personell zu ertüchtigen, um ihr so, wie Wetzels sagte, „neue Horizonte für ihr berufspolitisches Vorgehen zu eröffnen“.

Als eine der vorrangigen Aufgaben nannte er die nationale und europäische Normungsarbeit der BVPI. Sie sei für den Verband eine erstrangige berufsfachliche Pflichtübung, die im ureigenen Überlebensinteresse der Prüfengeure und Prüfsachverständigen von der BVPI absolviert und für die neue Ressourcen



Fotos: Harald Hirsch, Potsdam

EINEN VOLLEN SAAL gibt es bei den jährlichen Arbeitstagungen der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (BVPI) immer wieder. Dieses Jahr in Potsdam konnte ...



... DER PRÄSIDENT der Vereinigung, Dr.-Ing. Markus Wetzel, ein besonders aufmerksames Publikum begrüßen, zu dem neben den Mitgliedern der Vereinigung auch zahlreiche Repräsentanten der Bundes- und Landespolitik, der Bauwirtschaft, der Bauverwaltungen der Länder und der Ingenieurkammern und -Verbände gehörten.

aktiviert werden müssten. Der wichtigste Grund für die Normenarbeit „unseres kleinen Verbandes“ sei die Tatsache, dass, so Wetzel, „Wirtschaft, Industrie, Wissenschaft und Verwaltung ohne uns Prüfsachverständige ganz unter sich wären und dass sie ohne unser fachlich intendiertes und wirtschaftlich unabhängiges Korrektiv ihre originären Interessen ungehindert durchsetzen könnten, das aber „meistens zum Nachteil der Baukultur in Deutschland“.

Damit appellierte Wetzel über die praktisch-substanziellen Folgen einer Normendefinition ohne Beteiligung der Prüfsachverständigen gleichzeitig an die vielleicht noch essenziellere professionelle Selbstachtung seiner Kolleginnen und Kollegen, denen niemand erzählen müsse, „wie wir manchmal behandelt werden, wenn wir in sogenannten Fachgesprächen oder technischen Verhandlungen den Ökonomen, Juristen und Kaufleuten gegenüber sitzen und uns ihnen gegenüber an dem vergeblichen Versuch abarbeiten, technische oder wirtschaftlich-technische Notwendigkeiten und Erfordernisse gegen den unheilvollen und sachfremden ‚geilen Geiz‘ unserer Zeit durchzusetzen“.

Als weiteren gewichtigen Aufgabenbereich nannte Wetzel „eine proaktive, also strate-

gisch vorausschauend aufzubauende und zielgerichtet auszuführende Informations- und Überzeugungsarbeit“. Sie zielen vor allem auf die national agierenden, aber mit europaweiter Wirkungsmacht handelnden Repräsentanten und Entscheidungsträger der Politik und der Verwaltung.

Mehrfach betonte der Präsident der BVPI in seiner Ansprache sinngemäß: „... von nichts kommt nichts“, und dass die Qualität und das Ausmaß dieser nun forcierten berufspolitischen Arbeit wegen personaler Fluktuationen in Behörden, Ämtern und Büros durchaus dem beharrlichen Bohren jener dicken Bretter entsprächen, „mit denen wir es bei unserer Normenarbeit auch überall zu tun haben“.

Dabei sei diese zielgerichtete Berufspolitik ein unbedingtes Gebot der Zeit. Denn wenn, was derzeit allen Ernstes auf europäischer Ebene ja in Erwägung gezogen werde, demnächst nur noch für große Bauvorhaben eine externe Prüfung gefordert werden sollte, „dann würde diese europaweite Entscheidung sehr schwerwiegende Folgen für uns als Angehörige eines freien Berufs haben – und natürlich für die Sicherheit unserer Bauwerke und für die gelebte Baukultur in Deutschland“.

Diese für bausicherheitstechnische Gewohnheiten in Deutschland empörenden offiziellen europapolitisch angelegten Absichten gingen, wie jeder wisse, auf die Gepflogenheit in vielen EU-Ländern zurück, in denen die bautechnische Prüfung einer innerbetrieblichen Prüfung in den ausführenden oder in den planenden Unternehmen anvertraut werde, oder – aber eben nur auf privatwirtschaftlicher Basis – externen Büros, „die dann aber ungewollt in jene Abhängigkeiten geraten können, die im Fall der Fälle ihre Prüftätigkeit behindern können“.

Grund dafür seien die in großen Teilen Europas üblichen großen Planungsfirmen mit tausenden Ingenieuren, in denen, anders als in den zumeist kleinparzelligen Strukturen in Deutschland, die Unterhaltung einer Innenrevision möglich sei, allerdings, betonte Wetzel, ohne die stringent wirtschaftliche Entkopplung vom zu prüfenden Objekt.

Das deutsche Prinzip der klar geteilten Verantwortung für die bautechnische Sicherheit nach dem Vier-Augen-Prinzip würde in diesem gar nicht mehr so unwahrscheinlichen Fall, dass diese europäischen Vorstellungen zu europäischem und damit zu nationalem Recht realisiert würden, von einem wirtschaftlich abhängigen Abarbeiten immer gleicher Cluster der Verantwortung ersetzt werden.

In diesem Zusammenhang wies Wetzel auch auf das Bauproduktenurteil des Europäischen Gerichtshofes von Oktober 2014 hin, das zur Folge habe, dass aus der produktbezogenen, bauordnungsrechtlichen Bringschuld des Baustofflieferanten eine projektbezogene zivilrechtliche Holschuld des Auftragnehmers werde, mit der Konsequenz, dass „wir als Ingenieure zu Handlangern des Deutschen Instituts für Bautechnik mutieren und mit Haftungsrisiken überzogen werden, die wir nicht haben wollen“.

Aus all’ dem leite er, Wetzel, das Ziel aller Prüfsachverständigen ab, die bundeseinheitliche Ausübung ihres Berufs als Prüfsachverständiger zu erreichen, die „nun endlich konkret und kraftvoll angegangen werden muss“. Das Bauen sei ja ein oftmals länderübergreifender Akt und deshalb müsse, so Wetzel, jenseits föderal einengender Prinzipien auch alles, was mit dem Bauen zu tun hat, länderübergreifend als Teil der deutschen Bauwirtschaft in ihrer Gesamtheit begriffen und gesetzlich geregelt werden.

„Wir Prüfsachverständige sind deshalb der Meinung“, rief Wetzels im Angesicht zahlreicher Fachleute aus verschiedenen Bauverwaltungen der Länder aus, „dass all die landesgesetzlichen Schutzvorschriften verstetigt werden müssen, die einen ordnungsgemäßen Wettbewerb über die Ländergrenzen befördern“. Davon ausgenommen sollten nur jene landesindividuell tradierten Teile des baukulturellen Selbstverständnisses bleiben, die es nach Ansicht der jeweiligen Länder vor landesfremden Einflüssen zu schützen gelte oder die auf Grund landesklimatischer Gegebenheiten technisch anders bewertet werden müssten als in anderen deutschen Ländern.

Zuspitzend kam Wetzels dann auf den Punkt, als er fragte, warum man die staatlichen Obliegenheiten der bautechnischen Prüfung, der Bauüberwachung und der Kontrolle der Einhaltung sicherheitsrelevanter Aspekte des Bauens nicht endlich ausschließlich einem hoheitlich beliehenen Unternehmer anvertrauen könne. Damit, so Wetzels, wäre doch allen gedient: Der Staat wäre nennenswert entlastet und gleichzeitig überall präsent, der Bauherr wüsste per se, dass jene Faktoren seines geplanten Bauwerks, die auch die Sicherheit der Bevölkerung betreffen, amtlicherseits und neutral und qualifiziert überwacht und geprüft werden, die bauausführenden Unternehmen hätten jemanden, auf den sie sich verlassen könnten. „Denn die Sicherheit unserer Bauwerke kann“, so spannte Wetzels seine Überlegung weiter, „in einwandfreier und unangreifbarer Qualität nur von der Prüfung und Überwachung durch wirtschaftlich unabhängige, hoheitlich beliehene Unternehmer gewährleistet werden“. Deshalb müssten die Prüfsachverständigen über ihre Bundes- und ihre Landesvereinigungen in Deutschland sicherstellen, „dass der Gesetzgeber widersinnigen ökonomischen Zwängen, schlichtem technischen Unvermögen oder gemeingefährlicher Gleichgültigkeit nicht länger den Vorzug vor der unabhängigen Prüfung und Überwachung geben kann“. Das sei – und dies sagte Wetzels mit ganz ausdrücklichem Hinweis auf den tödlichen Hochhausbrand am 14. Juni dieses Jahres London – ein prinzipielles nationales Anliegen.

Wetzels Ansichten und Betrachtungsweisen fanden in Jan-Dirk Försters Ansprache eine Fortsetzung, die im Programm der Arbeitstagung als „Politisches Grußwort“ des Leiters der Obersten Bauaufsicht des Landes Brandenburg angekündigt worden war. Försters Rede war aber viel mehr als nur das; sie war

ein in weiten Teilen sehr aufschlussreicher Bericht über die Bemühungen und Schwierigkeiten, die in Deutschlands Ministerien und Behörden unternommen und überwunden werden müssen, um das Bauproduktenrecht der EU in Deutschland kompatibel zu machen.

Försters Bemerkungen, insbesondere zu diesem Thema, hatten Gewicht, denn er hat auf allen Ebenen und in allen beteiligten nationalen und EU-europäischen Gremien maßgeblich daran mitgearbeitet, dass „unser nationales Bauproduktenrecht vereinbar ist mit dem europäischen Rechtsrahmen, und zwar so, dass wir nicht in Konflikt mit der EU-Kommission geraten können“. Försters räumte aber auch ein, dass es „am Ende keine Lösung geben wird, die so optimal sein wird, wie das, was wir vorher hatten“. In diesen Satz schloss Försters auch neue haftungsrechtliche Risiken für die Prüfsachverständigen ein. Försters plauderte auch nicht aus dem Nähkästchen, als er seinen Zuhörern eingestand, dass der Umbau des nationalen Bauproduktenrechts nur hat funktionieren können, nachdem „wir uns ge-

zwungenermaßen hinter die Linie der Bauwerkssicherheit zurückgezogen hatten“. Försters bekannte, dass die Gremien, die mit diesem Problem zu kämpfen hatten, „mit Nachregulierungen kraft EU-Rechts nicht unmittelbar am Bauprodukt ansetzen durften, um das zu heilen, was in den europäischen Normen als Lücken erkannt worden ist“. Und damit habe – ganz bewusst – auch eine Umverteilung des Risikos in Kauf genommen werden müssen.

Dennoch kam Försters nicht umhin, öffentlich und vor betroffenem Publikum frank und frei festzustellen, dass auch er beim Thema Bauwerkssicherheit dafür plädierte, zuvörderst die Ursachen zu bekämpfen und nicht im Nachhinein lediglich die Symptome. „Die Welt nur von hinten mit den Prüfsachverständigen wieder in Ordnung bringen zu wollen, kann beileibe nicht der alleinige und auch nicht der richtige Weg sein“, sagte Försters, und er wies zur Begründung dieser Ansicht unter anderem auf die Untersuchungen und Analysen der Prüfsachverständigen im Lande Brandenburg hin, die ergeben hatten, dass der Bauherr ei-



*DER LEITER der Obersten Bauaufsicht des Landes Brandenburg, Jan-Dirk Förster, konnte in seinem politischen Grußwort vielen Thesen, Postulaten und Auffassungen der Prüfsachverständigen zustimmen.*



nes Ein- oder Zweifamilienhauses – grob gerechnet – nur einen einzigen Euro für Prüfgelühren ausgeben müsse, um sich am anderen Ende fünf bis sieben Euro für die mögliche spätere Schadensbehebung oder für Mängelausbesserungen ersparen zu können (siehe hierzu auch: *DER PRÜFINGENIEUR*, Heft 49, Seite 10).

Förster begrüßte ganz ausdrücklich auch Wetzels „klare Ansage“ für eine Einheitlichkeit im Bauordnungsrecht der Länder. Sie sei eine Grundbedingung für die Akzeptanz und Wirksamkeit der bauordnungsrechtlichen Regelungen. Leider, so Förster, verfolge die Politik aber oft ihre eigenen Ziele, häufig sogar widersprüchliche Ziele, und sie konzentriere sich auch nicht immer ausschließlich auf die Bauwerkssicherheit, sondern gebe länderspezifische Vorgaben und Richtlinien zur Befolgung an. Und dann, so Förster weiter, komme die EU-Kommission daher, die sich im Umgang mit Bauprodukten vorrangig als Hüterin der Marktfreiheit und im Bereich der bautechnischen Prüfung und Überwachung vorrangig als Hüterin der Dienstleistungsfreiheit verstehe, und weist, auf bausicherheits-technisch riskante Diskrepanzen angesprochen, ungerührt darauf hin, dass ja nicht sie, sondern die Mitgliedstaaten für die Bauwerkssicherheit im eigenen Lande verantwortlich seien. „Darin drückt sich“, rief Förster aus, „eine ganz andere Schwerpunktsetzung aus als die, die wir gemeinsam vertreten“. Und deswegen, resümierte Förster seine Gedanken und langjährigen Erfahrungen, müssen „wir unseren Anspruch, durch nationale Regelsetzungen die Bauwerkssicherheit in unserem Land zu garantieren, immer wieder aufs Neue durchsetzen und verteidigen“.

Zu den Verteidigungslinien, die zu ziehen sind, zählt Förster als engagierter und satterfester Bauaufsichtsbeamter, auch die Forderung Wetzels, ein bundeseinheitlich verestrigtes System für die Überwachung der Planung und Bauausführung sowie „einheitliche, die Persönlichkeit des Kandidaten ausreichend berücksichtigende, Regelungen für die Anerkennung und Beauftragung von Prüfingenieuren und gleiche Prüfpflichten“. An der Realisierung dieser Vorstellung arbeitet die Fachkommission Bauaufsicht der ARGE-BAU schon seit einiger Zeit, und war „als eines unserer thematisch wichtigsten Ziele“.

#### **Bökamp: „Unsere Normenarbeit ist eine eminent bedeutsame Aufgabe“**

So, wie BVPI-Präsident Markus Wetzels, so hat auch der stellvertretende Vorsitzende der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwe-



*DIE NOTWENDIGKEIT DER NORMENARBEIT, die von der BVPI in und für der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB) leistet, wurde von deren stellvertretendem Leiter, Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, begründet.*

sen (PRB), Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, die Normenarbeit der PRB, in der viele Mitglieder der BVPI, neben dem hauptamtlichen Engagement, quasi am Mann und vor Ort ehrenamtliche Arbeit praktizieren, als eine für die praktische Berufsausübung der Prüfingenieure und der Prüfsachverständigen eminent bedeutsame und vorrangige Aufgabe bezeichnet. Über seinen eigentlichen Bericht über Fortschritt und Erfolge der PRB-Arbeit in den multilateralen häufig kontroversen fachlichen Debatten auf nationaler und europäischer Ebene hinaus (siehe Seite 14), hat Bökamp, wohl auch aus dem Reservoir praktischer berufspolitischer Erfahrungen schöpfend, dessen Inhalte er auch als Präsident der Ingenieurkammer Bau von Nordrhein-Westfalen tagtäglich aktuell beurteilen kann, seinen Kolleginnen und Kollegen plastisch vor Augen geführt, dass „wir ehrenamtlich tätigen Ingenieure bei unseren Verhandlungen, Gesprächen und Diskussionen nirgendwo, sei es in Brüssel, in Berlin oder in unseren Landeshauptstädten, auf Ingenieurkollegen als kongeniale Gesprächspartner treffen“. Dort werde aber gleichwohl, so Bökamp, „tiefgreifend und folgenswer über uns und unser zukünftiges berufliches Schicksal entschieden“.

Bökamp konstatierte, dass die Prüfingenieure „beim Verkauf ihrer Leistungen im Sinne von Wertschätzung noch eine Menge Luft nach oben haben“, was man ganz praktisch jedes Mal dann erleben könne, wenn der Auftrag zur Prüfung von dem zuständigen Kaufmann

erteilt würde. Denn, so Bökamps aphoristisch treffsicherere Analyse, „alle kennen von allem den Preis, aber von nichts den Wert“. Und der Kaufmann kenne seinen Preis, „ahnt aber nicht im Geringsten, was er da eigentlich einkauft oder einkaufen sollte.“ Diese Parabel aus dem Leben eines jeden Prüfingenieurs oder Prüfsachverständigen gehe manchmal so weit, dass, „nur die von der Bauaufsicht geforderten Bescheinigungen bestellt werden, weil man auf die inhaltliche Prüfung wegen des gut versicherten Tragwerksplaners leicht verzichten“ könne.

Nach alledem scheint es Bökamp als erfahrener und erprobt berufspolitischem Deputierten ganz natürlich zu sein, dass „wir Prüfingenieure und Prüfsachverständigen „alles dafür tun, dass unser Vier-Augen-Prinzip als besonderes Markenzeichen des präventiven Handelns beim Bauen nicht nur erhalten bleibt, sondern auch regulär wertgeschätzt wird“. Denn erst dann, „wenn in den Köpfen wieder klar wird, dass es bei unseren Leistungen nicht um den Einkauf von ein paar Säcken Zement geht, sondern um eine Leistung, die man nicht abwägen kann, weil ihr Ergebnis davon abhängt, wer sie bereitstellt, erst dann werden wir auch eine andere Wertschätzung erfahren“.

Zwischen Heinrich Bökamps von feiner Ironie durchsetzten aber praxisnah orientierten Anklage heutiger Verhältnisse und dem sogenannten Festvortrag, den der Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung,



*EINDRINGLICH UND ÜBERZEUGEND hat der Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung, Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhuber, bei der diesjährigen Arbeitstagung der Prüflingenieur und Prüfsachverständigen die besorgniserregenden Anzeichen des weltweiten Klimawandels begreiflich gemacht.*

Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhuber, hielt, bot die Reihe der Vorträge der diesjährigen Arbeitstagung der BVPI eine fachlich sehr vielseitig ausgerichtete Palette, beispielsweise über zu erwartende künftige Entwicklungen im Betonbau, über das neue nationale Bauproduktenrecht, über ausgesuchte Themen des Brandschutzes und des Verkehrswasserbaus, über die praktische Anwendung des Building Information Modeling

(BIM) und über Möglichkeiten der zerstörungsfreien Prüfung. Alle diese Vorträge werden, wie gewohnt, in dieser und in der folgenden Ausgabe des *PRÜFINGENIEURS* veröffentlicht werden.

Apropos Schellnhuber. Er hat den Prüflingenieuren und ihren Gästen einen reich illustrierten Vortrag gehalten, mit dem er die besorgniserregenden und unheilvollen „He-

erausforderungen des Klimawandels“ begreiflich machte. Schellnhubers Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, dessen Arbeit weltberühmt und weltweit anerkannt ist, hat Daten und Fakten, Voraussagen und Kalkulationen, aber auch Spekulationen, Thesen und Hypothesen auf vielen Feldern dieses weiten Themas zusammengetragen, analysiert und bewertet, deren antizipatorische Substanz jeden denkenden und fühlenden Menschen zur praktischen Besinnung bringen können müsste. Schellnhuber hat sie in eindringlicher und überzeugender Art und Weise präsentiert, die noch lange nachwirkte.

Übrigens: Auf der Website des Instituts, das wissenschaftlich und gesellschaftlich relevante Fragestellungen in den Bereichen Globaler Wandel, Klimawirkung und nachhaltige Entwicklung untersucht und zusammen mit Natur- und Sozialwissenschaftlern interdisziplinäre Einsichten erarbeitet, ist eine sehr große Fülle unabhängig erarbeiteter einschlägiger Informationen versammelt. Sie können jedermann jederzeit allfällig benötigte Argumente mit mannigfachen Inhalten und in verschiedenen Darstellungsvarianten vermitteln. Die wichtigsten methodischen Ansätze des Instituts sind die System- und Szenarienanalyse, quantitative und qualitative Modellierungen, Computersimulationen und die Datenintegration. Die Ergebnisse der Arbeit des Instituts bieten nach eigener Darstellung „eine robuste Grundlage für Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft“.

*Klaus Werwath*

## Umfrage des Consortium of European Building Control: Digitales Bauordnungsrecht ist europaweit auf gutem Weg

Die Arbeitsgruppe E-Delivery im Consortium of European Building Control (CEBC), der internationalen Vereinigung von Ministerien, Verbänden und Organisationen mit Zuständigkeiten für die Bauaufsicht in den europäischen Mitgliedstaaten, hat kürzlich unter seinen Mitgliedern eine Umfrage durchgeführt, um den aktuellen Status der digitalen Bauantrags- und Baugenehmigungsverfahren zu erheben. Fazit: Die Digitalisierung im Bauordnungsrecht zeigt in Europa guten Fortschritt.

In der CEBC-Arbeitsgruppe E-Delivery arbeitet als aktives Mitglied und als Vertreter der

Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI), die seit vielen Jahren Mitglied im CEBC ist, deren Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann, mit. Er stellte die deutschen Antworten auf die CEBC-Umfrage bereit. Sie wurden, so teilte Tiedemann dazu mit, unter maßgeblicher Beteiligung jener Referenten erstellt, die im Rahmen der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüflingenieure und Prüfsachverständigen für Bautechnik in Augsburg 2016 zum Thema Digitalisierung vorgetragen hatten (siehe auch *DER PRÜFINGENIEUR*; Heft 49, Seite 39). Weiterhin wurde die Geschäftsleitung der Initiative Planen Bauen 4.0 einbezogen.

Die Auswertung der CEBC-Umfrage ist abgeschlossen. Ihre Ergebnisse werden in Kürze in Berichtsform veröffentlicht. Sie zeigen, dass in den Nachbarländern Deutschlands ein guter Status der Digitalisierung zu konstatieren ist.

In einer Sitzung im September 2017 haben die Vertreter des finnischen Bauministeriums, einer Nachbarkommune Helsinki und einer beauftragten Fachfirma konkret erläutert und praktisch demonstriert, mit welcher Konsequenz und Effektivität im Jahre 2014 sie die eigene Umstellung auf die vollständige Digitalisierung begonnen hatten und wie sie heute erfolgreich betrieben wird.

# Karl Morgen wurde 65: Er vereint kreatives Arbeiten mit interdisziplinärem Denken und Verantwortungsbewusstsein

Am 19. März hat Dr.-Ing. Karl Morgen seinen 65. Geburtstag gefeiert. Für uns ist dies Gelegenheit, Werdegang und Wirken unseres Seniorpartners zu würdigen. Bereits zum 60. Geburtstag wurden an dieser (*DER PRÜFINGENIEUR*, Heft 40, Seite 15) und an anderer Stelle [1] die Leistungen von Karl Morgen umfangreich beleuchtet. Deshalb soll hier der Schwerpunkt auf seine jüngeren Leistungen gelegt werden.

Karl Morgen wurde in Isny geboren und nahm 1972, inspiriert durch das zu dieser Zeit fertiggestellte Olympiastadion in München, das Bauingenieurstudium an der Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe auf, das er 1977 „Mit Auszeichnung“ abschloss. Für seine herausragende Leistung erhielt er noch im gleichen Jahr zwei Auszeichnungen, die „Tulla-Medaille“ sowie den „Bilfinger-Berger-Preis“. Anschließend war Karl Morgen wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baustatik der Universität (TH) Karlsruhe und promovierte 1983 „Mit Auszeichnung“ mit der Arbeit „Berechnung orthotroper Rechteckplatten nach der nichtlinearen Elastizitätstheorie für beliebige Randbedingungen“.

Nach einer kurzen Tätigkeit als Mitarbeiter im Ingenieurbüro Harrer in Karlsruhe wechselte Karl Morgen 1984 in die Hamburger Niederlassung der Bauunternehmung Dyckerhoff & Widmann, um dort als Bauleiter auf der Baustelle tätig zu werden. Nach einem mehrmonatigen Ausbildungs-Aufenthalt als Mitarbeiter bei Lockwood Greene, Architects and Engineers in New York trat Karl Morgen 1986 in das Hamburger Ingenieurbüro Dr.-Ing. Windels Dr.-Ing. Timm als Angestellter ein. Bereits zwei Jahre später wurde er 1988 in die Partnerschaft aufgenommen. So entstand das „M“ von WTM.

In den ersten Jahren als junger Partner widmete sich Karl Morgen insbesondere der Tragwerksplanung anspruchsvoller Hochbauprojekte. Zwei Jahre nach Eintritt in die Partnerschaft erwarb er dann die Anerkennung als Prüflingenieur für die Fachrichtungen Stahlbau und Massivbau sowie wenig später auch für die Fachrichtung Holzbau. 1995 folgte die Anerkennung als Prüflingenieur vom Eisenbahn-Bundesamt (EBA).

Heute ist die Liste der Projekte, die Karl Morgen fachlich und konzeptionell geprägt hat,



*WURDE 65 JAHRE ALT: der langjährige Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüflingenieure in Hamburg, Dr.-Ing. Karl Morgen, Geschäftsführender Gesellschafter und Seniorpartner im Ingenieurunternehmen WTM Engineers in Hamburg*

lang und umfasst alle Tätigkeitsfelder unseres Ingenieurunternehmens. Sie reicht von Projekten der Tragwerksplanung über Projekte aus dem Industriebau bis hin zu großen Infrastrukturanlagen wie beispielsweise die Gesamtplanung für den Röntgenlaser XFEL in Hamburg oder aktuell die Mitwirkung an der Planung des Absenktunnels für die Fehmarnbelt-Querung.

Die fachlichen Erfolge von Karl Morgen basieren auf fundierten Theoriekenntnissen, gepaart mit der Gabe, für komplizierte Zusammenhänge einfache, ingenieurmäßige Lösungen zu finden. Beispielhaft sei hier die Weiterentwicklung der fugenlosen Bauweise im Hochbau und im Wasserbau genannt.

Als Unternehmer hat er maßgebend den Wandel des Büros Windels Timm Morgen zu der heutigen Ingenieurgesellschaft WTM Engineers vorangetrieben.

Darüber hinaus sieht Karl Morgen seine Aufgabe aber auch in der Mitarbeit in berufsständischen Organisationen sowie in der Wahrnehmung ehrenamtlicher Tätigkeiten, die heute einen hohen Anteil seiner Zeit beanspruchen. Von 1995 bis 2012 war er Landesvorsitzender der Prüflingenieure für Bau-

technik (VPI) in Hamburg und von 1997 bis 2013 Vorstandsmitglied der Hamburgischen Ingenieurkammer-Bau (HIK). Seit 1998 ist Karl Morgen Mitglied des Fachausschusses Ufereinfassung der Hafentechnischen Gesellschaft (HTG), seit 2010 Mitglied im Vorstand der HTG und seit 2012 stellvertretender Vorsitzender der HTG sowie seit 2005 stellvertretender Vorsitzender der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen (STUVA). Nicht zuletzt ist sein langjähriges, unermüdetes Engagement für eine praxisingerechte Normung besonders hervorzuheben.

Die Verleihung der Emil-Mörsch-Denkmedaille anlässlich des Deutschen Bautechnik-Tages am 23. April 2015 steht stellvertretend für zahlreiche Anerkennungen. In der Laudatio heißt es: „Er vereint auf höchstem Niveau solche Tugenden, denen sich auch der Deutsche Beton- und Bautechnik Verein verpflichtet fühlt: kreatives und gewissenhaftes Arbeiten unter Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis, aufgeschlossenes und interdisziplinäres Denken, gesellschaftliches Engagement und Verantwortungsbewusstsein beim eigenen Handeln“.

Insbesondere in den letzten Jahren war es aber auch ein Anliegen von Karl Morgen, Wissen und Werte weiterzugeben. So ist er national und international stets ein gern gesehener Vortragender auf Tagungen, Foren, Konferenzen oder Symposien. Eine große Anzahl von Veröffentlichungen über Themen aus dem gesamten Ingenieurbereich belegt dies eindrucksvoll. Im Wintersemester 2016/2017 übernahm Karl Morgen zusätzlich noch die Vorlesung „Entwurf und Konstruktion von Betontragwerken“ am Institut für Massivbau der Technischen Universität Hamburg-Harburg.

Seine Kollegen und Freunde wünschen Karl Morgen zu seinem 65. Geburtstag alles Gute, mehr Zeit für seine Familie und sein Hobby, das Drachensegeln, und vor allem Gesundheit.

*Ulrich Jäppelt, Stefan Ehmann,  
Alexander Steffens, Hans Scholz,  
Otto Wurzer, Helmut Heiserer*

[1] Manfred Curbach: Karl Morgen – einer der ganz Großen im Bauwesen wird 60 Jahre alt. Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 4, S. 276.

# Die vpi-Landesvereinigung NRW fördert auch in diesem Jahr wieder 40 Studierende des Bauingenieurwesens

Die Landesvereinigung der Prüfengeieure für Baustatik in Nordrhein-Westfalen (vpi-NRW) hat in diesem Jahr fortgesetzt, was sie im vergangenen Jahr begonnen hatte: Die Förderung des dringend benötigten studentischen Nachwuchses in Nordrhein-Westfalen. Dies geschieht im Rahmen des Deutschlandstipendiums, mit dem, in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, jedes Jahr 40 Studenten und Studentinnen des Bauingenieurwesens mit Vertiefung im konstruktiven Ingenieurbau finanziell direkt gefördert werden.

Das Deutschlandstipendium ermöglicht als öffentlich-private Partnerschaft im Bildungs-

bereich jungen Talenten Bildungsperspektiven unabhängig von deren sozialer Herkunft. Es sieht während der vier Semester des Masterstudiums für besonders qualifizierte Studenten eine monatliche Zuwendung in Höhe von 150 Euro vor, die der Bund um die gleiche Summe erhöht, sodass ein monatliches Deutschlandstipendium von 300 Euro je Stipendiat/in entsteht.

Was die Unterstützung nicht nur finanziell, sondern auch ideell bewirkt, erfahren die Vertreter der Landesvereinigung bei ihrer Teilnahme am Auswahlverfahren, im persönlichen Kontakt mit den Stipendiaten und bei der Übergabe der Urkunde im Rahmen eines Festaktes (siehe Bildkasten unten). Dabei wird von den Auslobenden in kurzen State-

ments Einiges an eigener Erfahrung an die nächste Generation weitergegeben und ein ausbaufähiger Kontakt zu den zukünftigen Absolventen hergestellt. Ziel des Stipendiums ist es, die Studierenden zu motivieren und bei ihren weiteren Schritten auf dem Weg ins Berufsleben zu begleiten.

Die Förderung findet an der FH Aachen, der RWTH Aachen, der Hochschule Bochum, der Ruhr-Universität Bochum, der TU Dortmund, der Universität Duisburg-Essen, der FH Köln, der FH Münster, der Universität Siegen und der Bergischen Universität Wuppertal statt.

*Dr.-Ing. Ralf Grube, Essen,  
Dr.-Ing. Wolfgang Roeser, Aachen*

## DAS DEUTSCHLANDSTIPENDIUM der Landesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik in Nordrhein-Westfalen wurde in diesem Jahr vergeben an Studentinnen und Studenten der ...



... Hochschule Bochum (mit Professor Dipl.-Ing. Balthasar Gehlen (rechts), dem Vorsitzenden des Technischen Koordinierungsausschusses NRW), ...



... Bergischen Universität Wuppertal (mit Dr.-Ing. Thanh Nhan Nguyen (links), Mitglied des Technischen Koordinierungsausschusses NRW, ...



... Ruhr-Universität Bochum (mit Dipl.-Ing. Oliver Hennig (Mitte), Mitglied des Technischen Koordinierungsausschusses NRW), ...



... und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, wo deren Rektor, Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmachtenberg (l.), dem Initiator des Stipendiums dankte, dem Vorsitzenden der vpi-NRW, Dipl.-Ing. Alexander Pirlet.

## 39. Internationales Symposium der IABSE in Vancouver: BVPI zur Mitarbeit in der Working Group 8 eingeladen

Die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) ist eingeladen worden, in einer der weltweit einflussreichen Arbeitsgruppen der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (IABSE) mitzuarbeiten.

Die Einladung erfolgte als Reaktion auf einen Vortrag, den Prof. Dr.-Ing. Eric Brehm (Bensheim) als Delegierter der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) anlässlich des diesjährigen Symposiums der IABSE (International Association of Bridge and Structural Engineers) in Vancouver gehalten hatte, das parallel zur Arbeitstagung 2017 der BVPI in Potsdam stattfand (siehe Seite 6).

Brehms ausführliches Referat vor dem Plenum des IABSE-Kongresses behandelte den Unterschied zwischen Zuverlässigkeit und Sicherheit und erklärte die Wichtigkeit der prophylaktischen Verhinderung und wirksamen Beseitigung menschlicher Fehler durch das Vier-Augen-Prinzip.

Dieses Referat war nach Brehms Einschätzung auch deshalb so wichtig, weil das international zusammengesetzte Auditorium, vor dem Brehm sich äußern konnte, vielfach nicht oder nur unvollständig über die Vorzü-

ge des deutschen bautechnischen Prüfsystems unterrichtet ist. Vielfache Reaktionen auf die Beschreibung der unabhängigen Tätigkeit und der bauordnungsrechtlichen Stellung des deutschen Prüfsingenieurs und Prüfsachverständigen und seiner offensichtlichen volkswirtschaftlich messbaren Bedeutung hat hier, wie bei anderen, früheren Gelegenheiten, immer wieder Erstaunen und interessierte Verwunderung hervorgerufen, eine Reaktion, die dem Vorstand der BVPI unter dem Aspekt des von ihm gewünschten und berufspolitisch angestrebten Exports des deutschen bautechnischen Prüf- und Überwachungsprinzips in andere Länder der Welt – und vor allem der EU – notabene nicht ungelegen gekommen sein dürfte.

Brehms Vortrag ist jedenfalls, so wurde berichtet, hervorragend aufgenommen worden. Zusammen mit seiner und Prof. Dr.-Ing. Robert Hertles früherer Veröffentlichung zu diesem Thema\* führte Brehms Referat auch dazu, dass die Vertreter der BVPI in die Working Group 8 der IABSE (Forensic Structural Engineering) eingeladen worden sind. Über diese Arbeitsgruppe besteht die Möglichkeit, Veröffentlichungen über technische Themen und über das Vier-Augen-Prinzip weltweit zu platzieren, um damit weitere zitierfähige Texte zu schaffen, die der Normungsarbeit dienen und

in der politischen Diskussion verwendet werden können.

An dem internationalen Kongress der IABSE nehmen jedes Jahr hunderte von Ingenieuren aus der ganzen Welt teil. In Vancouver sind insgesamt über 450 Vorträge in mehreren parallelen Sessions gehalten worden. Ergänzt wurde dieses Programm von zahlreichen Poster-Präsentationen über aktuelle Forschungsarbeiten.

Der diesjährige Kongress stand unter dem Motto „Engineering the future“. Traditionell stehen Brücken, deren Planung und Ausführung im Fokus, in Vancouver wurden darüber hinaus aber auch viele andere Themen und Probleme des konstruktiven Ingenieurbaus behandelt. Vor allem die weltweite Entwicklung der Normen und der politischen Randbedingungen in bestimmten Mitgliedsländern der IABSE wurde, wie in den Jahren zuvor, auch in diesem Jahr, jeweils bezogen auf die Arbeit der Ingenieure, ausführlich diskutiert.

\* Brehm, E. & Hertle, R. „Failure Identification: Procedural Causes and Corresponding Responsibilities“, Structural Engineering International Nr. 3/2017, pp. 402-408, ISSN 1016-8664, IABSE, Zürich, 2017

## 300 Teilnehmer beim BÜV-Seminar für Sachkundige Planer für Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken

Weit über 300 Ingenieurinnen und Ingenieure haben dieses Jahr eine der vielen renommierten Fachveranstaltungen besucht, mit denen der Bau-Überwachungsverein (BÜV) seit einigen Jahren Sachkundige Planer für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauwerken fortbildet.

Auch das diesjährige BÜV-Fortbildungsseminar am 12. und 13. Oktober zeichnete sich durch die kooperative Beteiligung des Instituts für Bauforschung (ibac) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen im Rahmen des 53. Aachener Baustofftages aus.

Den Teilnehmern wurde an diesen beiden Tagen eine Vielzahl von Themen aus Forschung und Wissenschaft sowie aus der Praxis präsentiert, dem Inhalt und der Aufgabe der Instandhaltungsrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) folgend, deren Einführung zwar noch aussteht, deren Gehalt aber den Stand der Technik repräsentiert.

Übereinstimmenden Berichten aus dem Teilnehmerkreis zufolge ist dieses didaktische Prozedere auf eine überaus positive Resonanz gestoßen. So sei es den Veranstaltern gelungen, neueste Erkenntnisse anhand praxisbezogener Beispiele zu vermitteln.

Wie in den vergangenen Jahren wurden auch in diesem Jahr am zweiten Veranstaltungstag neben Fachvorträgen praktische Vorführungen zur Bestimmung der Betondeckung und zur Bestimmung des Wassergehaltes durchgeführt.

Neben vielen schon zertifizierten Sachkundigen Planern waren zu diesem Symposium des BÜV auch viele solcher Ingenieure eingeladen und zahlreich zugegen, die an diesem Seminar deswegen Interesse hatten, weil sie sich in ihrer täglichen Arbeit mit dem Schutz und der Instandsetzung von Betonbauwerken praktisch befassen. Sie erhielten hier wertvolle Informationen für die eigene Zertifizierung.

# Aktueller Bericht über den Stand der Arbeiten der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen

## In den multilateralen Verhandlungen werden jetzt bislang unerkannte Defizite der Normungsarbeit erkannt

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Phase 1 der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB), in der die bestehenden Eurocodes auf Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten und hinsichtlich ihrer Praxisnähe untersucht worden sind, laufen nunmehr die Arbeiten der zweiten von insgesamt vier Phasen. Der Zeitplan bis zum Abschluss dieser aktuellen Normengeneration wird sich nach derzeitiger Einschätzung um bis zu zwei Jahre verzögern. In dieser Phase steht der Transfer der in den vergangenen Jahren erarbeiteten Ergebnisse in die europäischen Gremien im Vordergrund. Die Projektarbeit in der PRB wird dabei weiterhin in sechs Projektgruppen geleistet.

### 1 Allgemeines

Die Überarbeitung des Eurocodes geschieht bekanntlich in den Working Groups (WG) und Sub-Committees (SC) des CEN/TC 250. Die fachliche Bearbeitung erfolgt in den jeweils zugeordneten Project Teams (PT), welche ihre Ergebnisse an die übergeordneten Working Groups und Sub-Committees zur Abstimmung übergeben. Für eine Einflussnahme auf den Normungsprozess ist eine Mitgliedschaft im Project Team sehr bedeutsam. PRB ist aber mittlerweile in der vorteilhaften Lage, dass viele ihrer ehrenamtlichen Mitarbeiter in den Project Teams präsent sind und Einfluss nehmen können. Mittlerweile liegen die ersten Berichte der Project Teams vor, unter anderem über EN 1990.

Die wesentliche Aufgabe der Projektgruppen innerhalb der PRB ist die Diskussion, Prüfung und Bewertung der laufend eingehenden Vorschläge für die Weiterentwicklung der Eurocodes, insbesondere von anderen europäischen Ländern. Diese werden eingehend geprüft, um festzustellen, welche Beiträge die deutschen Interessen unterstützen, welche sinnhaften Ergänzungen die Positionen von PRB beziehungsweise welche absolut nicht mit den PRB-Vorgaben für praxisnahe Normen übereinstimmen. Diese Prüfung ist sehr komplex, da die europäische Normungsstruktur kleinparzellig organisiert ist. Den meisten Sub-Committees sind mehrere Working

Groups und Project Teams zugeordnet. Die Project Teams liefern eigene Berichte, welche bereits auf die Übereinstimmung mit der Zielsetzung von PRB überprüft werden sollten, um frühzeitig auf die Diskussion in den Working Groups einwirken zu können. Der Umfang ist dabei immens – alleine das Sub-Committee 7 (Geotechnik) weist sechs Project Teams auf.

Nachfolgend wird der aktuelle Stand der Arbeit von PRB zusammengefasst. Für detailliertere Informationen über Phase 1 der einzelnen Projektgruppen wird auf [1], [2], [3] und [4] verwiesen. Alle Ergebnisse der ersten Phase sind als Abschlussberichte vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) veröffentlicht worden, die Arbeitsergebnisse der sechs Projektgruppen sind in Form von Synopsen (zweispaltig zwecks Vergleichs von Originaltexten mit dem jeweiligen PRB-Vorschlag) dokumentiert und können von den Mitgliedern der BVPI in deren Geschäftsstelle in Berlin angefordert werden. Damit ist seitens der BVPI der Wunsch einer Bewertung des PRB-Vorschlags durch die in der Praxis stehenden Kollegen verbunden.

### 2 Stand der Arbeiten in den Projektgruppen

Die Vertreter der PRB-Projektgruppen setzen sich aktuell für die Durchsetzung der PRB-Ergebnisse in den jeweiligen nationalen Normungsausschüssen (NA Bau) ein. Eine detaillierte Darstellung des momentanen Arbeitsstands und eine Abschätzung der Erfolgsquote ist aufgrund der aktuell auf den verschiedensten Ebenen andauernden Diskussionen nicht möglich. Hinsichtlich der bearbeiteten Themen wird auf den jüngsten Statusbericht in der Ausgabe 49 des *PRÜFINGENIEURS* (Seiten 14/15) verwiesen.

Neben der Mitteilung der Ergebnisse nach Europa stehen in einigen Projektgruppen auch noch Vergleichsberechnungen an konkreten Beispielen auf Basis der Regelungen der Eurocodes und der von PRB erarbeiteten Vorschläge auf dem Plan. Diese sollen die Durchsetzung der PRB-Ergebnisse in Europa unterstützen.

### 3 Bisheriger Erfolg von PRB und weitere Entwicklung

Auch wenn sich bisher noch nicht angeben lässt, in welchem Umfang und in welcher Detailtiefe die Ergebnisse der Phase 1 von PRB in die neue Normengeneration übernommen werden, so kann man doch einige wesentliche Erfolge benennen. Dabei sind insbesondere die gewonnenen Erfahrungen im europäischen Normenprozess von unschätzbarem Wert. Dank diesen ist es nun möglich, die weitergehende Normenarbeit in Deutschland erfolgsversprechender zu gestalten.

Die Tatsache, dass die Erfahrungen innerhalb von PRB fachübergreifend geteilt werden und sich nicht mehr auf einzelne Fachrichtungen begrenzen, ist dabei als äußerst wertvoll zu beurteilen. Gleichlautende Erfahrungen in den Normungsausschüssen, insbesondere die Begegnung der deutschen, ehrenamtlich tätigen Normungsvertreter mit professionellen, hauptberuflichen Normungsvertretern anderer europäischer Staaten, wurden aus sämtlichen Fachgebieten berichtet und machen es möglich, strukturelle und organisatorische Defizite in der Normungsarbeit aufzudecken und zu kompensieren.

Die gemeinsamen Erfahrungen führen außerdem zu einem neuen Bewusstsein in den deutschen Normungsausschüssen – weg vom national orientierten Diskurs hin zur europäischen Diskussion und zu stärkerem nationalen Zusammenhalt. Es wäre wünschenswert, wenn sich diese Herangehensweise auf Dauer festsetzen und verstärken würde.

Die fachübergreifende Diskussion innerhalb von PRB erlaubt es, zusätzliche, „horizontale“ Themen rechtzeitig zu identifizieren. Hier sind insbesondere die Qualität von Bauwerken und der bautechnischen Prüfung (Anhang B zu EN 1990) sowie der Zusammenhang von Bemessungs- und Produktnormen (Bauproduktenverordnung) zu nennen.

Die Diskussion dieser Themen innerhalb von PRB war und ist durchaus kontrovers, aber sehr hilfreich, und sie wurde in die deutschen Spiegelausschüsse weitergetragen. Insbesondere der „Anhang B“, ist für die zukünftige

ge Entwicklung des Berufsbildes des Prüflingenieurs und Prüfsachverständigen von entscheidender Bedeutung. Hier konnte durch die Diskussion innerhalb von PRB eine gemeinsame Position mit der Bauindustrie erarbeitet werden, welche den unabhängigen Prüflingenieur/Prüfsachverständigen klar und eindeutig als unerlässlich definiert. Dies ist enorm wichtig für die Kommunikation mit den europäischen Normenausschüssen, da in Europa die Funktion der bautechnischen Prüfung sehr unterschiedlich geregelt ist

Das zweite der oben genannten Themen hat zwangsläufig die Erweiterung des bisherigen Inhalts der PRB-Arbeit (nämlich die Bearbeitung der Bemessungsnormen) um Produkt- und Ausführungsnormen zum Gegenstand. Dabei geht es nicht um eine redaktionelle oder inhaltliche Überarbeitung dieser Normen, sondern insbesondere um die Klärung ihres Zusammenhangs und um deren Abgleich mit den Bemessungsnormen.

Die Diskussion über den Zusammenhang zwischen Produkt- und Bemessungsnormen, der unter dem Regime der Bauproduktenverordnung immer noch im Detail ungeklärt und problematisch ist, wurde durch die Gesprä-

che und Untersuchungen von PRB signifikant beeinflusst.

#### 4 Fazit

Die Phase 1 von PRB ist abgeschlossen. Die Phase 2 ist in vollem Gange. Die Abschlussberichte der Phase 1 liegen zum (kostenlosen) Download bereit (und zwar als Kurzfassungen und als Langfassung; Adresse: <https://www.bauinformation.de> – Suchwort: Verbesserung der Praxistauglichkeit).

Die Ergebnisse der PRB-Arbeitsphase 1 werden jetzt nach Europa hineingetragen und dort weitgehend positiv aufgenommen. Inwieweit die Ergebnisse sich in den endgültigen Normentexten wiederfinden werden, bleibt abzuwarten, die bisher erzielte Resonanz ist aber sehr vielversprechend.

Es muss dabei ausdrücklich festgehalten werden, dass PRB bisher erfolgreich arbeitet. Der Erfolg beruht dabei auf mehreren Punkten: Nicht nur ist es gelungen, bereits einige Vorschläge aus Deutschland erfolgreich in Europa durchzusetzen und den Normungsprozess positiv zu beeinflussen, es wurde auch die Normungsarbeit professionalisiert. Zusätzlich, insbesondere durch den Einsatz

des Lenkungsausschusses, wurde es möglich, übergreifende Themen in ihrer Dringlichkeit zu identifizieren und anzugehen (z.B. Thema EN 1990 – Anhang B). Außerdem wurde das Bewusstsein für die Vorgänge in der Normung und die erforderliche Arbeit wesentlich geschärft.

*Prof. Dr.-Ing. Eric Brehm, BVPI  
Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, BVPI*

#### Literatur

- [1] Brehm E. „Das Ergebnis des ersten internationalen Workshops der Initiative Praxisgerechte Normen übertraf die Erwartungen“, Der Prüflingenieur, Ausgabe 46, VPI, Berlin, Mai 2015
- [2] Prokop I. „Bericht über die pränormative Arbeit der Bauingenieure an den Eurocodes“, Der Prüflingenieur, Ausgabe 45, VPI, Berlin, November 2014
- [3] Brehm, E. „Aktueller Bericht über den Stand der Arbeiten der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen“, Der Prüflingenieur, Ausgabe 48, Mai 2016
- [4] Brehm, E. „Aktueller Bericht über den Stand der Arbeiten der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen“, Der Prüflingenieur, Ausgabe 49, November 2016

## Leitfaden der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für die statisch-konstruktive Bauüberwachung

**Die Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik hat für das Gebiet der Standsicherheit erstmals einen Leitfaden für die statisch-konstruktive Bauüberwachung herausgegeben.**

In diesem Leitfaden finden sich grundlegende Hinweise für die Tätigkeiten der Personen, die nach den Landesbauordnungen für die Bauüberwachung verantwortlich sind. Die Aufgaben der Bauleitung hinsichtlich der Standsicherheit sind beispielhaft dargestellt. Es wurden die wesentlichen Themengebiete zusammengefasst, für die Bauüberwachungsmaßnahmen erforderlich sind und die wichtigsten Unterlagen aufgelistet, die im Verlauf der Baumaßnahme vorzulegen sind.

Mit dieser ersten Ausgabe des Leitfadens, der unter der Regie des Technischen Koordinierungsausschusses (TKA) der Bundesvereinigung entstanden ist, wird ein sinnvoll gegliederter Überblick über die Bauüberwachungstätigkeit in den verschiedenen Bauarten (zum Beispiel Grund-, Massiv-, Metall- und Holzbau) gegeben, wobei jedes Themengebiet mit illustrierten Beispielen von Baumängeln und Bauschäden versehen ist, die durch Prüflingenieure oder Prüfsachverständige im Rahmen ihrer Bauüberwachungstätigkeit festgestellt worden sind. Nur durch diese Bauüberwachungstätigkeiten der Prüflingenieure beziehungsweise Prüfsachverständigen konnten, so belegen die Beispiele, größere Schäden verhindert werden.

Die BVPI will ihren Leitfaden sukzessive fortschreiben und bittet ihre Mitglieder deshalb, ihr weitere Beispiele für die nachweisbare Effizienz der unabhängigen Bauüberwachung durch Prüflingenieure oder Prüfsachverständige an die Hand zu geben, die in die kommenden Auflagen des Leitfadens aufgenommen werden können.

Der Leitfaden kann auf der Internetseite der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik als PDF-Dokument heruntergeladen werden.

[www.bvpi.de](http://www.bvpi.de) → Erarbeitete Richtlinien

# Die neue Landesbauordnung von NRW bestimmte die Agenda des 26. Bautechnischen Seminars NRW in Ratingen

## Ein Resultat: Die novellierten Brandschutzanforderungen geben dem mehrgeschossigen Holzbau neue Impulse

Zum 26. Mal ist am 16. Oktober 2017 das traditionelle Bautechnische Seminar NRW durchgeführt worden, das Neuigkeiten über das Bauproduktenrecht in NRW und über die Impulse vermittelte, die von der novellierten Landesbauordnung NRW für den Holzbau ausgehen werden. Darüber hinaus wurden die neuen LBO-Brandschutzanforderungen in NRW, Details der geplanten neuen Stahlbau-Richtlinie vorgestellt, die Praxis des BIM erläutert und Planungstipps für Glastreppen gegeben.

Auch zu diesem Seminar hatten das Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, die Landesvereinigung der Prüfingenieure vpi NRW, der Landesverband der Beratenden Ingenieure VBI und die Ingenieurkammer Bau NRW in die Dumeklemmer-Halle in Ratingen eingeladen.

Dort begrüßte der Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüfingenieure NRW, Dipl.-Ing. Alexander Pirlet, die zahlreich aus dem ganzen Land und darüber hinaus in Ratingen erschienenen Ingenieure. Er gab das Wort gleich danach an Dipl.-Ing. Andreas Plietz vom Referat Bautechnik des nordrhein-westfälischen Verkehrsministeriums weiter, das neuerdings auch für das Bauen und Wohnen zuständig ist. Ihm oblag es, frische Informationen über das neue Bauproduktenrecht in der nordrhein-westfälischen Landesbauordnung vorzustellen, die bezüglich der Bauarten und Bauprodukte am 28. Juni 2017 in Kraft getreten ist. Plietz ging vor allem auf die neuen Bestimmungen ein und erläuterte die Begriffe „allgemeine Bauartengenehmigung“ (früher „Zulassung“) und „vorhabenbezogene Bauartengenehmigung“ (früher „Zustimmung im Einzelfall“). Er zeigte Beispiele für die Konkretisierung der neuen Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VVTB), welche die bisherige Bauregelleiste und die Musterliste der Technischen Baubestimmungen ablöst. Bis zum Inkrafttreten der Muster-VVTB (MVVTB) sind, so sagte Plietz, in NRW Übergangsregelungen anzuwenden. Das Inkrafttreten der weiteren Teile der neuen Landesbauordnung NRW werde aber voraussichtlich durch ein Moratorium

um ein Jahr bis auf den 28.12.2018 verschoben. Dabei seien inhaltliche Anpassungen durch die neue Landesregierung zu erwarten. Für Bauanträge, die bis zum 01.10.2018 eingereicht werden, gelte altes Recht auch dann, wenn die Baugenehmigung erst nach dem Inkrafttreten der neuen LBO erteilt werden wird.

Aus der neuen Landesbauordnung NRW sind Impulse auch für den Holzbau zu erwarten, wie Dr.-Ing. Mandy Peter von der bauart Konstruktions GmbH & Co. KG (München) in ihrem Vortrag über das Bauen mit den Brandschutzanforderungen der neuen LBO in NRW prognostizierte, indem sie die Gebäudeklassen erklärte, die aus der Musterbauordnung der Länder (MBO) eingeführt werden sollen. Mit den differenzierten Brandschutzanforderungen dieser Gebäudeklassen würden, so Peters, künftig auch der Bau mehrgeschossiger Konstruktionen in Holzbauweise ermöglicht beziehungsweise vereinfacht. Zur Untermuerung dieser These zeigte sie einerseits Konstruktionsdetails für Holzständerwände der Brandschutzklasse REI 60 mit Kapselkriterium K260 und andererseits Ergebnisse aus Brandschutzversuchen. Außerdem präsentierte sie verschiedene Ausführungen von Massivholzdecken mit Brettsperholz, Brettschichtholz und in Holz-Beton-Verbundbauweise.

Im Rahmen ihres Vortrages über praxisgerechte Stahlbaunormen erstatteten Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann vom Lehrstuhl für Stahlbau der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und Prof. Dr.-Ing. Jörg Laumann vom Lehrstuhl für Stahlbau der Fachhochschule Aachen Bericht über den Stand der Arbeiten an der Richtlinie für die vereinfachte Bemessung gewöhnlicher Stahlbaukonstruktionen, die die Ingenieurkammer Bau NRW, die Landesvereinigung NRW der Prüfingenieure für Bautechnik und bauforumstahl in Auftrag gegeben haben. Diese neue Richtlinie ist vor allem für den allgemeinen Hochbau gedacht – also zum Beispiel für Geschossbauten und für Industrie- und Gewerbehallen mit Kranbahnen. Nach dem Vorbild der Holzbau-Richtlinie wollen die beiden Referenten in diesem Projekt mit finanziellen

Mitteln der Ingenieurkammer und der vpi des Landes eine praxistaugliche Richtlinie auf Grundlage des Eurocode 3, Teil 1 und Teil 6, erarbeiten. Dabei soll die aufs Wesentliche komprimierte Richtlinie eine wirtschaftliche und übersichtliche Bemessung ermöglichen. Ziel ist ein stringenter Aufbau der Richtlinie. Die Bearbeitung soll mittels Handrechnung möglich sein. Anstelle der Vielzahl von Lastfallkombinationen, wie sie im Eurocode vorgesehen sind, werden deutlich vereinfachte Lastfall-Kombinationen in Anlehnung an DIN 18800 ohne  $\psi$ -Beiwerte gesetzt. Anhand von üblichen Rahmentragwerken wurde in umfangreichen Vergleichsrechnungen gezeigt, dass diese zu annähernd den gleichen Bemessungslasten bei deutlich verringertem Berechnungsaufwand führen. Auch werden die Spannungsnachweise für Querschnitte und Schweißnähte auf das Format der DIN 18800 zurückgeführt, das mechanisch wesentlich einfacher nachzuvollziehen ist. Für Biegedrillknicken wird ein einfacher Ansatz mit einem Ersatzdruckstab in der Biegedruckzone vorgeführt.

Der Zukunftsforscher Dr. Daniel Dettling vom re:publik-Institut für Zukunftspolitik (Berlin) zeigte in einem weiteren Beitrag die Chancen des demografischen Wandels für Gesellschaft und Wirtschaft auf: Wir werden zukünftig gesünder, aktiver und länger leben, sagte er, weil er das Altwerden nicht als Schicksal betrachtet, sondern als einen Prozess. In einem Mehrphasen Modell werde das Rentenalter in Zukunft vermehrt zum „Unruhezustand“ und das „Pro Aging“ zur neuen Philosophie einer Gesellschaft des langen Lebens. Einer Minderheit von zornigen „Silver Zombies“ werde in Zukunft die große Mehrheit der gelassenen und optimistischen „Free Ager“ gegenüberstehen.

Eines der aktuellen Top-Themen der Planer und Bauschaffenden behandelte der Architekt Wolfgang Zimmer von den KZA Architekten in Essen: Building Information Modeling (BIM). Die dreidimensionale Darstellung einer Planung wird dabei durch transparente Kommunikationsformen zum kooperativen Miteinander im Planungsteam erweitert. Dabei kommen den Technik Strukturen der



„Open-BIM“-Zusammenarbeit mit der Schnittstelle IFC, den Auftraggeber-Information-Anforderungen (AIA) und dem BIM-Abwicklungsplan (BAP) eine zentrale Bedeutung zu. Das „BIM Collaboration Format“ (BFC) ermöglicht in der Kollisionsprüfung der Modelle eine präzise und schnelle Information aller Beteiligten.

Treppen in Glasbauweise waren das Thema von Dr.-Ing. Martin Teich von der Firma Seele und seinem Co-Autoren Dipl.-Ing. Eric Busse vom Ingenieurbüro Feldmann + Weynand Consulting in Aachen. Transparente Glastrep-

pen erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Die Konstruktion besteht in der Regel aus Glasstufen und lastabtragenden Glaswangen. Die Wangen und die Stufen stabilisieren sich gegenseitig. Die Verbindung zwischen Stufe und Wange erfolgt mit metallischen Fittings, die in das Glas eingelassen werden. Durch ihre Biegesteifigkeit können die Verbinder die Tragsicherheit sicherstellen, wobei ein duktiler Versagen der metallischen Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit vor dem Glasversagen angestrebt wird. Aufgrund der zahlreichen Abweichungen von den technischen Baubestimmungen ist eine

Zustimmung im Einzelfall beziehungsweise vorhabenbezogene Bauartengenehmigung erforderlich.

Das Schlusswort für das diesjährige Bautechnische Seminar NRW hielt der Präsident der Ingenieurkammer Bau NRW, Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, der den außergewöhnlich hochstehenden sachlichen Inhalt dieses Seminars lobte, das aus dem fachlichen Terminplaner vieler Ingenieure jedweder Couleur nicht mehr wegzudenken sei.

*Dr.-Ing. Wolfgang Roeser, Aachen*

## Dipl.-Ing. Kurt Harrer †

**Am 15. Juli 2017 ist im 87. Lebensjahr nach langer schwerer Krankheit Diplom Ingenieur Kurt Harrer gestorben, der Ehrenvorsitzende der Landesvereinigung der Prüflingenieur für Bautechnik in Baden-Württemberg.**

Kurt Harrer hat sich neben seiner Tätigkeit in seinem Karlsruher Ingenieurbüro zeit seines Lebens berufsständisch stark engagiert. 1973 wurde er in den Vorstand der VPI in Baden-Württemberg berufen, von 1983 bis 1995 war er dessen 1. Vorsitzender, danach deren Ehrenvorsitzender. In seine Amtszeit fielen wichtige Entscheidungen für den Berufsstand in der Bundesrepublik Deutschland im Allgemeinen und in Baden-Württemberg im Besonderen.

Mit seinem Engagement unterstrich Kurt Harrer immer wieder die Bedeutung einer starken berufsständischen Vereinigung. Durch seine integre Art, seine profunden Kenntnisse und seinen stetigen Einsatz für die Sache hat sich Harrer bei den Prüflingenieuren in Baden-Württemberg und in der Öffentlichkeit ein hohes Ansehen erworben.

Harrer wurde am 16. Juni 1930 in Wien geboren und siedelte 1936 mit seinen Eltern nach Karlsruhe um, wo er 1949 am Goethe-Gymnasium das Abitur ablegte. Trotz der damaligen Kriegswirren konnte er unmittelbar danach die Alma mater Fridericiana als Student der Fakultät für Bauingenieurwesen besuchen. Er beendete



sein Studium im Jahre 1954 nach nur fünf Jahren und trotz paralleler Tätigkeit im Ingenieurbüro Fischer. Anschließend arbeitete er im Konstruktionsbüro der Firma Holzmann AG, Niederlassung Mannheim. 1956 erhielt er das Angebot, in das Ingenieurbüro Fischer als Diplom-Ingenieur einzutreten. Mit 29 Jahren nahm Harrer, zwischenzeitlich Oberingenieur, die Chance wahr, das Büro als alleiniger Inhaber zu übernehmen.

Es ist nicht vermessen zu behaupten, dass er seit dieser Zeit die Stadtgeschichte Karlsruhes in baulichen Dingen positiv beeinflusst hat. In Zusammenarbeit mit namhaften Ingenieurkollegen und Architekten widmete sich sein Ingenieurbüro der statischen und konstruktiven Bearbeitung von Hochbauten, beispielsweise wurde 1960 schon der 70 Meter hohe Verwaltungssitz des Badenwerkes als eines der ersten Hochhäuser in Stahlverbundkonstruktion entworfen.

Der Bauboom der 60er und 70er Jahre eröffnete ein neues Betätigungsfeld: Ausgehend von der Rationalisierung von Wohnanlagen erfolgte der Aufbau des Fachbereiches „Projektsteuerung“, der heute ein wesentliches Element im Leistungsbild dieses Ingenieurbüros darstellt.

Zusammen mit seinen damaligen Partnern, den Diplom-Ingenieuren Eberhard Adam und Andreas Hadisaputro, trieb er gleichzeitig den Ausbau des Fachbereichs Brücken- und Tiefbau voran. Seit dieser Zeit entstanden hunderte von Brücken auf den Reißbrettern und den CAD-Anlagen des Ingenieurbüros; viele andere wurden geprüft.

Auch in der Verbandsarbeit war er sehr aktiv: 1965 erfolgte der Eintritt in den VBI, 1966 die Anerkennung als Prüflingenieur für Baustatik und die Mitgliedschaft im VPI. 1973 wurde er Mitglied des Rechtsausschusses sowie des HOAI-Ausschusses und hat in diesem Zusammenhang viele Auswertungen vorgenommen.

Mit der Errichtung der Ingenieurkammer Baden-Württemberg 1990 führten ein weiteres Mal seine berufsständischen Vorstellungen zum Erfolg. Frühzeitig stellte er fest, dass sich auch in den Ingenieurverbänden nur dann etwas bewegt, wenn sich Mitglieder der Gemeinschaft verpflichtet fühlen und dazu beitragen, ihren Berufsstand zu fördern und zu festigen.

*Dipl.-Ing. Matthias Gerold*

# Auch in diesem Jahr kamen mehr als 700 Teilnehmer zum Fortbildungsseminar Tragwerksplanung in Hessen

## Acht aktuelle ingenieurtechnische Vorträge von namhaften Referenten auf höchstem fachlichen Niveau

Zum mittlerweile schon 31. Mal hat am 5. September 2017 in Friedberg das hessische Fortbildungsseminar Tragwerksplanung stattgefunden, eine Gemeinschaftsveranstaltung der Vereinigung der Prüflingenieurinnen für Baustatik in Hessen, der Ingenieurkammer Hessen und des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. Und wieder war dieses Seminar bestens besucht: mehr als 700 Teilnehmer waren gekommen, um acht Vorträge hochrangiger Referenten zu hören, deren Renommee eine Veranstaltung auf höchstem fachlichen Niveau gewährleisten. Eine ergänzende Fachausstellung bot darüber hinaus, wie jedes Jahr – die Möglichkeit, Kontakte zu knüpfen und sich einen Überblick über aktuelle Trends und Produkte zu verschaffen.

Den Reigen der Vorträge des diesjährigen Fortbildungsseminars eröffnete Baudirektor Dr.-Ing. Dieter Pohlmann vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL), der die Veranstaltung eröffnete, dabei neue bauordnungsrechtliche Regelungen vorstellte und vor allem darauf hinwies, dass es für die unmittelbare Geltendmachung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) veröffentlicht worden sind, in Hessen noch der öffentlichen Bekanntmachung der entsprechenden Verwaltungsvorschrift durch das HMWVL bedürfe. Außerdem kündigte Pohlmann an, dass mit dem Inkrafttreten der Novelle der Hessischen Bauordnung nicht vor Ende des Jahres 2017 zu rechnen sei.

Dem fügte der Präsident der Ingenieurkammer Hessen (IngKH), Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Udo F. Meißner, in einem kurzen Grußwort Informationen über den Stand der Einführung des Ingenieurgesetzes bezüglich der Fachingenieurinnen und Fachingenieure (IngKH) an. Gemäß der im Staatsanzeiger für das Land Hessen veröffentlichten Satzung seien, so Meißner, neun Fachgebiete vorgesehen, und zwar:

- Arbeitsschutz im Hoch- und Tiefbau,
- Barrierefreies Planen und Bauen,
- Building Information Modeling (BIM),
- Brandmeldeanlagen,
- Brandschutz,
- Energieeffizienz,
- Liegenschaftswesen,
- Nachhaltiges Planen und Bauen und
- Wasserwirtschaftsplanung.

Meißner erläuterte die Vorgehensweise der Einführung der Fachingenieure und Fachingenieurinnen (IngKH) und berichtete, dass bereits Fachkommissionen für die einzelnen Fachgebiete gebildet worden seien, die die fachlichen Anforderungen für die Eintragung erarbeiten. Diese Richtlinien werden, so kündigte Meißner an, nach der Genehmigung durch das Wirtschaftsministerium im Staatsanzeiger veröffentlicht, was für die Fachgebiete Energieeffizienz und Brandschutz bereits erfolgt und für das Fachgebiet Barrierefreies Planen und Bauen in Kürze zu erwarten sei. Damit könnten ab sofort Anträge auf Eintragung gestellt werden, wobei man wissen müsse, dass bereits eingetragene Fachplaner (IngKH) sowie Ingenieure mit langjähriger Berufserfahrung und eigenverantwortlichen Planungs- und Beratungstätigkeiten vom vereinfachten Eintragungsverfahren profitieren könnten. Für neue Interessenten seien Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen der Ingenieur-Akademie Hessen (IngAH) in Vorbereitung.

Meißner informierte die Teilnehmer außerdem über Probleme mit der Anwendung des Hessischen Vergabe- und Tariftrüegesetzes (HVTG). So beklagten viele freiberuflich tätige Ingenieure gravierende Missstände bei der Ausschreibung und Vergabe von öffentlichen Aufträgen, beispielsweise

- intransparente Vergabeverfahren,
- den hohen bürokratischen und juristischen Aufwand,
- einen mangelnden Leistungswettbewerb,
- ruinöse Preiswettbewerbe,
- unauskömmliche Honorare,
- das Unterlaufen der HOAI,
- den unverhältnismäßigen Kostenaufwand seitens der Auftraggeber sowie

- unbezahlte und unangemessene Akquisitionskosten der Auftragnehmer.

Das alles habe, so Meißner, eine erheblich gesunkene Erfolgsquote und eine Verweigerung von Bietern zur Folge. Für 2017 ist, so kündigte Meißner an, die Evaluation des Vergabe- und Tariftrüegesetzes und die Umsetzung der Unterschwellenvergabeordnung (UVgO) auf Landesebene zu erwarten. Ziel der Ingenieurkammer Hessen sei es daher, im konstruktiven Dialog mit der Politik notwendige und zukunftsfähige Vorschläge in die Evaluation einzubringen, damit freiberufliche Dienstleistungen von den neuen bürokratischen Restriktionen ausgenommen werden.

Die ingenieurfachlichen Beiträge dieses Seminars bestritten

- Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmann (Honorarprofessor Stahlbau der TU Darmstadt), der sich mit der Dokumentation von Standsicherheitsnachweisen im Stahlbau und der Schnittstelle zwischen Planung und Ausführung befasste. Sein Fazit: Software-Nachweisprogramme setzen zwar die Nachweismethoden der EN 1993-8 um, aber eine Kombination von Anschlüssen an einem Knoten ist oft nicht möglich, die Dokumentation sei schlecht nachvollziehbar und prüfbar, konstruktive Aspekte der Fertigung und Montage der Stahlbauteile blieben außer Betracht. Das bedeute einen erhöhten Abstimmungsbedarf bei integralen Berechnungsmethoden und sei somit nicht wirtschaftlich,

- Dr.-Ing. Oliver Geibig, (Hilti Deutschland AG), der vor allem über das sogenannte Lean Design Management (LDM) referierte, das die kooperative Zusammenarbeit im BIM-Planungsprozess begleiten könne. Kern dieser Methode sei es, Hersteller, Lieferanten und Montagefirmen in die Prozesskette und damit sehr viel früher auch in die Ausführungsplanung einzubinden,

- Prof. Dr.-Ing. Stefan Kimmich (RIB Engineering GmbH, 70567 Stuttgart), der die Herausforderungen bei der Nachrechnung und Erächtigung von Straßenbrücken vorstellte und dafür vier Maßnahmen und Investitionen

als notwendig darstellte: die objektbezogene Nachrechnung, die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, die Planung der Maßnahmen und die Erlangung des Baurechts und die Finanzierung und Durchführung der Baumaßnahme. In der Praxis sei festzustellen, dass die Nachrechnung und Ertüchtigung von Brückenbauwerken in unmittelbarem Zusammenhang stünden und aufeinander aufbauten. Besonders wies Kimmich auf den Umstand hin, dass man, um bestehende Brücken zukunftsfähig machen zu können, ein reiches historisches Bauwerks- und Normenverständnis besitzen müsse, dessen Inhalte er ausführlich darstellte,

■ Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jürgen Künzlen (Fa. Adolf Würth GmbH & Co. KG) informierte über die neuen Anforderungen an die Befestigung von Fenstern und absturzsichernden Verglasungen. Sein Fazit: Moderne Fensterelemente und Fensterprofile führen heute dazu, dass die handwerkliche Praxis des Ausschäumens der Anschlussfuge nach der Befestigung des Fensters im Mauerwerk mit PU-Schaum nicht mehr ausreicht. Detaillierte Regelungen dafür, wie Fensterbefestigungen in verschiedenen Untergründen sicher ausgeführt werden sollen, gebe es aber derzeit nicht.

■ Dipl.-Ing. Wolfgang Weese (Ingenieurbüro für Tragwerksplanung und Bauwesen Engelhardt + Weese, 35683 Dillenburg) und Dipl.-Ing. Franz Schächer (Ingenieurbüro für Baustatik und baulichen Brandschutz, 61118 Bad Vilbel) sprachen über die Wechselwirkung zwischen dem Brandschutz nach neuer In-



*DAS SCHLUSSWORT des diesjährigen, 31. Tragwerksplanerseminars in Friedberg kam Dr.-Ing. Ulrich Deutsch zu, dem Vorsitzenden der Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik in Hessen. Er konstatierte zufrieden, dass auch in diesem Jahr wieder an die 700 Teilnehmer zu dieser traditionellen Fortbildungsveranstaltung gekommen sind.*

dustriebau-Richtlinie und der Konstruktion. Sie hoben hervor, dass nach der Industriebau-Richtlinie größere und mehrgeschossige Bereiche ohne Anforderung an die Feuerwiderstandsdauer der tragenden Bauteile realisiert werden können,

■ Prof. Dr.-Ing. Steffen Kind (Ingenieurbüro für Bauwesen, Prof. Kind & Partner, 65185 Wiesbaden) berichtete über diverse Schadensfälle durch Einstürze von Bauteilen und deren Schadensursachen. Eine Häufung dieser Schadensfälle trete beispielsweise bei Unterdecken, Gebäuden ohne Nutzung so-

wie bei landwirtschaftlich genutzten Gebäuden auf. Aber auch stabförmige, leichte Konstruktionen wie Holz- und Stahlbaukonstruktionen seien in Verbindung mit geringen Eigenlasten und großen Spannweiten betroffen,

■ Prof. Dr.-Ing. Peter Lieblang (Bauphysiklabor TH Köln) befasste sich mit Schallmessungen am Bau und mit dem Schallschutz nach DIN 4109. Lieblang erklärte seine Überzeugung, dass sich eine Übereinstimmung der Bauausführung mit dem Schallschutznachweis ohne stichprobenartige Baumesungen nicht nachweisen lassen könne und dass für eine sinnvolle Durchführung der Messungen gründliche Kenntnisse der Möglichkeiten und Grenzen der entsprechenden Verfahren unbedingt notwendig seien. So gesehen müsse sich die DIN 4109: 2016-07 in der Baupraxis noch beweisen,

■ Dipl.-Ing. Dominic Henner (deBAKOM GmbH, 51519 Odenthal) beschäftigte sich mit dem Problem des Baustellenlärms, für den prinzipiell der Bauherr verantwortlich sei. Dies sei auch der Grund, warum er, Henner, immer dafür plädiere, dieses Thema bereits bei der Planung zu berücksichtigen. Dabei sei zu beachten, dass behördliche Auflagen während der Bauphase Mehrkosten verursachen könnten, deren Übernahme von den am Bau Beteiligten im Vorfeld geregelt werden sollten. Man müsse auch wissen, dass die Folgen einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte um mehr als 5 dB die Beschränkung der täglichen Betriebszeiten oder die Einrichtung eines passiven oder aktiven Lärmschutzes sein könnten.

## Bitte schon vormerken: Die nächste Arbeitstagung der Prüfsingenieure ist vom 27. bis 29. September in Münster

**Vom 27. bis 29. September 2018 wird die nächste Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) stattfinden.**

Sie wird in Münster durchgeführt, und

zwar in einem Hotel in unmittelbarer Nähe des Aasees, fußläufig zentral gelegen.

Vor den traditionellen beiden Tagen der Fachvorträge und fachlichen Diskussionen wird dort am 27. September die jährliche

Mitgliederversammlung der BVPI abgehalten. Neben den üblichen verbandstechnischen Regularien wird in dieser Sitzung auch die satzungsgemäße Wahl der Mitglieder des Vorstandes der Bundesvereinigung auf der Tagesordnung stehen.

# Eine Vision wird Realität: Der Betonbau der Zukunft ist nachhaltig, leicht, flexibel und formbar – dank Carbon Für Sanierung oder Neubau sind jetzt Decken und Wände, Fuß- und Radwegbrücken, Bögen und Fassaden sein Metier

Was in dieser Zeitschrift zum Thema Carbonbeton vor gut sechs Jahren noch als „Vision“ bezeichnet wurde [1], ist heute ereignisreiche Realität: Mit Carbon-/Textilbeton wurden unter anderem bereits Decken im Hochbau, Silowände oder Bögen und Fahrbahnen von Brücken saniert. Im Neubau kommt Carbon-/Textilbeton beispielsweise bei Fassaden, Sandwichwänden und Fußgängerbrücken schon zum Einsatz. Und das weltweit größte Forschungsprojekt mit über 170 Partnern, bis zu 60 Millionen Euro Forschungsmitteln und acht Jahren Laufzeit widmet sich der Weiterentwicklung und der Markteinführung des Carbonbetons. In diesem Beitrag werden nun die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen, eine Biegebemessung gemäß geltender Zulassung, eine Auswahl an Praxisprojekten und das Großforschungsprojekt „Carbon Concrete Composite“ (C<sup>3</sup>-Projekt) vorgestellt, das sich vorrangig der Entwicklung und alsbaldigen Markteinführung von Carbonbeton widmet.

## 1 Einführung

Beton ist ein hervorragender Baustoff. Er kann in jede beliebige Form gebracht werden, ist unter Umständen wasserundurchlässig, in einem weiten Temperaturbereich dauerhaft einsetzbar, und er kann hohe Druckkräfte aufnehmen. Da Beton jedoch so gut wie keine Zugkräfte absorbieren kann, war die Anwendung des Betons bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts fast ausschließlich auf solche Bauteile beschränkt, in deren Querschnitt keine Zugkräfte auftraten.

Mit der Erfindung des Stahlbetons (früher Eisenbeton), bei dem zur Aufnahme von Zugkräften Stäbe und Gitter aus Stahl in den Beton eingelegt werden, konnte diese Anwendungseinschränkung überschritten werden. Es stellt sich jedoch heraus, dass die so vielversprechende Stahlbewehrung im Beton korrodieren kann, denn der Beton verliert über die Zeit sein alkalisches Milieu – welches für den Schutz der Stahlbewehrung von großer Bedeutung ist. Die Folge können teils massive Bauwerksschäden und damit verbundene steigende Instandhaltungskosten sein. Indem man unter anderem die Betondeckung deutlich dicker ausführt als noch vor Jahrzehnten üblich, versucht man das schützende alkalische Milieu in Höhe der Bewehrung länger aufrechtzuerhalten.

Ein anderer Weg, den man vor allem in der Wissenschaft geht, ist die Suche nach alternativen, nichtrostenden Bewehrungsmaterialien. Zu nennen sind beispielhaft Edelstahl, Bambus und Holz, aber auch Basalt, Glas – und Carbon.

Die Bewehrungen aus Glas- und Carbonfasern bilden vor allem in Deutschland einen großen Forschungsschwerpunkt. Damit kombinierte Betone ergeben leistungsfähige Verbundwerkstoffe, bekannt unter den Namen Textilbeton und Carbonbeton (siehe unter anderem in [2]).

Der Definition und Abgrenzung der in diesem Beitrag verwendeten Begriffe Stahlbeton, Carbonbeton, Textilbeton und C<sup>3</sup>-Projekt dient **Abb. 1**.

In Deutschland wurde die Grundlagenforschung auf dem Gebiet nicht-metallischer Bewehrungen vorrangig durch zwei von 1999 bis 2011 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Sonderforschungsbereiche (SFB) in Aachen und Dresden vorangetrieben ([3], [4]).

Der Schwerpunkt der Entwicklung lag auf dem Textilbeton mit einer Bewehrung aus alkaliresistentem (AR-)Glas. Erst in den letzten Jahren der Sonderforschungsbereiche wurde die Carbonbewehrung immer mehr in den Fokus genommen. Das Großforschungsprojekt „Carbon Concrete Composite“ (C<sup>3</sup>-Projekt), welches sich vorrangig der Entwicklung und Markteinführung von Carbonbeton widmet, ist im Jahr 2014 begonnen worden ([5], [6]). Dieses Projekt ist mit deutschlandweit über 170 Partnern (zwei Drittel davon sind Unternehmen und Ver-



**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach** studierte Bauingenieurwesen an der Universität Dortmund und arbeitete dann im Ingenieurbüro Köhler + Seitz; er ist Inhaber des Lehrstuhls für Massivbau der TU Dresden, wo er den Leichtbau mit Textil- und Carbonbeton erforscht, und er ist Vorsitzender des Vorstandes und Sprecher des C<sup>3</sup>-Projektes



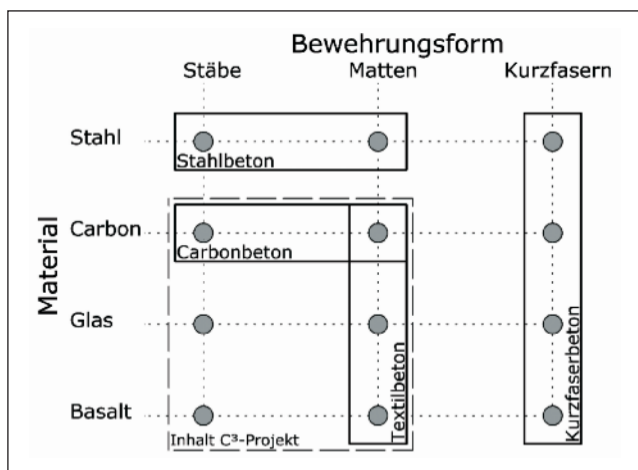
**Dr.-Ing. Frank Schladitz** studierte Bauingenieurwesen in Leipzig und arbeitete dann als Projektleiter im Ingenieurbüro Leonhardt, Andrä und Partner; seit 2007 forscht er an der TU Dresden über Textil- und Carbonbeton und leitet das C<sup>3</sup>-Projekt.



**Dipl.-Ing. Jörg Weselek** studierte bis 2012 Bauingenieurwesen (Computational Engineering) an der TU Dresden und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für spezielle Massivbauwerke.



**Dipl.-Ing. Robert Zobel** studierte bis 2012 Bauingenieurwesens (Konstruktiver Ingenieurbau) an der TU Dresden und leitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter die Forschungsgruppe Carbonbeton am dortigen Institut für Massivbau.



Grafik: Frank Schladitz

Abb. 1: Definition und Abgrenzung der Begriffe Stahlbeton, Carbonbeton, Textilbeton, Kurzfaserbeton und C<sup>3</sup>-Projekt

bände, ein Drittel Forschungseinrichtungen) und rund 60 Millionen Euro Forschungsmitteln das derzeit größte Forschungsprojekt im Bauwesen (siehe weiter unten Abschnitt 5).

Neben diesen Forschungsvorhaben nehmen die Aktivitäten einen immer größeren Raum ein, die zu zahlreichen Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) oder ersten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) führen (siehe unten Abschnitt 2). Bemessungsmodelle werden weiterentwickelt (siehe Abschnitt 3) und bereits zahlreiche Bauvorhaben (Abschnitt 4) wurden realisiert, bei denen die Vorteile des Carbon- und Textilbetons in der Baupraxis gezeigt werden konnten.

## 2 Aktueller Stand der rechtlichen Grundlage

Für die Etablierung von Carbonbeton sind technische Regeln elementar. Erst die Schaffung technischer Regeln, sogenannter Richtlinien, ermöglicht eine einfache Erfüllung baurechtlicher Auflagen. Sie stellen die Basis einer breiten Anwendung und Akzeptanz des Werkstoffs Carbon-/Textilbeton durch Bauherren, Tragwerksplaner und Architekten dar.

Allgemeingültige bauaufsichtliche Richtlinien für Carbon-/Textilbeton sind gegenwärtig noch nicht verfügbar. Zurzeit wird daher von allen an der Carbonbetonforschung Beteiligten im Rahmen des C<sup>3</sup>-Projektes daran gearbeitet, Forschungsergebnisse in technische Regeln umzusetzen und so eine Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbetons (DAfStb) für Carbonbeton vorzubereiten.

Damit der Verbundwerkstoff dennoch in Deutschland Anwendung findet, sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) oder für jedes Bauvorhaben eine einzelne Zustimmung im Einzelfall (ZiE) notwendig. Die Anwendung bei den meisten der bereits durchgeführten Bauvorhaben mit Carbon-/Textilbeton, hier beispielhaft in Abschnitt 4 beschrieben, erfolgte unter Verwendung einer ZiE. Die für eine ZiE notwendigen grundlegenden theoretischen und experimentellen Nachweise liegen bereits weitgehend vor. Somit sind meist nur noch die bauvorhabenspezifischen Nachweise zu erbringen, was den zeitlichen und finanziellen Aufwand für eine ZiE erheblich reduziert. Erfahrungsgemäß werden für die Erlangung einer ZiE für Carbonbeton ein bis drei Monate benötigt.

Neben den ZiE gibt es bereits einzelne abZ für verschiedene Anwendungen von Carbon-/Textilbeton. Diese abZ ermöglichen unter anderem die unmittelbare Verwendung des Carbon-/Textilbetons, wenn der Anwendungsfall in der abZ abgedeckt ist. Mit der im Sommer 2014 erteilten und Ende 2016 verlängerten abZ „Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton)“ mit der Nummer Z-31.10-182 [7] wurde der Grundstein für eine einfachere Anwendung des Carbon-/Textilbetons im Bestand gelegt. Diese Zulassung ermöglicht es, Carbon-/Textilbeton als Biegeverstärkung von Stahlbetonbauteilen im Innenbereich einzusetzen. Zudem bildet die Zulassung eine hervorragende Grundlage für weitere Anwendungsfälle im Bestand, die nicht durch diese abgedeckt sind. Beispielsweise bestand bei der Sanierung eines Zuckersilos mit Carbon-/Textilbeton die Möglichkeit, bei der Beantragung der erforderlichen ZiE auf diese Zulassung aufzubauen und gleichzeitig einen Nachweis für dessen Eignung an gekrümmten Flächen zu erbringen.

Neben der Zulassung für Biegeverstärkung gibt es Zulassungen für Fassadenplatten (zum Beispiel Z-33.1-577 [8] und Z-21.9-2072 [9]) und auch bereits für Sandwichwand-Elemente (Z-71.3-39 [10]). AbZ für Fuß- und Radwegbrücken sowie für Fertigteilarbeitsgaragen sind beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) gerade in der Bearbeitung [11]. Des Weiteren sind die Hersteller von textilen und stabförmigen Bewehrungen gegenwärtig bestrebt, Zulassungen zu erwirken, die es ermöglichen, die entwickelten Bewehrungen unabhängig von konkreten Bauteilen einsetzen zu können – ähnlich wie eine Stahlbewehrung.

## 3 Bemessung eines verstärkten, biegebeanspruchten Bauteils

### 3.1 Einleitung

Basierend auf der herkömmlichen Stahlbetonbemessung werden im Folgenden die für die abZ Z-31.10-182 [7] angewendeten Berechnungs- und Bemessungsmodelle zur Bestimmung der Tragfähigkeit biegebeanspruchter, textilbetonverstärkter Stahlbetonbauteile vorgestellt. Neben dem iterativen Berechnungsablauf, Tabellen und Diagrammen für eine einfache und praxisgerechte Bemessung werden zudem Ergebnisse einer Studie über den Einfluss der angenommenen Spannungs-Dehnungslinie für Carbonbeton sowie über den Einfluss der vor den Verstärkungsmaßnahmen eingepprägten Dehnungen vorgestellt.

### 3.2 Querschnittsnachweis

Im Rahmen einer Bemessung für überwiegend biegebeanspruchte Bauteile ist nachzuweisen, dass die inneren Schnittgrößen mit den äußeren Schnittgrößen im Gleichgewicht stehen. Der Nachweis ist für ausgewählte Querschnitte innerhalb des Tragwerks zu führen. Im Allgemeinen wird dabei der Querschnitt beziehungsweise der Gehalt der Bewehrung als Unbekannte gewählt, die es zu bestimmen gilt. Somit besteht die Bemessungsaufgabe aus mehreren Teilaufgaben, die nacheinander anhand verschiedener Hilfsmittel, beispielsweise sogenannter Bemessungstabellen, zu lösen sind. Ferner besteht die Möglichkeit, den iterativen Prozess durch Bemessungssoftware auszuführen.

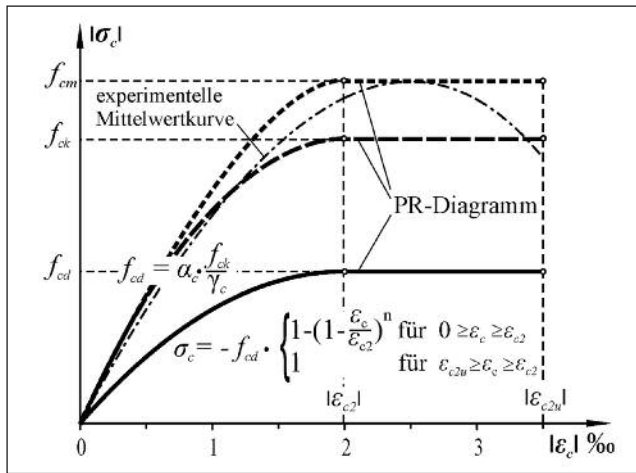
### 3.3 Grenzzustände

Die Bemessung des Querschnitts soll im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) durchgeführt werden. Jede das Versagen beschreibende Dehnungsebene beinhaltet mindestens eine der Grenzdehnungen der Materialien. Für einen unverstärkten, biegebeanspruchten Querschnitt

betrifft es auf der Bauteiloberseite die Grenzdehnung des Betons und auf der Unterseite die des Stahls  $\epsilon_{su}$ .

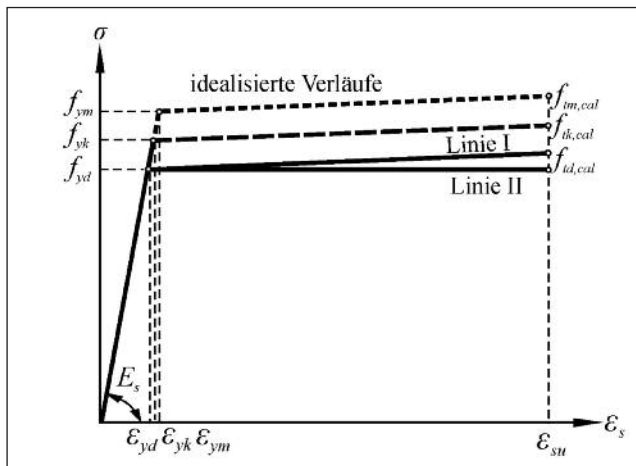
Im Fall eines verstärkten Querschnitts sind an der Unterseite Schichten von Carbonbeton – wie in **Abb. 5** gezeigt – appliziert, deren charakte-

ristische Dehnungen fortan für ein Zugversagen herangezogen werden. Es wird, aufgrund der signifikant geringeren Grenzdehnung des Carbons  $\epsilon_{tu}$  (siehe **Tabelle 1**) ein Versagen der Stahlbewehrung im Normalfall als nicht möglich erachtet, sodass letztendlich nur Beton- oder Carbonversagen maßgebend wird.



Grafik: Jörg Weselek

Abb. 2: Materialkennlinie für druckbeanspruchten Normalbeton nach EC2 [12]



Grafik: Jörg Weselek

Abb. 3: Materialkennlinie für Betonstahl nach EC2 [12]

### 3.4 Materialmodelle

Die angeführten Grenzdehnungen entstammen im Allgemeinen idealisierten Spannungs-Dehnungsbeziehungen der Materialien unter ein- oder mehraxialer Belastung. Hierbei sind die im späteren Bauteil vorkommenden Spannungsverhältnisse von Belang. Daher werden im Folgenden die für den gegebenen Querschnitt relevanten Beziehungen benannt und gemäß **Tabelle 1** mit charakteristischen und Bemessungswerten versehen.

#### 3.4.1 (Alt-)Beton

Eine vereinfachte Spannungs-Dehnungsbeziehung für das Verhalten von Beton unter einaxialer Druckbeanspruchung wird in Form des laut Eurocode 2 [12] zulässigen Parabel-Rechteck-Diagramms angenommen, wie für Normalbeton in **Abb. 2** abgebildet.

#### 3.4.2 Stahl

Die Materialkennlinie für Stahl wird gleichsam dem Eurocode 2 [12] und dessen nationalem Anhang entnommen. Eine bilineare Spannungs-Dehnungsbeziehung mit einem weiteren Anstieg der Spannung nach Erreichen der Fließdehnung wird für das Zug- und Drucktragverhalten berücksichtigt (**Abb. 3**).

#### 3.4.3 Carbonbeton

Wird Carbonbeton zur Verstärkung bestehender Tragwerke unter Biegebeanspruchung herangezogen, ist momentan für diesen Anwendungsfall lediglich die Applikation textiler Lagen, eingebettet in einen speziellen Feinbeton, zugelassen [7]. Es handelt sich somit um einen Kompositwerkstoff, dessen Spannungs-Dehnungsbeziehung als linear-elastisch mit begrenzter Zugfestigkeit beschrieben werden kann. In **Abb. 4** werden die in diesem Beitrag näher zu untersuchenden zwei Verläufe dargestellt. Bei dem im Folgenden als Variante I bezeichneten Verlauf sind lediglich Bemessungswerte für die Zugfestigkeit  $f_t$  des Kompositwerkstoffs zu bilden. Das heißt, die Zugfestigkeit ist alleinig abzumindern, wohingegen in Variante II ebenfalls die rechnerische Grenzdehnung  $\epsilon_{tu}$  mittels eines Teilsicherheitsbeiwerts  $\gamma_t$  für die Bemessung reduziert wird. In Variante I

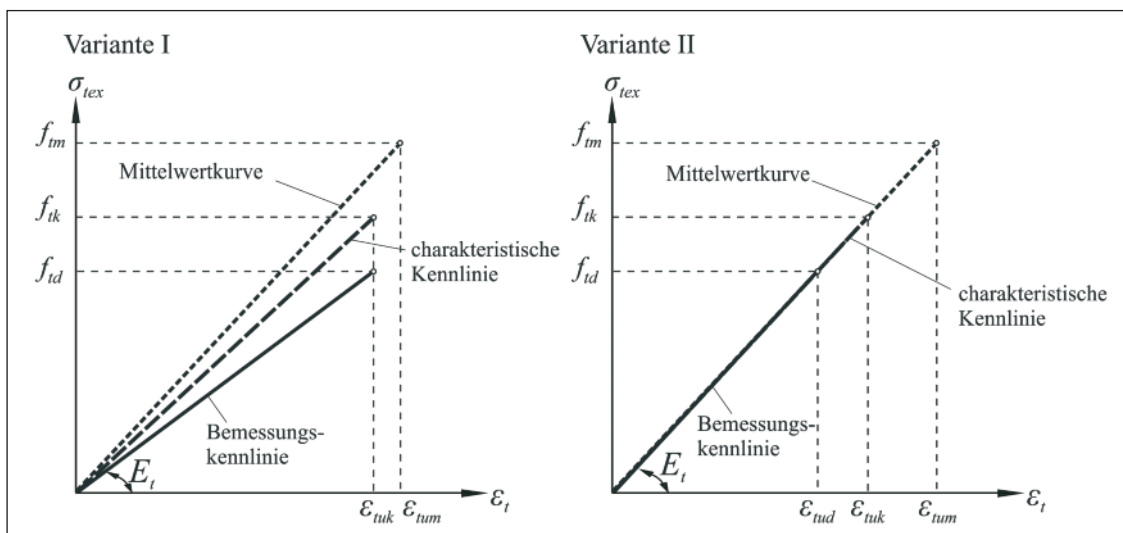


Abb. 4: Materialkennlinien für Carbon

Grafik: Jörg Weselek

Normalbeton [12]			charakteristisch	Sicherheitsfaktor	Bemessungswert
Normalbeton					
Druckfestigkeit	$f_c$	$\frac{MN}{m^2}$	12–50	$\alpha_{cc} = 0,85$ $\gamma_c = 1,5$	7–28
Festigkeitsstauchung	$\varepsilon_{c2}$	‰	2,0	–	2,0
Grenzstauchung	$\varepsilon_{c2u}$	‰	3,5	–	3,5
Stahl nach [12]			charakteristisch	Sicherheitsfaktor	Bemessungswert
E-Modul	$E_s$	$\frac{MN}{m^2}$	200.000	–	200.000
Streckgrenze	$f_y$	$\frac{MN}{m^2}$	500	$\gamma_s = 1,15$	435
Fließdehnung	$\varepsilon_y$	‰	2,5	$\gamma_s = 1,15$	2,17
Zugfestigkeit	$f_{y,cal}$	$\frac{MN}{m^2}$	525	$\gamma_s = 1,15$	457
Grenzdehnung	$\varepsilon_{su}$	‰	25	–	25
Textil					
Zugfestigkeit nach [7]	$f_t$	$\frac{MN}{m^2}$	1550	$\gamma_t = 1,2$ nach [13]	1292
Grenzdehnung (Var. I) nach [7]	$\varepsilon_{tu}$	‰	7,5	–	7,5
Grenzdehnung (Var. II)	$\varepsilon_{tu}$	‰	7,14	$\gamma_t = 1,2$ nach [13]	5,95

Tabelle 1: Bemessungswerte für den Widerstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit

führt dies zu einem „künstlich“ abgeminderten E-Modul und damit zu einem quasi weicherem Materialverhalten. Dagegen haben die Annahmen der Variante II mit der gleichsam abgeminderten Grenzdehnung, wie im weiteren Verlauf des Beitrags ersichtlich werden wird, einen zu berücksichtigenden Einfluss auf das Ergebnis der Biegebemessung. (Einflüsse aus Temperatur, Dauerstand und Dauerhaftigkeit auf den Bemessungswert werden in diesem Beitrag nicht betrachtet.)

Umfangreiche Untersuchungen diesbezüglich finden gegenwärtig im C<sup>3</sup>-Projekt statt (siehe Abschnitt 4).

In der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung [7] ist ein bilinearer Spannungs-Dehnungsverlauf mit begrenzter Zugfestigkeit angenommen worden. Dieses Modell wurde anfänglich gewählt, da der Kompositwerkstoff mit Gelegen früherer Generationen bei geringen Dehnungen eine geringere Steifigkeit aufgewiesen hat. Durch Weiterentwicklungen konnten die Ursachen detektiert und beseitigt werden, sodass auch unter Verwendung des Zulassungswerkstoffs nach [7] von einem linearen Zugtragverhalten ausgegangen werden kann. Dabei wird in der Zulassung [7] mit den Verläufen der Variante I eine Biegebemessung durchgeführt, da ursprünglich davon ausgegangen worden ist, dass dies zu einer erhöhten Sicherheit führt.

### 3.5 Lösung der Bemessungsaufgabe

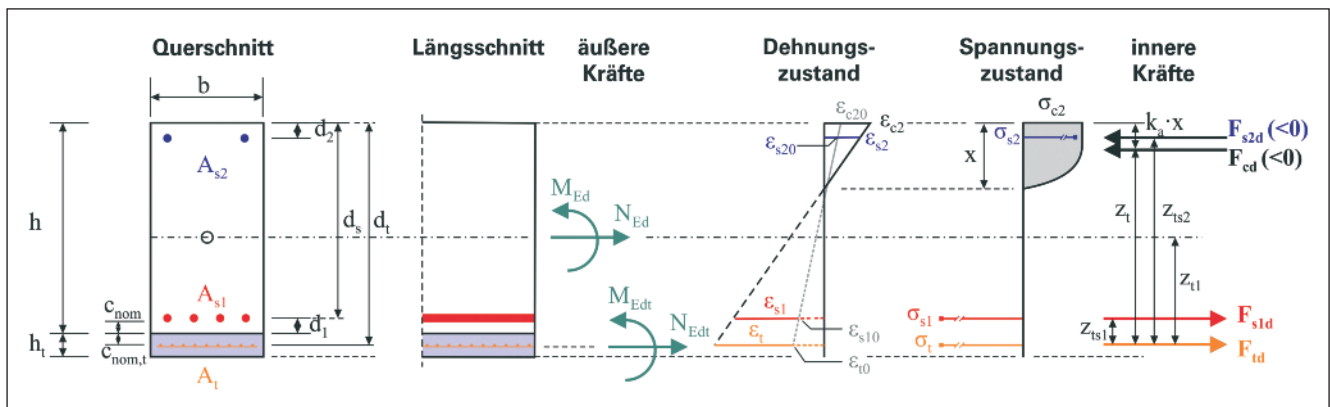
Da eine anzusetzende Dehnungsverteilung über den Querschnitt anfänglich unbekannt ist, werden zur Lösung folgende Vereinfachungen getroffen:

- Die Gültigkeit der BERNOULLI-Hypothese, die von einem Ebenbleiben des Querschnitts unter Beanspruchung ausgeht, wird vorausgesetzt.
- Das Gleichgewicht wird am gerissenen Betonquerschnitt gebildet, wobei nur die Bewehrungskomponenten Zugkräfte aufnehmen.
- Für die Zugkraftaufteilung zwischen Carbonbeton und Stahl wird jeweils ein starrer Verbund angenommen; die jeweiligen Bewehrungsdehnungen folgen der BERNOULLI-Hypothese.

Unter den gegebenen Voraussetzungen kann nun anhand eines iterativen Prozesses die erforderliche Bewehrungsmenge der Verstärkungsschicht eines bestehenden Stahlbetonquerschnitts bestimmt werden. In der Arbeit von Bösche [13] ist der Algorithmus als Erweiterung der im Stahlbetonbau üblichen Vorgehensweise, siehe zum Beispiel Zilch und Zehetmaier [15], übersichtlich aufgeführt. Dieses Bemessungsmodell wurde später in Frenzel, Curbach [16] umfassend beschrieben und fand in dieser Form Eingang in die erwähnte bauaufsichtliche Zulassung. In Frenzel [17] werden außerdem aktualisierte Rechenbeispiele mit einer Aufschlüsselung aller relevanten Daten aufgezeigt.

Das Vorgehen soll prinzipiell im Folgenden erörtert und mittels eines Algorithmus' unter Einbeziehung von Bemessungstabellen veranschaulicht werden, sodass die Entscheidung für eine der gezeigten Spannungs-Dehnungsbeziehungen für Carbonbeton nachvollziehbar wird.

Das Kräftegleichgewicht kann mittels Gl. (1) und das Momentengleichgewicht mittels Gl. (2) für den in Abb. 5 gezeigten Rechteckquerschnitt aufgestellt werden. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit



Grafik: Robert Zöbel

Abb. 5: Querschnitt mit Dehnungs- und Spannungsverhältnissen sowie inneren und äußeren Kräften eines verstärkten Biegebalkens mit Carbonbeton

entsprechen die Einwirkungen den Widerständen. Abweichend von Frenzel [17] wird die Wirklinie des Momentengleichgewichts auf Höhe der textilen Bewehrungsebene verschoben, wodurch sich die Berechnungen bezüglich etwaiger Vordehnungen, auf die sich später im Beitrag bezogen wird, entscheidend vereinfachen.

$$N_{Ed} = N_{Rd} = F_{s1} + F_{s2} + F_t + F_c \tag{1}$$

$$M_{Edt} = M_{Rd} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{t1} = -F_{s1d} \cdot z_{ts1} - F_{s2d} \cdot z_{ts2} - F_{cd} \cdot z_t \tag{2}$$

In Gl. (1) und Gl. (2) sind  $F_c$ ,  $F_{s1}$ ,  $F_{s2}$  und  $F_t$  die Resultierenden der Betondruckspannungen und der Stahl- und Carbonzugspannungen. Die Variablen  $z_t$ ,  $z_{ts1}$ ,  $z_{ts2}$  und  $z_{t1}$  markieren die jeweiligen Abstände der entsprechenden Resultierenden gemäß Abb. 5.

An dieser Stelle soll keine geschlossene Herleitung der iterativen Lösung erfolgen. Stattdessen wird lediglich das Schema der Lösungsfindung aufgezeigt.

- Die Iteration beginnt jeweils mit der Vorgabe einer möglichen Dehnungsebene. Da im Grenzzustand der Tragfähigkeit mindestens eine der Grenzdehnungen definitionsgemäß erreicht wird, sollte bei einer bestmöglichen Querschnittsauslastung angefangen werden, alle möglichen Grenzdehnungen sind also erreicht. Im Gegensatz zur bekannten Stahlbetonbemessung, wo dies  $\epsilon_{cu}$  an der Oberseite und  $\epsilon_{su}$  an der Unterseite sind, werden bei einer Dimensionierung einer Verstärkungsschicht die Grenzdehnung des Betons  $\epsilon_{cu}$  beziehungsweise die der textilen Bewehrung  $\epsilon_{tu}$  relevant.
- Als nächstes können die Druckzonenhöhe  $x$  sowie die Lage und Größe der Resultierenden der Betonspannungen  $F_c$  bestimmt werden. Unter Einbeziehung der Hilfsgrößen des Völligkeitsbeiwerts  $\alpha_R$  und des Höhenbeiwerts  $k_a$ , deren Berechnung von der Randdehnung in der Druckzone abhängen und die zur Vermeidung der notwendigen Integration der Druckspannungen  $\sigma_c$  durch eine adäquate Approximation beitragen, kann  $F_c$  ermittelt werden.
- Die Stahldehnungen  $\epsilon_s$  werden nun über die geometrischen Bedingungen im Querschnitt berechnet, sodass die Resultierenden der Stahlzugkraft beziehungsweise der Stahldruckkraft durch Anwendung des in Abschnitt 3.4 beschriebenen bilinearen Materialgesetzes bestimmt werden kann.

- Anschließend kann durch eine geeignete Wahl der Lage der Wirkungsline – im vorliegenden Fall auf Höhe der textilen Bewehrung – die Bedingung des Momentengleichgewichts in Gl. (2) geprüft werden. Ferner ist die vorhandene Querschnittsmenge der Stahlbewehrungen  $A_s$  als bekannt vorauszusetzen.
- Sofern diese Bedingung des Gleichgewichts der Momente nicht erfüllt ist, muss der Algorithmus mit einer veränderten Dehnungsebene neu begonnen werden. Besteht jedoch Momentengleichgewicht, so lässt sich im Nachlauf die Bedingung des Normalkraftgleichgewichts in Gl. (1) nutzen, um die erforderliche Querschnittsfläche der textilen Bewehrung der Carbonbetonschicht  $A_t$  berechnen zu können.

### 3.6 Bemessungstabellen

Da das gezeigte Vorgehen bei händischer Ausführung des Algorithmus' in der Regel zu einem hohen rechnerischen Aufwand führt, haben sich im Bauwesen dimensionslose Bemessungstabellen etabliert. Die Verwendung ist zwar mit Einschränkungen behaftet – beispielsweise in Bezug auf die Wahl der Betongüte oder die Form des Querschnitts –, jedoch kann die Bemessung mithilfe weniger Schritte erfolgen. Soll weiterhin lediglich ein einfach bewehrter Rechteckquerschnitt dimensioniert werden, kann die notwendige Iteration stark verkürzt werden. Der Vollständigkeit halber wird jedoch an dieser Stelle die Verwendung von Zug- und Druckbewehrung berücksichtigt und das Vorgehen anhand der in Abb. 6 beispielhaft dargestellten Bemessungstafel geschildert.

- Die Dehnungen  $\epsilon_{s1}$  und  $\epsilon_{s2}$  infolge der Belastung sind zunächst unbekannt. Daher wird die Annahme getroffen, dass die Zugbewehrung sowie die Druckbewehrung (falls vorhanden) ins Fließen kommen.

Die erste Ermittlung von  $\mu_t$  schließt sich mit Gl. (3) an:

$$\mu_t = \frac{M_{Edt} + F_{s1d} \cdot z_{ts1} + F_{s2d} \cdot z_{ts2}}{b \cdot f_{cd} \cdot d_t^2} \tag{3}$$

mit:

$$F_{s1d} = A_{s1} \cdot f_{yd}; F_{s2d} = A_{s2} \cdot f_{yd}; M_{Edt} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{t1}$$

- Ablesen von  $\omega_t$ ,  $\epsilon_{c2}$  und  $\epsilon_t$  aus der dimensionslosen Bemessungstafel



- Prüfung der Bedingung des Fließens von Stahl mittels Dehnungsrechnungen, *Gl. (4)* und *(5)*:

$$\epsilon_{s1} = \frac{\epsilon_t - \epsilon_{c2}}{d_t} \cdot d_s + \epsilon_{c2} > \epsilon_{yd1} \quad \text{Gl. (4)}$$

$$\epsilon_{s2} = \left| \epsilon_t - \frac{\epsilon_t - \epsilon_{c2}}{d_t} \cdot (d_t - d_2) \right| > \epsilon_{yd2} \quad \text{Gl. (5)}$$

a) Bei der Erfüllung der Bedingungen nach *Gl. (4)* und *Gl. (5)* kann die Ermittlung der erforderlichen Querschnittsfläche des Textils mithilfe der *Gl. (6)* anschließen

$$A_t = \frac{1}{\sigma_t} \cdot (\omega_t \cdot b \cdot f_{cd} \cdot d_t + N_{Ed} - F_{s1d} - F_{s2d}) \quad \text{Gl. (6)}$$

b) Bei Nichterfüllung der Ungleichungen (4) und (5), das heißt, die Druckbewehrung und/oder die Zugbewehrung überschreiten nicht die Fließdehnung  $\epsilon_{yd}$ , muss mittels *Gl. (3)* das bezogene Bemessungsmoment  $\mu_t$  unter Berücksichtigung der ermittelten Dehnungen  $\epsilon_{s1}$  und  $\epsilon_{s2}$  neu bestimmt werden

mit:

$$F_{s1d} = A_{s2} \cdot f_{yd}, \text{ wenn } \epsilon_{s1} \geq \epsilon_{yd1} \quad F_{s2d} = -A_{s2} \cdot f_{yd}, \text{ wenn } |\epsilon_{s2}| \geq \epsilon_{yd2}$$

$$F_{s1d} = E_{s1} \cdot \epsilon_{s1}, \text{ wenn } \epsilon_{s1} < \epsilon_{yd1} \quad F_{s2d} = E_{s2} \cdot \epsilon_{s2}, \text{ wenn } |\epsilon_{s2}| < \epsilon_{yd2}$$

- Ablesen von  $\omega_t$ ,  $\epsilon_{c2}$  und  $\epsilon_t$  aus Bemessungstafel sowie Berechnung der Dehnungen  $\epsilon_{s1;neu}$  und  $\epsilon_{s2;neu}$  zur Überprüfung der vorher ermittelten  $\epsilon_{s1}$  und  $\epsilon_{s2}$  mittels *Gl. (7)* und *(8)*

$$\text{Gl. (7)}$$

$$\epsilon_{s1;neu} = \frac{\epsilon_t - \epsilon_{c2}}{d_t} \cdot d_s + \epsilon_{c2} \approx \epsilon_{s1} \quad \text{Gl. (8)}$$

$$\epsilon_{s2;neu} = \epsilon_t - \frac{\epsilon_t - \epsilon_{c2}}{d_t} \cdot (d_t - d_2) \approx \epsilon_{s2}$$

- Werden die Bedingungen der *Gl. (7)* und *(8)* nicht erfüllt, muss wiederum ab obigem Punkt b) ein aktualisiertes bezogenes Bemessungsmoment  $\mu_t$  bestimmt werden, um danach die genannten Bedingungen der *Gl. (7)* und *(8)* erneut zu prüfen, bis diese mit einer angemessenen Toleranz gewährleistet sind.

- Abschließend kann durch Anwendung von *Gl. (6)* die erforderliche textile Bewehrungsmenge determiniert werden.

### 3.7 Einfluss der Spannungs-Dehnungslinie

#### 3.7.1 Zwei Ansätze für Carbonbeton

In Abschnitt 3.4 wurden die infrage kommenden Spannungs-Dehnungsbeziehungen für Carbonbeton angeführt. Nun sollte jedoch eine Variante gefunden werden, die für bereits vorhandene und zukünftige Nachweise unabhängig vom Textil herangezogen werden kann.

Dass die Spannungs- und Dehnungswerte für eine Bemessung eines biegebeanspruchten Bauteils einen maßgebenden Einfluss haben, geht aus den Schilderungen des vorangegangenen Abschnitts hervor. Daher soll nun beantwortet werden, welche Variante vorzuziehen ist.

Die Untersuchungen der Verzugsvarianten erfolgen neben der Anwen-

$\mu_t$	$\omega_t$	$\xi=x/d_t$	$\zeta_1=z_1/d_t$	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_t$ [‰]	$\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
0,01	0,0102	0,0526	0,9821	-0,42	7,50	1291,67	rechnerisch Textilversagen
0,02	0,0205	0,0751	0,9743	-0,61	7,50	1291,67	
0,03	0,0310	0,0927	0,9680	-0,77	7,50	1291,67	
0,04	0,0416	0,1079	0,9624	-0,91	7,50	1291,67	
0,05	0,0522	0,1216	0,9573	-1,04	7,50	1291,67	
0,06	0,0630	0,1343	0,9525	-1,16	7,50	1291,67	
0,07	0,0739	0,1463	0,9479	-1,28	7,50	1291,67	
0,08	0,0848	0,1577	0,9434	-1,40	7,50	1291,67	
0,09	0,0959	0,1687	0,9390	-1,52	7,50	1291,67	
0,10	0,1070	0,1795	0,9345	-1,64	7,50	1291,67	
0,11	0,1183	0,1901	0,9300	-1,76	7,50	1291,67	
0,12	0,1297	0,2007	0,9254	-1,88	7,50	1291,67	
0,13	0,1412	0,2113	0,9207	-2,01	7,50	1291,67	
0,14	0,1529	0,2220	0,9157	-2,14	7,50	1291,67	
0,15	0,1647	0,2329	0,9106	-2,28	7,50	1291,67	
0,16	0,1766	0,2440	0,9052	-2,42	7,50	1291,67	
0,17	0,1890	0,2552	0,8997	-2,57	7,50	1291,67	
0,18	0,2013	0,2665	0,8941	-2,73	7,50	1291,67	
0,19	0,2139	0,2781	0,8882	-2,89	7,50	1291,67	
0,20	0,2267	0,2898	0,8823	-3,06	7,50	1291,67	
0,21	0,2397	0,3018	0,8761	-3,24	7,50	1291,67	
0,22	0,2529	0,3139	0,8699	-3,43	7,50	1291,67	
0,23	0,2665	0,3292	0,8631	-3,50	7,13	1228,28	rechnerisch Betonversagen
0,24	0,2804	0,3464	0,8559	-3,50	6,60	1137,45	
0,25	0,2946	0,3639	0,8486	-3,50	6,12	1053,61	
0,26	0,3091	0,3818	0,8412	-3,50	5,67	975,93	
0,27	0,3239	0,4001	0,8336	-3,50	5,25	903,69	
0,28	0,3391	0,4189	0,8258	-3,50	4,86	836,31	
0,29	0,3546	0,4381	0,8178	-3,50	4,49	773,25	
0,30	0,3706	0,4577	0,8096	-3,50	4,15	714,06	
0,31	0,3869	0,4780	0,8012	-3,50	3,82	658,34	
0,32	0,4038	0,4988	0,7925	-3,50	3,52	605,73	
0,33	0,4211	0,5202	0,7836	-3,50	3,23	555,92	
0,34	0,4390	0,5424	0,7744	-3,50	2,95	508,63	
0,35	0,4576	0,5653	0,7649	-3,50	2,69	463,59	

Grafik: Robert Zobel

Abb. 6: Bemessungstafel für einen verstärkten Rechteckquerschnitt (Materialkennlinie Variante I) für  $\epsilon_{t0} = 0$  (keine Vorbelastung)

nung des Carbonbetons als Biegeverstärkung ebenfalls anhand von Neubauteilen aus Carbonbeton.

Variante I zeichnet sich, ähnlich wie die Spannungs-Dehnungsbeziehung normalfesten Betons, durch einen festgesetzten Dehnungswert aus, der für den Grenzzustand der Tragfähigkeit als eine Bedingung des Versagens herangezogen wird. Die direkte Verwendung dieser Dehnungswerte impliziert, dass die Messbarkeit in einaxialen Zugversuchen gegeben ist. Da dies jedoch nur bedingt möglich ist, weil beispielsweise bei direkter Messung die Messvorrichtung beschädigt werden könnte, wird in der Veröffentlichung von *Rempel* und *Ricker* [24] der Nachweis erbracht, dass das Zugtragverhalten eines Faserstrangs des Bewehrungstextils linear bis zum Bruch verläuft und folglich mittels der Bestimmung des E-Moduls bei geringen Belastungen (bis 60 Prozent der geschätzten Bruchlast) lediglich die – ebenfalls gemessene – Zugfestigkeit notwendig ist, um die Grenzdehnung des Materials zu ermitteln.

Diese versuchstechnische Herangehensweise rechtfertigt die Verwendung eines nicht abgeminderten E-Moduls, da die Spannungsbestim-

mung mittels der in der Bemessung erhaltenen Dehnung der Carbonbewehrung als realitätsnäher anzusehen ist. Denn eben dieser Spannungswert  $\sigma_t$  trägt maßgeblich zur Bestimmung der erforderlichen Bewehrungsmenge  $A_t$  bei (siehe Gl. (6)).

Nichtsdestominder kommt es bei dieser Variante zur „künstlichen“ Vergrößerung der Betondruckzone bei der Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit für ein biegebeanspruchtes Bauteil gegenüber Variante I, wenn für die rechnerische Versagensart die Bewehrung maßgebend ist.

Dieser Sachverhalt kann indirekt ebenfalls aus den jeweiligen Bemessungstabellen abgelesen werden. In **Abb. 7** sind für die beiden Varianten die relevanten Ausschnitte der Bemessungstabellen dargestellt. Ist das Bauteil für Werte des bezogenen Moments oberhalb der farbigen, horizontalen Linien zu bemessen, wird von einem Bewehrungsversagen, und unterhalb der farbigen, horizontalen Linien von einem Betonversagen ausgegangen. Dementsprechend sind die maximalen Werte für die Dehnung des Carbons  $\epsilon_t$  oberhalb dieser Linien zu finden.

Mittels der Verknüpfung durch die Spannungs-Dehnungsbeziehungen – sprich: durch das Materialgesetz – kann für die vorhandene Carbondehnung  $\epsilon_t$  der zugehörige Spannungswert  $\sigma_t$  bestimmt werden, welcher dann durch Anwendung von Gl. (6) zur Berechnung der erforderlichen Bewehrungsmenge  $A_t$  beiträgt. Die Bemessungstabellen weisen aufgrund der unterschiedlichen Grenzdehnungen der Bewehrung unterschiedliche Werte für das bezogene Bemessungsmoment auf, bei dem der Wechsel der Versagensart eintritt. Durch das reziproke Verhältnis der Textilspannung  $\sigma_t$  zur erforderlichen Bewehrung  $A_t$  sind in Variante I bei geringeren Werten für  $\mu_t$ , nämlich ab  $\mu_t \approx 0,225$ , höhere erforderliche Bewehrungsmengen die Folge. Dieser Übergang tritt bei Variante II bei einem etwas höheren Wert für  $\mu_t$  auf, was zu niedrigeren erforderlichen Bewehrungsmengen im Vergleich zu Variante I führt.

Es ist also zu prüfen, ob diese geringeren Werte zu Ergebnissen führen, die sich, wie es bei Bauingenieuren ja öfters heißt, auf der „unsicheren Seite“ befinden und deshalb die Variante II als allgemein anzuwen-

dende Spannungs-Dehnungsbeziehung für Carbonbewehrung, trotz der genannten Vorteile, ausscheidet.

Hierzu werden im Folgenden exemplarisch die Bemessungsergebnisse unter Berücksichtigung der Varianten I und II mit den Ergebnissen von Berechnungen unter Einbeziehung streuender Größen relevanter Bemessungsparameter verglichen. Es sollen der Fall eines Neubauteils mit Carbonbewehrung als alleiniger Zugbewehrung und der eines einfach bewehrten Stahlbetonquerschnitts eine Rolle spielen, der in der Zugzone mit Carbonbeton verstärkt wird.

Wie in Abschnitt 3.5 geschildert, handelt es sich um eine iterative Lösungsfindung, die mehrere Fallunterscheidungen enthält und daher um eine mathematisch nicht geschlossene Problemstellung. Verwendet man nun streuende Größen als Eingangswerte, können diese durch kontinuierliche Zufallsvariablen berücksichtigt werden, die wiederum zu einem Ergebnis in Form einer Zufallsvariablen für die erforderliche Bewehrungsmenge  $A_t$  führen. Aufgrund des iterativen Charakters müssen nun numerische Methoden angewendet werden, um die streuende Ergebnisgröße zu erhalten. Als robuste Methode ist hier die *Monte-Carlo-Simulation* [25] zu nennen, in der zufällig – gemäß der jeweiligen stochastischen Eigenschaften der Eingangsvariablen – Stichproben generiert werden, die zur Lösung der Bemessungsaufgabe herangezogen werden. Bei einer angemessenen Stichprobenanzahl kann letztendlich die Ergebnisvariable approximiert werden, sodass von dieser die 5- und die 95-Prozent-Quantilwerte ermittelt werden können, die der Einschätzung dienen, ob die Bemessungsergebnisse aus einer teilsicherheitswertbehafteten Berechnung – das heißt, der semi-probabilistischen Bemessung – für die verschiedenen Varianten auf der sicheren Seite liegen.

### 3.7.2 Streuende Material- und Geometrieigenschaften

In **Tabelle 2\*** sind die Materialeigenschaften mit den angenommenen Verteilungstypen sowie deren Parameter für Verstärkungsmaßnahmen

\* In dieser sowie in den weiteren Tabellen wird lediglich eine Art der Quantifizierung des Streumaßes angegeben, das heißt also, die Standardabweichung  $\sigma$  oder der Variationskoeffizient

Variante I							Variante II						
$\mu_t$	$\omega_t$	$\xi_t=x/d_t$	$\zeta_t=z/d_t$	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_t$ [‰]	$\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\mu_t$	$\omega_t$	$\xi_t=x/d_t$	$\zeta_t=z/d_t$	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_t$ [‰]	$\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]
0,01	0,0102	0,0526	0,9821	-0,42	7,50	1291,67	0,01	0,0102	0,059	0,980	-0,37	5,95	1291,67
0,20	0,2267	0,2898	0,8823	-3,06	7,50	1291,67	0,20	0,2274	0,305	0,880	-2,61	5,95	1291,67
0,21	0,2397	0,3018	0,8761	-3,24	7,50	1291,67	0,21	0,2404	0,320	0,874	-2,76	5,95	1291,67
0,22	0,2529	0,3139	0,8699	-3,43	7,50	1291,67	0,22	0,2536	0,329	0,868	-2,91	5,95	1291,67
0,23	0,2665	0,3292	0,8631	-3,50	7,13	1228,28	0,23	0,2670	0,351	0,861	-3,08	5,95	1291,67
0,24	0,2804	0,3464	0,8559	-3,50	6,60	1137,45	0,24	0,2807	0,353	0,855	-3,25	5,95	1291,67
0,25	0,2946	0,3639	0,8486	-3,50	6,12	1053,61	0,25	0,2947	0,366	0,848	-3,43	5,95	1291,67
0,26	0,3091	0,3818	0,8412	-3,50	5,67	975,93	0,26	0,3091	0,382	0,841	-3,50	5,67	1230,68
0,27	0,3239	0,4001	0,8336	-3,50	5,25	903,69	0,27	0,3239	0,400	0,834	-3,50	5,25	1139,59
0,28	0,3391	0,4189	0,8258	-3,50	4,86	836,31	0,28	0,3391	0,419	0,826	-3,50	4,86	1054,61
0,29	0,3546	0,4381	0,8178	-3,50	4,49	773,25	0,29	0,3546	0,438	0,818	-3,50	4,49	975,09
0,30	0,3706	0,4577	0,8096	-3,50	4,15	714,06	0,30	0,3706	0,458	0,810	-3,50	4,15	900,45

Abb. 7: Dimensionslose Bemessungstabellen für die untersuchten Varianten

Grafik: Robert Zobel

(Alt-)Beton							
Eigenschaft	Größe	Einheit	Verteilungstyp	$\mu$	$\sigma$	Variationskoeff.	Quelle
Druckfestigkeit (Neubauteil)	$f_c$	$\frac{MN}{m^2}$	LN	48	5	–	[12]
Druckfestigkeit (Verstärkung)	$f_c$	$\frac{MN}{m^2}$	LN	28	5	–	[12]
Festigkeitsdehnung	$\epsilon_{c2}$	%	LN	2	–	0,15	[19]
Grenzdehnung	$\epsilon_{cu2}$	%	LN	3,5	–	0,15	[19]
Bewehrungsstahl							
Fließspannung	$f_y$	$\frac{MN}{m^2}$	LN	560	–	0,054	[20]
E-Modul	$E_s$	$\frac{MN}{m^2}$	Det.	200.000	–	–	[20]
Grenzdehnung	$\epsilon_{su}$	%	LN	25	–	0,05	[20]
Carbonbeton							
Zugfestigkeit	$f_{tu}$	$\frac{MN}{m^2}$	N	1872	148,5	–	[13]
Grenzdehnung	$\epsilon_{tu}$	%	N	8,62	1,2	–	[21]

Tabelle 2: Verteilungstypen und -parameter für die Materialeigenschaften

und Neubauteile zusammengetragen. Als hier verwendete Verteilungstypen sind die Normalverteilung (N) und die Lognormalverteilung (LN) zu nennen. Zusätzlich gehen teilweise deterministische (Det.) Werte in die Rechnungen ein.

Die Verwendung von Mittelwerten ( $\mu$ ) anstelle von charakteristischen Werten, die lediglich sogenannte Quantile der Verteilungsfunktionen darstellen, erklärt die zum Teil erheblich größeren Festigkeitswerte der einzelnen Werkstoffe im Vergleich mit der Methode mit Bemessungswerten, die für die semi-probabilistische Bemessungen einbezogen worden sind.

Der Wert der Betondruckfestigkeit für Neubauteile beruht auf der Annahme, dass aufgrund der hohen Zugfestigkeit der textilen Bewehrung für diese ein adäquater Beton gewählt werden sollte, um beispielsweise Abplatzungen infolge nicht ausreichender Krafteinleitung der Komponenten zu verhindern. Hierbei ist der gewählte Wert als untere Grenze aufzufassen, und es sind durchaus Betone weitaus höherer Güte denkbar, jedoch steigen dann normalerweise auch die Kosten.

Für Verstärkungsmaßnahmen sind niedrige Druckfestigkeiten des Altbetons wahrscheinlicher, da angenommen werden kann, dass es sich um historische Stahlbetonbauteile handelt und daher ursprünglich niederfester Beton verwendet worden ist.

**Tabelle 3** zeigt die unabhängigen Zufallsvariablen und deren Eigenschaften für die geometrischen Dimensionen der untersuchten Querschnitte. In den Berechnungen soll das Ergebnis in Abhängigkeit der variablen Größe der statischen Nutzhöhe  $d$  angegeben werden. Dazu wird bei der probabilistischen Berechnung lediglich der Mittelwert  $\mu_d$  variiert, und das dimensionslose Streumaß des Variationskoeffizienten verbleibt konstant. Das jeweils untersuchte Intervall orientiert sich in den beiden Fällen wiederum an als wahrscheinlich erachteten Bauteilhöhen.

Es sollen bei den Berechnungen die Einflüsse der Streuungen der widerstandsseitigen Parameter eine vorrangige Rolle spielen, daher besteht die Einwirkung ausschließlich aus einer Momentenbeanspruchung, die deterministisch modelliert ist. Die Zahlenwerte für den entsprechenden Fall sind in **Tabelle 4** aufgeführt.

Eigenschaft	Größe	Einheit	Verteilungstyp	$\mu$	$\sigma$	Variationskoeff.	Quelle
Breite	$b$	m	N	1	–	0,02	[22]
Statische Nutzhöhe	$d$	m	N	Variabel	–	0,025	[22]
Betondeckung des zu verstärkenden Bauteils	$c_{nom}$	cm	N	2,0	–	0,2	[23]
Betondeckung bzw. Schichtdicke des Feinbetons <sup>1</sup>	$c_{nom,t}$	cm	N	0,3	–	0,2	[23]
Bewehrungsstahl <sup>2</sup>	$A_s$	m <sup>2</sup>	N	$6,28 \cdot 10^{-4}$	–	0,025	[22]

<sup>1</sup> nur für den zu verstärkenden Biegequerschnitt relevant; <sup>2</sup> nur für den zu verstärkenden Biegequerschnitt relevant

Tabelle 3: Verteilungstypen und -parameter für die Geometrieigenschaften

Fall	Größe	Einheit	Wert
Neubauteil	$M_{Edt}$	kNm	50
Verstärkung	$M_{Edt}$	kNm	100

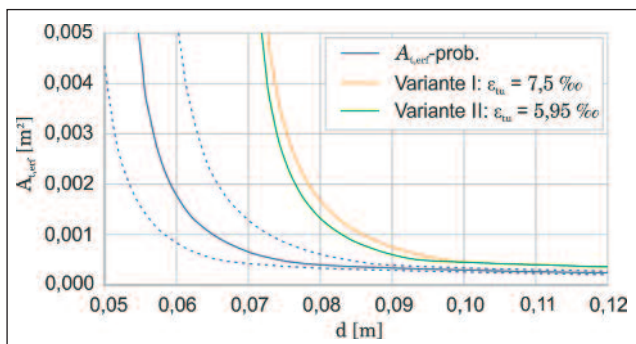
Tabelle 4: Einwirkungen auf die Querschnitte

### 3.7.3 Berechnung der erforderlichen Bewehrungsmenge

In **Abb. 8** und **Abb. 9** ist die erforderliche Bewehrungsmenge in Abhängigkeit von der statischen Nutzhöhe  $d$  dargestellt. Im Fall der Neubauteile (**Abb. 8**) handelt es sich um die statische Nutzhöhe der textilen Bewehrung, wohingegen bei der Verstärkungsmaßnahme (**Abb. 9**) die Höhe der vorhandenen Stahlbewehrung angegeben ist. Es ist weiterhin angenommen, dass sich in diesem Fall die Textilien der Verstärkungsschicht in einem festen Abstand zu dieser befinden. Der Vollständigkeit halber sollen die Betondeckungen bei den probabilistischen Berechnungen gemäß den Angaben in **Tabelle 3** streuen.

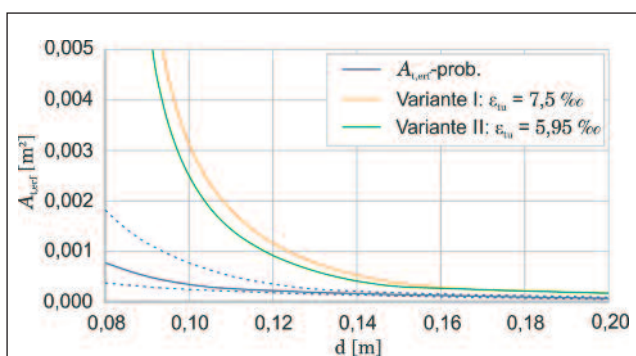
Die in **Abb. 8** und **Abb. 9** blau gekennzeichneten, durchgängigen Linien zeigen den Median und die gestrichelten Linien das 5- beziehungsweise 95-Prozent-Quantil der probabilistischen Berechnungen an. Zur Ermittlung dieser sowie der grünen und gelben Linie, die die Ergebnisse der teilsicherheitsbehalteten Rechnungen darstellen, sind äquivalente Werte für  $d$  beziehungsweise dessen Mittelwert verwendet worden, sodass stetige Funktionen abgebildet werden können.

In beiden Darstellungen (**Abb. 8** und **Abb. 9**) ist bei hohen Werten von  $d$  ein nahezu horizontaler Verlauf der Graphen zu erkennen. Weiterhin streut die Ergebnisgröße der probabilistischen Berechnung nur geringfügig. Dies indiziert der geringe Abstand der oberen und der un-



Grafik: Jörg Weselek

Abb. 8: Vergleich der erforderlichen textilen Bewehrungsmenge für Neubauteile



Grafik: Jörg Weselek

Abb. 9: Vergleich der erforderlichen textilen Bewehrungsmenge für Verstärkungsmaßnahmen

teren gestrichelten Linie, die das 95%-Quantil beziehungsweise den 5%-Quantilwert angibt. In diesem Definitionsbereich wird das Bewehrungsversagen für die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit maßgebend.

Ein ähnlich flacher Verlauf ist ebenfalls für die Ergebnisse der semi-probabilistischen Berechnungen zu erkennen. Des Weiteren resultieren die gleichen erforderlichen Bewehrungsmengen ab einem gewissen Wert von  $d$  für beide Fälle. Dies entspricht der Bemessung mit bezogenen Bemessungsmomenten  $\mu_t$  oberhalb der orangenen, horizontalen Linie in **Abb. 7**. Übersteigt  $\mu_t$  diesen Wert, kommt es bei Variante I zu einem rechnerischen Betonversagen. Dies kann in **Abb. 8** und **Abb. 9** durch den Knick in den Graphen ausgemacht werden. Für die Funktion der Variante II erfolgt dieser Knick bei einem etwas geringeren Wert von  $d$ .

Der große negative Anstieg aller Graphen geht mit der Annahme einer immer unwirtschaftlicheren Bemessung mit steigendem  $\mu_t$  einher, da die Spannung  $\sigma_t$  im Textil durch die Verhältnisse innerhalb des Querschnitts überproportional abnimmt. Weiterhin streut die Ergebnisgröße in der probabilistischen Berechnung bei einem rechnerischen Betonversagen stärker als bei dem Bewehrungsversagen. Dies ergibt sich unter anderem aus den Eingangswerten für die Modellierung des Betonverhaltens, die höhere Streumaße aufweisen und bei dieser Versagensart einen größeren Einfluss ausüben. Nähere Informationen zu diesem Sachverhalt sind in **Häussler-Combe et al. [26]** zu finden.

In Bezug auf die Vorzugsvariante und die Abstände der Ergebnisse zu den realitätsnäheren, probabilistischen Berechnungen, die als Indikator für die Sicherheit der Bauweise fungieren können, sind unter Einbeziehung der geschilderten Annahmen und materialeitigen Teilsicherheitsbeiwerte keine Bedenken zu äußern. Der geringfügige Versatz zwischen den Graphen der Varianten I und II in **Abb. 8** und **Abb. 9** bezüglich des rechnerischen Eintretens des Betonversagens stellt die Werte von  $\mu_t$  zwischen den farbigen Linien in den Bemessungstafeln in **Abb. 7** dar. Für die entsprechenden Werte wird zwar für einen unterschiedlichen Versagensfall dimensioniert, jedoch ist, nach den Ergebnissen der probabilistischen Rechnungen zu urteilen, der Querschnitt überbemessen, was letztendlich zu einer vielfach erhöhten Traglast führt. Eine Ablehnung der Variante II müsste hingegen empfohlen werden, wenn es einen Schnittpunkt zwischen einer blauen und der grünen Linie gäbe.

Die gezeigten Ergebnisse sind lediglich Ausschnitte der im Teilprojekt V1.2 „Nachweis- und Prüfkonzepte für Normen und Zulassung“ [27] innerhalb des C<sup>3</sup>-Projekts untersuchten Sachverhalte und gründen in vielerlei Hinsicht auf eingeschränkten Annahmen. Sie können aber als Indiz bei der Entscheidungsfindung einer Vorzugsvariante für die Spannungs-Dehnungsbeziehung von Carbonbeton beitragen. Daher wird nach derzeitigem Kenntnisstand Variante II präferiert und deren Anwendung für weitere Belange empfohlen.

Weitaus allgemeingültigere Aussagen sind mittels Einbeziehung zuverlässigkeitstheoretischer Methoden höherer Ordnung und eines Vergleichs mit den Ergebnissen unter Anwendung des semi-probabilistischen Bemessungskonzepts möglich. Eine entsprechende Vorgehensweise wird – mit dem Ziel der Kalibrierung des materialeitigen Teilsicherheitsbeiwerts für Carbonbeton – in **Häussler-Combe et al. [28]** geschildert. Außerdem sind die Aussagen zur gewählten Vorzugsvariante (Variante II) für die Bemessung infolge andersartiger Belastungen zu prüfen.

### 3.8 Einfluss einer Vorbelastung

Da die Werte in **Abb. 7** ohne Berücksichtigung der Vorbelastung angegeben sind, ist noch zu klären, inwiefern diese von der Dehnungsverteilung in unverstärktem Zustand abhängen und ob eine Berücksichtigung der vor den Verstärkungsmaßnahmen eingepprägten Dehnungen  $\epsilon_{10}$  für die Ermittlung der erforderlichen Bewehrungsmenge  $A_t$  notwendig ist.

In **Abb. 10** ist für verschiedene bezogene Momente  $\mu_t$  der mechanische Bewehrungsgrad  $\omega_t$  in Abhängigkeit von der fiktiven Dehnung  $\epsilon_{10}$  in **Abb. 5** abgebildet. Aus dieser geht hervor, dass die vor der Verstärkungsmaßnahme eingepprägten Dehnungen keinen nennenswerten Einfluss auf den bezogenen Bewehrungsgrad  $\omega_t$  haben. Es ergeben sich nahezu horizontal verlaufende  $\omega_t$ -Linien. Da die erforderliche Bewehrungsfläche neben dem bezogenen Bewehrungsgrad allerdings auch von der Dehnungsebene und somit von der Versagensart abhängt, kann daher an dieser Stelle noch keine Schlussfolgerung für den Einfluss auf die zu bestimmende Bewehrungsmenge  $A_t$  gezogen werden.

Um den Einfluss auf die Dehnungsebene zu zeigen, sind daher in **Abb. 11** die Betonrandstauchung und die Textildehnungen in Abhängigkeit von der fiktiven Vordehnung  $\epsilon_{10}$  und vom bezogenen Moment  $\mu_t$  in einer Grafik dargestellt. Charakterisiert ist die Grafik durch zwei Bereiche. Der grau gekennzeichnete Bereich bildet den Bereich des Betonversagens ab; die Dehnungsebene wird in diesem Bereich mit der Betonrandstauchung  $\epsilon_{c2} = \epsilon_{c2u} = -3,5 \text{ ‰}$  abgebildet. Die Grenzdehnung des Textils  $\epsilon_t$  variiert zwischen  $0 \text{ ‰}$  und  $5,95 \text{ ‰}$ . Bei gleichem bezogenen Moment  $\mu_t$  nehmen die Textildehnungen  $\epsilon_t$  mit zunehmender fiktiver Dehnung  $\epsilon_{10}$  zu. Der Einsatz des Textils im grau gekennzeichneten Bereich ist somit unwirtschaftlich, da die textile Bewehrung die Grenzdehnung nicht erreicht. Im grün gekennzeichneten Bereich wird die Dehnungsebene mit  $\epsilon_t = \epsilon_{tu} = 5,95 \text{ ‰}$  abgebildet. Das Textil ist damit wirtschaftlich vollkommen ausgenutzt. Die Betonrandstauchungen variieren zwischen  $0$  und  $-3,5 \text{ ‰}$ . Bei gleichem bezogenen Moment  $\mu_t$  nehmen die Betonstauchungen  $\epsilon_{c2}$  mit zunehmender fiktiver Dehnung  $\epsilon_{10}$  zu. Weiterhin ist in **Abb. 11** zu erkennen, dass die Grenzlinie zwischen Beton- und Textilversagen, gekennzeichnet in der Grafik durch

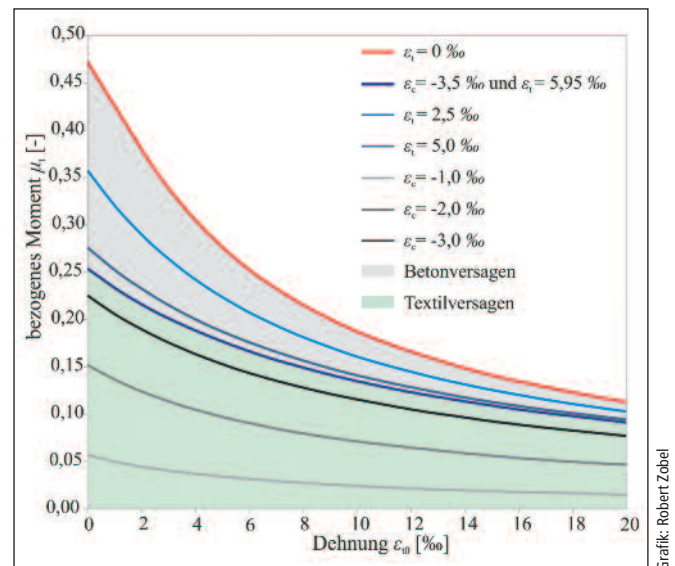


Abb. 11: Einfluss der Vorbelastung auf die Dehnungsebene, angelehnt an Frenzel [15]

die dunkelblaue Linie, mit zunehmender fiktiver Dehnung  $\epsilon_{10}$  bei gleichem bezogenen Moment  $\mu_t$  abnimmt. Dehnungsebene, Versagensart und damit auch die zu bestimmende erforderliche Bewehrungsfläche  $A_t$  werden somit von der Vordehnung des unverstärkten Bauteils beeinflusst.

Um dies zu verdeutlichen, ist in **Abb. 12** das bezogene Moment  $\mu_t$  in Abhängigkeit von der Textilschubspannung  $\sigma_t$  und von der fiktiven Dehnung  $\epsilon_{10}$  dargestellt. Zu sehen ist, dass im Bereich des Betonversagens, das heißt, bei großen bezogenen Momenten  $\mu_t$  oder großen Vordehnungen, die Textilschubspannungen mit zunehmender Vordehnung abnehmen. Eine Nichtberücksichtigung der Vorbelastung würde unter Umständen zu einer zu geringen erforderlichen Bewehrungsfläche führen.

Dies unterstreicht folgendes einfaches Beispiel. Bei einer gegebenen fiktiven Vordehnung von  $\epsilon_{10} = 2,0 \text{ ‰}$  und einem bezogenen Moment

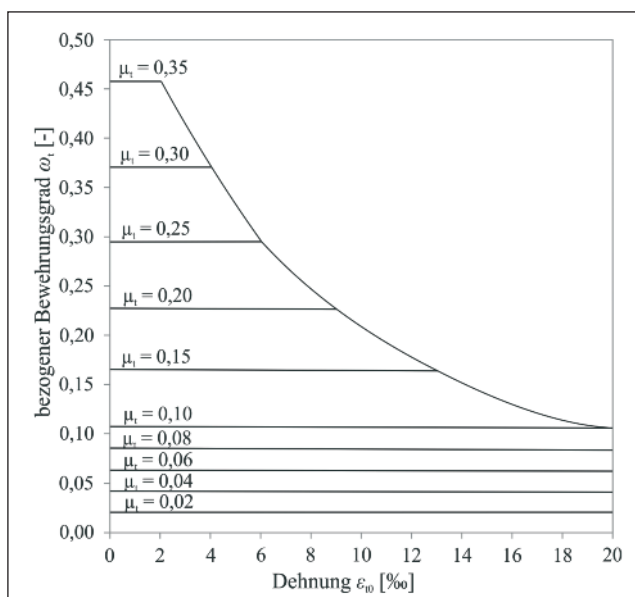


Abb. 10: Einfluss der Vorbelastung auf den mechanischen Bewehrungsgrad  $\omega_t$

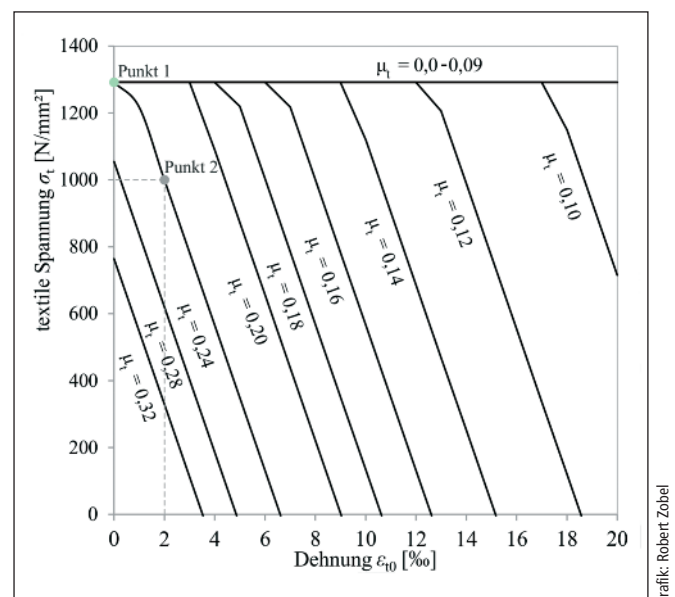


Abb. 12: Einfluss der Vorbelastung auf die Bemessungsspannung im Carbon

# BETONBAU

von  $\mu_t = 0,24$  würde sich bei einer Nichtberücksichtigung der Vordehnung eine Textilspannung  $\sigma_t$  von  $1292 \text{ N/mm}^2$  ergeben (siehe **Abb. 12**, Punkt 1, grün). Die Grenzdehnung des Textils und somit die Tragfähigkeit des Textils werden rechnerisch erreicht. Wird die fiktive Vordehnung von  $\epsilon_{t0} = 2,0 \text{ ‰}$  nun berücksichtigt, wird nicht mehr Textilversagen sondern Betondruckversagen maßgebend. Die Grenzdehnung des Textils wird nicht mehr erreicht. Es ergibt sich eine rechnerische Textilspannung  $\sigma_t$  von  $952 \text{ N/mm}^2$  (siehe **Abb. 12**, Punkt 2, grau). Bei gleichem mechanischen Bewehrungsgrad  $\omega_t$  (siehe **Abb. 10**) führt eine Nichtberücksichtigung der Vorbelastung bei dem gegebenen Beispiel zu einer um 26 Prozent geringeren erforderlichen Bewehrungsmenge. Die zu bestimmende Bewehrungsfläche wird somit unterschätzt.

Zusammengefasst lässt sich konstatieren, dass bei großen Bauteilvordehnungen und/oder bei großen bezogenen Momenten eine Berücksichtigung der Vorverformung erforderlich ist, da ansonsten eine Nichtberücksichtigung der Vorbelastung unter Umständen zu einer zu geringen erforderlichen Bewehrungsquerschnittsfläche führt.

## 4 Praktische Anwendung

### 4.1 Einleitung

Die Anwendung von Carbonbewehrung in ersten Praxisprojekten ist bereits aus den 1990er Jahren bekannt. In Kanada und Japan wurden in Teilbereichen von Brücken beispielsweise stabförmige Carbonbewehrungen eingesetzt [29]. Zahlreiche aktuelle Brückenprojekte in den USA, bei denen Carbonstabbewehrungen zum Einsatz kommen, sind unter anderen [30] zu entnehmen.

Bei Praxisprojekten in Deutschland kommen bisher stabförmige Bewehrungen nur aus AR-Glas zum Einsatz. Informationen über ausgeführte Projekte sind beispielsweise in [31] zu finden.

Der Schwerpunkt der Anwendungen lag in Deutschland bisher auf den mattenartigen/textilen Bewehrungen aus AR-Glas und Carbon. Bis vor wenigen Jahren konnte im Rahmen eines Fachbeitrages noch auf alle bisherigen Praxisprojekte eingegangen werden. Der starke Anstieg der Projekte mit Carbon-/Textilbeton lässt dies heute nicht mehr zu, sodass im Folgenden anhand von wenigen Beispielen lediglich die Vielfalt der Anwendung gezeigt werden kann. Die Erläuterung erfolgt getrennt nach Neubau und Sanierung/Verstärkung. Weitergehende Beschreibungen und Projekte werden in [32] und [33] dargestellt.

### 4.2 Neubau

Fassaden und Verkleidungen sind bereits bei einer Vielzahl von Praxisprojekten zur Anwendung gekommen. Die Anforderungen an vorgehängte Fassaden steigen stetig. Die Fassadenplatten sollen mit immer größeren Elementabmessungen, einer möglichst vielfältigen Profilierung, gestalterischer Vielfalt und in verschiedenen Farben verfügbar sein. Eine hervorragende Ergänzung der bestehenden Stahlbetonlösungen bieten Carbon- und AR-glasbewehrte Platten mit Dicken von nur 20 bis 30 Millimeter [34]. Kleinere Platten (zum Beispiel  $0,60 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$ ) werden vor allem mit AR-Glasbewehrung bewehrt – bei den größeren Platten (teilweise bis zu  $3,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}$ ) kommt Carbonbewehrung zur Anwendung.

Am Stadtquartier Neuer Markt in Neumarkt i. d. Oberpfalz, wird gezeigt, dass bei Fassaden auch Mischbauweisen in Kombination mit Stahlbeton sinnvoll sein können (**Abb. 13**).



Foto: solidian GmbH

Abb. 13: Fassadenelemente aus Architekturbeton



Foto: solidian GmbH

Abb. 14: Platten mit Glas- und Carbonbewehrung an der neuen Bosphorus-Brücke in Istanbul

Die Platten aus textilbewehrtem Beton sind durch ihre hohe Tragfähigkeit und das geringe Gewicht nicht nur zur Verkleidung von Fassaden geeignet. Sie wurden unter anderem bereits als Verkleidung der weltweit höchsten Brückenpylone (der 322 Meter hohen Pylone der Yavuz-



Foto: solidian GmbH

Abb. 15: Sandwichwandelement



Abb. 16: Trogbrücke aus 18 Segmenten in Kempten

Sultan-Selim-Brücke über den Bosphorus in Istanbul) verwendet. Zur Anwendung kamen Bewehrungen aus Glas und Carbon [35]. **Abb. 14** zeigt die Anordnung der Platten in einer Höhe von 300 Meter.

Aufbauend auf den umfangreichen Erfahrungen mit den Fassaden und Verkleidungen wurden auch Sandwichwandelemente mit einer Innenschale aus Stahlbeton, einer Dämmschicht, einem Schubgitter und einer textilbewehrten Außenschale entwickelt. Die Vorteile dieses Wandaufbaus sind vor allem die reduzierte Wanddicke, das reduzierte Bauteilgewicht und die reduzierte Menge eingefärbten teuren Betons. Beim Büroпарк Eastsite in Mannheim wurde die Sandwichwand bereits bei mehreren Gebäuden erfolgreich eingesetzt [36]. Seit diesem Jahr steht auch für den Bau von Sandwichwänden mit textiler Bewehrung eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) zur Verfügung (siehe Abschnitt 2). Beispielhaft ist in **Abb. 15** ein Sandwichwandelement zu sehen.

Neben der bisher erläuterten Anwendung bei ebenen Platten wird die Bewehrung unter anderem auch zur Bewehrung von Brückenüberbauten verwendet. In Deutschland wurden bereits vier Brücken gebaut, die als Fuß- und Radwegbrücke konzipiert sind [37], [38] und [39].

Die ersten zwei Brücken in Oschatz und Kempten sind als Einfeldträger mit Trogquerschnitt und Spannweiten von 8,60 beziehungsweise 16 Meter ausgeführt. Die einzelnen circa einen Meter langen Segmente wurden mit Stahlspanngliedern zusammengespannt. Die Wandstärke der mit AR-Glas bewehrten Segmente beträgt drei Zentimeter. Die dritte gebaute Brücke steht in Albstadt, ist 97 Meter lang und wurde aus sechs mit AR-Glasmatten bewehrten und mit Stahlspanngliedern vor-



Abb. 17: Plattenbalkenbrücke aus sechs Segmenten in Albstadt-Lautlingen

gespannten mehrstegigen Plattenbalkensegmenten errichtet. Die Einselemente haben eine Länge von bis zu 17 Meter. Die **Abb. 16** und **Abb. 17** zeigen diese beiden Brückentypen.

Die vierte Brücke wurde in Albstadt-Ebingen errichtet. Sie ist die erste Brücke, die ausschließlich mit Carbon bewehrt ist. Die 14 Tonnen leichte Brücke hat eine Breite von drei Metern und eine Spannweite von 15 Metern. Die Dicke der Fahrbahn beträgt neun Zentimeter und die Brüstung hat eine Dicke von sieben Zentimetern. Die Brücke kann mit Fahrzeugen befahren werden, deren Gewicht zehn Tonnen nicht überschreitet [39]. **Abb. 18** zeigt die Brücke im aktuellen Zustand.



Foto: C/Jörg Singer

Abb. 18: Trogbrücke aus Carbonbeton in Albstadt-Ebingen

Für weitere Neubauprojekte – wie zum Beispiel Balkonbodenplatten und leichte Dachschaalen – wird unter anderen auf [40], [41] und [42] verwiesen.

### 4.3 Bauen im Bestand

Der Carbonbeton wurde bereits für die Verstärkung von Stahlbetongeschossdecken eingesetzt. Unter anderem wurden die Decken in einem neu gebauten Wohn- und Geschäftshaus in Prag verstärkt. Die 23 Zentimeter dicken Stahlbetonplatten sind  $30 \times 70$  Meter groß und punktuell gestützt. Die Decken zeigten eine nicht ausreichende Tragfähigkeit und große Durchbiegungen von bis zu 15 Zentimeter. Der Zustand einer Geschossdecke einer Fertigungshalle in Koblenz ähnelte der eben beschriebenen Situation in Prag. Einzelne Deckenbereiche wiesen Durchbiegungen von bis zu neun Zentimeter auf. Die Folge waren Schäden in den Wänden und an Aufbauten im darüberliegenden Bürogeschoss. Bei beiden Bauwerken wurden die Decken auf der Untersei-

te mit einer ein bis zwei Zentimeter dicken Carbonbetonschicht verstärkt [43].

Ein weiteres großes Anwendungsfeld ist die Sanierung und Verstärkung von denkmalgeschützten Schalen- und Kuppelkonstruktionen. Die Verstärkung einer Hyparschale in Schweinfurt aus dem Jahr 1960 ist als eine der ersten Anwendungen zu nennen [44]. Die Abmessungen der im Mittel acht Zentimeter dicken Stahlbetonschale beträgt  $38 \times 39$  Meter. Eine Verstärkung mit Carbonbeton erfolgte mit einer nur 1,5 Zentimeter dicken Schicht auf der Außenseite.

Auch die Verstärkung eines Tonnendaches in Zwickau aus dem Jahr 1903 kann in diesem Zusammenhang als Beispiel aufgeführt werden [45]. Die acht Zentimeter dicke Stahlbetonkonstruktion überspannt eine Fläche von  $7 \times 16$  Meter. Ein Nachweis der Tragfähigkeit der denkmalgeschützten Konstruktion konnte nach heutigen Sicherheitsstan-



Foto: TU Dresden

Abb. 19: Denkmalgeschütztes Tonnendach nach der Sanierung



Foto: Ammar Al-Jamou

Abb. 20: Zuckersilo während der Instandsetzung



dards nicht mehr erbracht werden. Die erforderliche Verstärkung erfolgte mit einer ein bis zwei Zentimeter dicken Schicht aus Carbonbeton auf der Außen- und Innenseite. **Abb. 19** zeigt einen Teilbereich des Tonnendaches nach der Sanierung.

Ebenso wurde Carbonbeton bereits zur Sanierung von Silos eingesetzt. Zuerst wurde ein Zuckersilo mit einem Fassungsvermögen von 20.000 Tonnen verstärkt. Das zylindrische Stahlbetonsilo besitzt eine Höhe von circa 45 Meter sowie einen Außendurchmesser von rund 30 Meter und ist in horizontaler Richtung vorgespannt. Auf der Innenseite wies die Oberfläche zahlreiche Risse mit großen Rissweiten auf. Um die Bausubstanz des Silos zu erhalten und die Reinheit des Zuckers zu gewährleisten, war eine grundlegende Rissinstandsetzung des Silos erforderlich [46]. Zudem war ein weiteres Silo mit einem Fassungsvermögen von 80.000 Tonnen Zucker nach einem Brand instanzzusetzen. Die Instandsetzung beider Silos erfolgte mit Carbonbeton auf der Innenseite. **Abb. 20** zeigt die Innenansicht des zweiten Silos im Bauzustand.

Anwendungen im Bereich von Brücken sind auch aus Kempten bekannt. Das Aufbringen einer Schutz- und Ausgleichsschicht auf einer 18 Meter langen Rohrbrücke aus Leichtbeton sind hier genauso zu nennen, wie die Sanierung des Sockelbereiches eines 50 Meter langen und 15 Meter breiten Durchlasses.

Als Beispiel für größere Projekte im Bereich von Straßenbrücken können die Sanierung einer Einfeldbrücke im Jahr 2012 und die Sanierung



Foto: Mario Hansi ((47))

**Abb. 21:** Herstellung der direkt befahrbaren Carbonbetonschicht



Foto: Ammar Al-Jamous

**Abb. 22:** Bogenbrücke zum Ende der Sanierung

einer Mehrfeldbrücke im Jahr 2014 genannt werden (unter anderen [47] und [48]). Bei beiden Projekten wurde als Aufbeton eine direkt befahrbare Carbonbetonschicht aufgebracht. **Abb. 21** zeigt die Herstellung der Carbonbetonschicht auf der Mehrfeldbrücke.

Ein weiteres Beispiel ist die Sanierung einer Eisenbahnbogenbrücke aus dem Jahr 1910, die heute als Fuß- und Radwegbrücke genutzt wird [49]. Die bis zu 19 Meter weit gespannten Bögen wiesen Risse mit großen Rissweiten auf. Die Sanierung erfolgte an den Unterseiten der Bögen mit einer vollflächigen Carbonbetonschicht. **Abb. 22** zeigt die Brücke gegen Ende der Sanierungsarbeiten.

Eine neuartige praktische Anwendung, bei der die Carbonbewehrung der Sanierungsschicht gleichzeitig als kathodischer Korrosionsschutz verwendet wird, ist unter anderem in [50] beschrieben.

## 5 Das C<sup>3</sup>-Projekt

Die sehr positive Entwicklung und das hohe Potenzial der Carbon- und Textilbetonbauweise haben das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) veranlasst, ein großes Forschungsprojekt zum Thema Carbonbeton mit dem Ziel zu finanzieren, den Baustoff als neuen, nachhaltigen, umwelt- und ressourcenschonenden Baustoff durch die Vorbereitung einer Richtlinie zu etablieren. Das Großprojekt umfasst über 50 einzelne Forschungsvorhaben.

Von Anfang 2015 bis Ende 2016 wurden in vier Basisvorhaben vor allem richtungweisende Arbeiten zu Bewehrungen, Beschichtungen, Bindemitteln, Betonen, Konstruktionen, Bemessungsverfahren und zur Materialprüfung durchgeführt. Somit liegen heute belastbare Untersuchungsergebnisse für textile und stabförmige Bewehrungen vor, die in die weitere Bauteilentwicklung einfließen können.

2016 begannen Projekte zum Abbau von Markteintrittsbarrieren. Hier werden beispielsweise Themen wie Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse, Normen und Zulassungen, Arbeitsschutz, aber auch Abbruch, Rückbau und Recycling bearbeitet. Die Ergebnisse sollen unter anderem die Grundlagen für Richtlinien und Normen sein, sodass die Anwendung von Carbonbeton in Zukunft noch einfacher wird. Anfang 2017 sind Vorhaben zur Technologieumsetzung gestartet, und ab 2018 stehen Untersuchungen und Studien zu konkreten Produkten, Dienstleistungen und Anwendungen im Fokus. Sowohl Parkhausdecken als auch Doppelwände sind hier beispielhaft zu nennen. Die Verbesserung der Automatisierung der Herstellung bildet einen weiteren Schwerpunkt solcher Arbeiten.

Durch das Ziel der zeitnahen flächendeckenden Markteinführung stehen bei vielen der Forschungsvorhaben innerhalb des C<sup>3</sup>-Projektes die wichtigen und unverzichtbaren Themen wie das Tragverhalten, die Dauerhaftigkeit und die Bemessung im Zentrum der Arbeit. C<sup>3</sup> geht jedoch auch weiter und fasst visionäre Themen an. Im Folgenden werden beispielhaft nur drei Ansätze genannt.

- Prepregs (vorimprägnierte Fasern) sind aus dem Kunststoffbereich schon heute bekannt. Carbontextilien werden bereits während der Fertigung mit einem Harz (der Matrix) getränkt und anschließend am Aushärten gehindert – zum Beispiel durch eine sehr kühle Lagerung. Die frei formbaren Halbzeuge können auch nach Wochen noch in die gewünschte Form gebracht und beispielsweise durch Wärme ausgehärtet werden. Carbonbetonforscher widmen sich ak-



Abb. 23: Vergleich von Prepregs für carbonfaserverstärkte Kunststoffe (links) und Carbonbeton (rechts)

Foto: SKZ (Das Kunststoffzentrum), Steffen Jäger

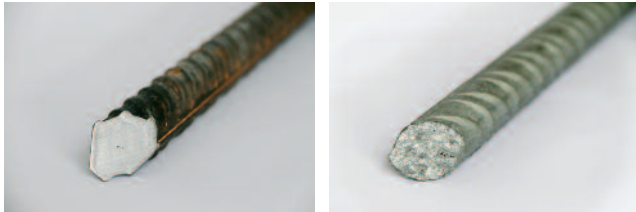


Abb. 24: Vergleich eines Carbonbewehrungsstabes (links) und eines Stahlbewehrungsstabes (rechts)

Foto: Sabine Wellner

tuell der Frage, ob ein vergleichbares Verfahren auch mit Beton umsetzbar ist. **Abb. 23** zeigt einen Vergleich eines Prepregs aus dem Kunststoff- und dem Betonbereich.

- Multifunktionalität von Bauteilen könnte vor allem mit Carbonbeton umsetzbar sein. Die Carbonfasern sind elektrisch leitend und haben einen elektrischen Widerstand. Im Labor wurde bereits nachgewiesen, dass die im Bauteil verbaute Carbonbewehrung gleichzeitig als Heizelement genutzt werden und so zum Beispiel eine Wandheizung sehr einfach realisiert werden kann [51]. Darüber hinaus wird in der Forschung die Nutzung der Fasern für Sensorik und Speicherung, aber auch für die Datenübertragung untersucht.
- Mineralische Beschichtungen und Carbonbewehrungsstäbe sind weitere Schwerpunkte. Die Anwendung der bisher verwendeten Kunststoffbeschichtungen und -tränkungen der Carbongarne ist auf eine Temperatur von 100 Grad Celsius begrenzt. Außerdem können die bisherigen Carbonbewehrungen nur auf Zug und nicht nennenswert auf Druck beansprucht werden. Gelänge es, die einzelnen Carbonfilamente mit einer mineralischen Matrix zusammenzufassen, könnte der Anwendungsbereich auf einen deutlich höheren Temperaturbereich ausgeweitet werden. Auch die Ableitung von Druckkräften wäre vermutlich deutlich besser möglich. **Abb. 24** zeigt einen Vergleich zwischen einem Stahlbewehrungsstab und einem Bewehrungsstab aus Carbonfilamenten mit mineralischer Beschichtung und gleichem Durchmesser.

## 6 Ausblick

Das Großforschungsprojekt C<sup>3</sup> wird bis Ende 2021 fortgeführt. In den kommenden Jahren werden die Bewehrungen – unter anderem die Temperaturbeständigkeit, die Tragfähigkeit, das Verbundverhalten und die Kosten – weiter verbessert. Bemessungsmodelle werden über erste Richtlinien in die Praxis eingeführt und Herstellprozesse in Bezug auf Zeit, Kosten und Qualität optimiert. Ganz neue Produkte wie zum Beispiel Leitplanken, Parkhausdecks, Doppelwände und Fertigteilgaragen reifen zur wirtschaftlichen Verwertbarkeit.

## 9 Literatur

- [1] Curbach, M.; Ortlepp, R.; Scheerer, S.; Frenzel, M.: Von der Vision zur Anwendung: Verstärken mit textilbewehrtem Beton. Der Prüfingenieur (2011) 39, S. 32-44
- [2] Scheerer, S.; Schladitz, F.; Curbach, M.: Textile reinforced Concrete - from the idea to a high performance material. In: Brameshuber, W. (Hrsg.): Proceedings of the FERRO-11 and 3rd ICTRC in Aachen. Bagnex, France : Rilem Publications S.A.R.L., 2015, S. 15-33
- [3] Sonderforschungsbereich 528: <https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/forschung/sfb528/index/> (Stand 01.09.2017)
- [4] Sonderforschungsbereich 532: <http://www.textilbeton-aachen.de> (Stand 01.09.2017)
- [5] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation, <http://www.unternehmen-region.de/de/6829.php> (Stand 01.09.2017)
- [6] C<sup>3</sup>-Konsortium: <http://www.bauen-neu-denken.de> (Stand 01.09.2017)
- [7] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-31.10-182: Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton). Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 01.12.2016
- [8] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-33.1-577: „betoShell Classic“ Platten aus Betonwerkstein mit rückseitig einbetonierten Befestigungselementen zur Verwendung als hinterlüftete Außenwandbekleidung oder als abgehängte Decke. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 27.11.2013
- [9] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-21.9-2072: Rückseitige Befestigung von betoShell-Fassadenplatten mittels Fischer Zykon-Plattenanker FZP II auf Unterkonstruktionen. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 29.09.2016
- [10] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-71.3-39: Solidian Sandwichwand. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 22.05.2017
- [11] von der Heide, A.-C.: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Sandwichwände und Fertigteilgaragen. In: TUDALIT e. V. (Hrsg.): TUDALIT Magazin 17 (September 2017), S. 21
- [12] DIN-EN-1992-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. 2011
- [13] Just, M.: Sicherheitskonzept für Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) Spezial Supplement „Verstärken mit Textilbeton“, S. 42-46
- [14] Bösche, A.: Möglichkeiten zur Steigerung der Biegetragfähigkeit von Beton- und Stahlbetonbauteilen durch den Einsatz textiler Bewehrungen – Ansatz für ein Bemessungsmodell, Technische Universität Dresden, Dresden, 2007, Dissertation
- [15] Zilch, K.; Zehetmaier, G.: Bemessung im konstruktiven Betonbau. Springer, Heidelberg, 2010
- [16] Frenzel, M.; Curbach, M.: Bemessungsmodell zur Berechnung der Tragfähigkeit von biegeverstärkten Stahlbetonplatten. In: Curbach, M.; Ortlepp, R. (Hrsg.): Textilbeton in Theorie und Praxis – Tagungsband zum 6. Kolloquium zu textilbewehrten Tragwerken, Abschlusskolloquium der Sonderforschungsbereiche 528 (Dresden) und 532 (Aachen), Berlin, 19./20. September 2011. Technische Universität Dresden, 2011, S. 381-399
- [17] Frenzel, M.: Bemessung textilbetonverstärkter Stahlbetonbauteile unter Biegebeanspruchung. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) Spezial Supplement „Verstärken mit Textilbeton“, S. 54-68
- [18] DIN-EN-1990: Grundlagen der Tragwerksplanung. 2010
- [19] JCSS: Probabilistic Model Code. Joint Committee of Structural Safety, 2000

- [20] Hansen, M.: Zur Auswirkung von Überwachungsmaßnahmen auf die Zuverlässigkeit von Betonbauteilen. Universität Hannover, 2004, Dissertation
- [21] Curbach, M.; Lorenz, E.; Schladitz, F.; Schütze, E.; Weiland, S.: Gesamtbericht der experimentellen Untersuchungen zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für ein Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton) / Institut für Massivbau der TU Dresden. unveröffentlichter Bericht, dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) vorliegend, 2014
- [22] Hansen, M.; Grünberg, J.: Überwachungsmaßnahmen und Bauwerkszuverlässigkeit – Zusammenhänge und Auswirkungen. Beton- und Stahlbetonbau 101 (2006), S. 343-349
- [23] Pottharst, R.: Zur Wahl eines einheitlichen Sicherheitskonzeptes für den konstruktiven Ingenieurbau. In: Mitteilungen aus dem Institut für Massivbau der Technischen Hochschule Darmstadt, Heft 22, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1977
- [24] Rempel, S.; Ricker, M.: Ermittlung der Materialkennwerte der Bewehrung für die Bemessung von textilbewehrten Bauteilen; Bauingenieur; Bd. 92, 2017, S. 280-288
- [25] Rubinstein, R. Y.; Kroese, D. P.: Simulation and the Monte Carlo method. John Wiley & Sons, 2016.
- [26] Häußler-Combe, U.; Weselek, J.; Jesse, F.: A safety concept for non-metallic reinforcement for concrete demonstrated for bending. Structural Concrete; 2017 (eingereicht)
- [27] Zobel, R.: V.1.2 Nachweis- und Prüfkonzept für Normen und Zulassungen. Vorhaben im C<sup>3</sup>-Projekt, <https://www.bauen-neu-denken.de/vorhaben/v1-2-nachweis-und-pruefkonzepte-fuer-normen-und-zulassungen/>
- [28] Häußler-Combe, U.; Jesse, F.; Weselek, J.: Konzeption von Teilsicherheitsfaktoren für Verstärkungen von Biegequerschnitten mittels Carbonbeton. Beton- und Stahlbetonbau; Bd. 110, November 2015, S. 747-758
- [29] Rizalla, S. H.; Tadros, G.: FRP for prestressing of concrete bridges in Canada. ACI Special Publication (2003) 215, pp. 75-90
- [30] Ushijima, K.; Enomoto, T.; Koso, N.; Yamamoto, Y.: Field deployment of carbon-fiber-reinforced polymer in bridge applications. PCI Journal 61 (2016) 5, pp. 29-36
- [31] Schöck: Combar, <https://www.schoeck.de/de/combar>
- [32] Ehlig, D.; Schladitz, F.; Frenzel, M.; Curbach, M.: Textilbeton - Ausgeführte Projekte im Überblick. Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012) 11, S. 777-785
- [33] Erhardt, E.; Weiland, S.; Lorenz, E.; Schladitz, F.; Beckmann, B.; Curbach, M.: Anwendungsbeispiele für Textilbetonverstärkung. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) S1, S. 74-82
- [34] Rempel, S.; Will, N.; Hegger, J.; Beul, P.: Filigrane Bauwerke aus Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) Spezial Supplement „Verstärken mit Textilbeton“, S. 83-93
- [35] Shams, A.: Verkleidung der höchsten Brückenpfeiler der Welt mit Textilbeton. In: TUDALIT e. V. (Hrsg.): TUDALIT Magazin 17 (September 2017), S. 14
- [36] Kulas, C.: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Sandwichwände und Modulbauten. In: TUDALIT e. V. (Hrsg.): TUDALIT Magazin 17 (September 2017), S. 20
- [37] Scheerer, S.; Michler, H.; Curbach, M.: Brücken aus Textilbeton. In: Mehlhorn, G.; Curbach, M. (Hrsg.): Handbuch Brücken. Springer Vieweg Verlag, 2014, S. 118-126
- [38] Michler, H.: Segmentbrücke aus textilbewehrtem Beton – Rotachsteg Kempten im Allgäu. Beton- und Stahlbetonbau, 108 (2013), S. 325-334
- [39] Helbig, T.; Unterer, K.; Kulas, C.; Rempel, S.; Hegger, J.: Fuß- und Radwegbrücke aus Carbonbeton in Albstadt-Ebingen. Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), S. 676-685
- [40] Frenzel, M.; Lieboldt, M.; Curbach, M.: Leicht Bauen mit Beton: Balkonplatten mit Carbonbewehrung. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014), S. 713-725
- [41] Scholzen, A.; Chudoba, R.; Hegger, J.; Will, N.: Leichte Dachschaalen aus Carbonbeton. Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), S. 663-675
- [42] Scheerer, S.; Chudoba, R.; Garibaldi, M. P.; Curbach, M.: Shells made of textile reinforced concrete – applications in Germany. In: Journal of IASS, 2017, S. 79-93
- [43] TUDALIT-Planermappe: <http://tudalit.de/wp-content/uploads/2016/09/TUDALIT-Planermappe-gesamt.pdf>
- [44] Curbach, M.; Ortlepp, R.; Weiland, S.; Haubenbacher, B.: Textilbewehrter Beton zur Verstärkung eines Hyparschalentragwerks in Schweinfurt. Beton- und Stahlbetonbau 102 (2007), Heft 6, S. 353-361.
- [45] Schladitz, F.; Lorenz, E.; Jesse, F.; Curbach, M.: Verstärkung einer denkmalgeschützten Tonnenschale mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau 104 (2009), Heft 7, S. 432-437. doi:10.1002/best.200908241
- [46] Weiland, S.; Schladitz, F.; Schütze, E.; Timmers, R.; Curbach, M.: Rissinstandsetzung eines Zuckersilos. Bautechnik 90 (2013), S. 498-504. doi:10.1002/bate.201300046
- [47] Feix, J.; Hansl, M.: Pilotanwendung von Textilbeton für Verstärkungen im Brückenbau. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 25. Dresdner Brückenbausymposium. 09./10.3.2015 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2015, S. 99-110
- [48] Egger, M.; Feix, J.: Textilbeton im Ingenieurbau. Innsbrucker Bau-tage 2017, 23. Februar 2017 in Innsbruck, S.88-108
- [49] Al-Jamous, A.; Uhlig, K.: Sanierung der historischen Betonbogenbrücke in Naila. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 27. Dresdner Brückenbausymposium. 13./14.3.2017 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2017, S. 71-78
- [50] Asgharzadeh, A.; Raupach, M.; Koch, D.; Mahjoori, M.: Kathodischer Korrosionsschutz für Parkbauten mit carbontextilienbewehrtem Spezialmörtel. Bautechnik 93 (2016), S. 185-191
- [51] Schütze, E.; Tietze, M.; Curbach, M.; Hülsmeier, F.: Heizen mit Bauteilen aus Textilbeton - Das Projekt smarttex. Carbon Composites Magazin 2 (2013), S. 79

# Eine außergewöhnlich diffizile bautechnische Aufgabe: Fünf neue Schleusen entlang des Dortmund-Ems-Kanals Gefragt sind die Beratung großer Planungsteams und die möglichst frühzeitige Einbindung der Prüfengeieure

In den kommenden Jahren werden am Dortmund-Ems-Kanal (DEK) fünf neue Schleusen gebaut. Zwei Planfeststellungsverfahren, Standardisierungsanforderungen innerhalb der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, ein langjähriger Planungsprozess und nicht zuletzt 15 Bauvergaben stellen eine enorme Herausforderung für Bauherren, Planungsbüros, Prüfengeieure und Baufirmen dar. Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist für die Einhaltung aller Anforderungen der Sicherheit und Ordnung verantwortlich, setzt aber, wie im folgenden Beitrag über diese Großprojekte deutlich wird, auch zahlreiche externe Büros ein. Bei derartigen Infrastrukturmaßnahmen erfolgt nach der Vergabe der Bauleistungen in der Regel ein Wechsel des planenden Ingenieurbüros. Die Unterbehörde der WSV kann als verantwortlicher Entwurfsaufsteller Ingenieurbüros für die Bearbeitung und Prüfengeieure für die Prüfung der Entwurfsunterlagen einschalten. Anschließend erfolgt eine Weiterentwicklung der Entwurfsplanungen zu Ausschreibungsplanungen – im optimalen Fall durch das selbe Planungsbüro. Die abschließende Ausführungsplanung wird in der Regel mit der Bauleistung vergeben und dann im Auftrag des Bauunternehmens von einem weiteren Planer erbracht. Diese Planungen werden wiederum im optimalen Fall von demselben Prüfengeieur geprüft und anschließend von der WSV zur Ausführung freigegeben.



### Dr.-Ing. Jeannette Ebers-Ernst

studierte Bauingenieurwesen an der TU Leipzig und an der TU Braunschweig, wo sie auch promovierte; nach sechsjähriger Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Statistik der TU Braunschweig war sie in verschiedenen Funktionen bei der Sweco GmbH tätig, zuletzt als Bereichsleiterin und Prokuristin; seit 2017 ist sie Prokuristin und Mitglied der Geschäftsfeldleitung der grbv Ingenieure im Bauwesen (Hannover); Jeannette Ebers-Ernst ist seit 2009 Beratende Ingenieurin der Ingenieurkammer Niedersachsen.

### Dipl.-Ing. Birgit Maßmann

studierte Bauingenieurwesen (Konstruktiver Ingenieurbau) an der Universität Dortmund und ist seit 1992 bei verschiedenen Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen in mehreren Sachbereichen als Leiterin tätig; seit 2008 ist sie beim Wasserstraßen-Neubauamt Datteln für das Projekt „Neue Schleusen DEK-Nord“ verantwortlich.

## 1 Einleitung

Der Dortmund-Ems-Kanal (DEK) verbindet über den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal das Ruhrgebiet mit den Seehäfen Bremen und Hamburg sowie über den bei Bergeshövede abzweigenden Mittellandkanal mit den Industrieregionen in Mittel- und Ostdeutschland.

Während sein südlicher Teil von Datteln bis Bergeshövede bereits seit 2007 von Großmotorgüterschiffen mit 2,50 Meter Abladetiefe befahren werden kann, sind auf seiner Nordstrecke von Bergeshövede bis Gleesen bisher nur Schiffe mit Abmessungen von bis zu 100 Meter Länge und 9,65 Meter Breite bei einer maximalen Abladetiefe von 2,70 Meter zugelassen.

Die sechs Stufen des Dortmund-Ems-Kanals zwischen Bergeshövede und Gleesen bilden die Schleusentreppe Rheine (**Abb. 1**), die ursprünglich aus sieben Schleusen mit 67 Metern Nutzlänge und 8,60 Metern Kammerbreite bestand. Um der früheren Verkehrsentwicklung und der Zunahme der Schiffsgrößen Rechnung tragen zu können, wurde die Schleusentreppe Rheine von 1914 bis 1918 um jeweils eine zusätzliche Große Schleuse mit 160 Metern Nutzlänge und Kammerbreiten von 9,80 bis zehn Meter erweitert. Dabei übernahm die Große Schleuse Bevergern die Funktion von zwei Kanalstufen, der kleinen Schleuse Bergeshövede und der kleinen Schleuse Bevergern.

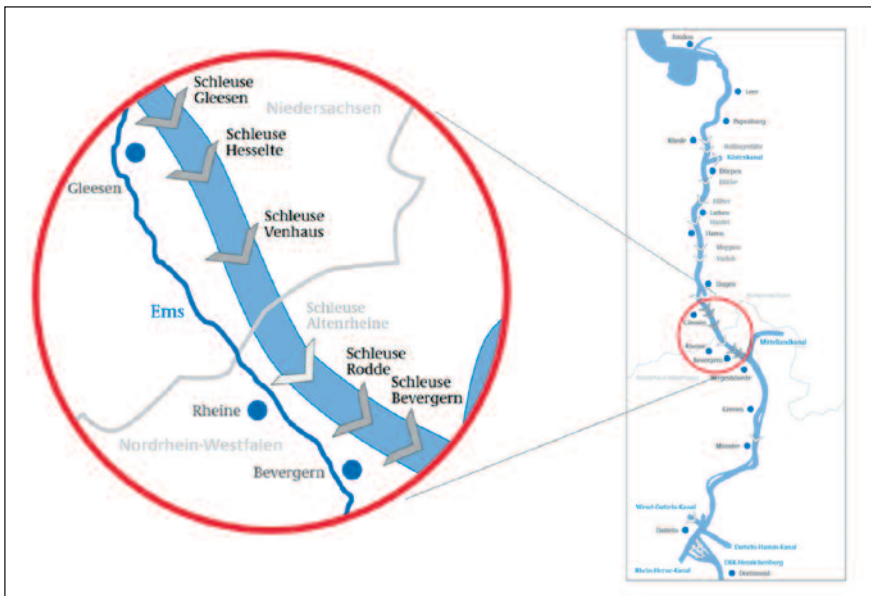
Die heute noch in Betrieb befindlichen Großen Schleusen Bevergern, Rodde, Venhaus, Hesselte und Gleesen sind über einhundert Jahre alt und haben das Ende Ihrer Lebensdauer erreicht. Die zwischen den Schleusen Rodde und Venhaus liegende Schleuse Altenrheine wurde bereits 1974 durch einen Neubau ersetzt.

Damit auch zukünftig die DEK-Nordstrecke zuverlässig und dauerhaft betrieben werden kann, ist ein Ersatz auch der fünf übrigen Schleusenbauwerke der Schleusentreppe Rheine erforderlich.

Dazu sollen die vorhandenen Bauwerke durch neue Schleusen mit 140 Metern Nutzlänge und 12,50 Meter Kammerbreite ersetzt werden. Die Schleuse Altenrheine wurde seinerzeit mit einer nutzbaren Kammerlänge von 190 Metern und einer Kammerbreite von zwölf Metern gebaut. Durch die gewählten Abmessungen können zukünftig auch Großmotorgüterschiffe und übergroße Großmotorgüterschiffe mit einer Breite von 11,45 Meter die Schleusentreppe Rheine passieren. Dies entspricht einer teilweisen Umgestaltung des betroffenen Streckenabschnitts zur Wasserstraßenklasse Va gemäß dem Klassifizierungssystem für europäische Wasserstraßen\*.

\* Die Wasserstraßenklasse Va bezeichnet Binnenwasserstraßen, die von „Großen Rheinschiffen“ (Großmotorgüterschiffen) befahren werden können. Sie sind maximal 110 Meter lang, 11,45 Meter breit, und sie haben einen Tiefgang von 2,50 bis 2,80 Meter.

Abb. 1: Projektgebiet für den Ersatz der Schleusen am Dortmund-Ems-Kanal



(Kleinostheim) und der Prof. Dr.-Ing. Victor Rizkallah + Partner Ingenieurgesellschaft (RI+P, Hannover) – mit der Prüfung der Entwurfsplanung in statischer und konstruktiver Hinsicht beauftragt. Da für den Bereich des Stahlwasserbaus standardisierte Planungen mit geprüften Ausführungsunterlagen den Ausschreibungen zugrunde liegen sollten, erfolgte bereits für die Aufstellung der Ausschreibung auch die Beauftragung der Prüfgemeinschaft mit der Prüfung der Ausführungsplanung im Dezember 2014.

Zur Erlangung des Baurechts sind Planfeststellungsverfahren in zwei Bundesländern erforderlich, nämlich in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Nach Einleitung der Planfeststellungsverfahren im September 2012 und zwei Erörterungsterminen im Mai und Dezember 2014 dauert das Klageverfahren in Niedersachsen gegen den Planfeststellungsbeschluss vom Februar 2015 noch an. Auch für den Planfeststellungsabschnitt in Nordrhein-Westfalen liegt noch kein rechtskräftiger Beschluss vor. Nach Genehmigung der sofortigen Vollziehung der Baumaßnahmen am Schleusenstandort Gleesen wurde im März 2016 der erste Bauauftrag erteilt. Am 23. August 2016 erfolgte der symbolische erste Spatenstich für die Baumaßnahmen am DEK-Nord.

## 2 Projektverlauf und Organisation der Projektabwicklung

Der Neubau der Schleusen der DEK-Nordstrecke genießt in der Region Emsland höchste Priorität, damit die Wertschöpfung bereits begonnener Investitionen zum Tragen kommt und die Wettbewerbsfähigkeit der Region gestärkt wird. Das Projekt liegt somit nicht nur im unmittelbaren Interesse des Güterverkehrs, sondern auch im Interesse der Wirtschaft der Region sowie des Landes Niedersachsen. Am 6. November 2007 wurde deshalb ein Vertrag zwischen der Region und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) geschlossen, um das Projekt gemeinsam voranzutreiben. Die Anfang 2008 gegründete Projektgruppe DEK-Nord besteht zum Teil aus Mitarbeitern der Region und ist organisatorisch an das Wasserstraßenneubauamt (WNA) Datteln angebunden. Der 2007 zwischen der Region und der WSV geschlossene Vertrag ist auf zehn Jahre angelegt und läuft Ende dieses Jahres (2017) aus.

Der Bund hat diese Maßnahmen bereits 2007 in den Investitionsrahmenplan bis 2010 für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes (IRP) aufgenommen, weil sie einen dringend notwendigen Beitrag zur Substanzerhaltung leisten und durch die Zulassung größerer Fahrzeugeinheiten gleichzeitig der Verbesserung der Gesamtwirtschaftlichkeit und – damit einhergehend – rationelleren Verkehrsabläufen dienen.

Auf der Grundlage eines von der WSV aufgestellten Entwurfs einer Haushaltsunterlage (Entwurf-HU) wurden 2009 Ingenieurbüros mit den Projektplanungen beauftragt.

Im März 2009 erhielt die Ingenieurgemeinschaft (INGE) DEK-Nord – Schleusen – bestehend aus den Büros Sweco (Bremen) (vormals Grontmij), grbv Ingenieure im Bauwesen (Hannover), Lahmeyer Hydroprojekt (Weimar), Knabe Enders Dührkop Ingenieure (Hamburg; inzwischen ausgeschieden) und IRS Stahlwasserbau Consulting AG (Würzburg) – den Auftrag für die Planung der Schleusen und der Vorhäfen; die Federführung obliegt Sweco.

Mit Beginn der Entwurfsplanung wurde im Dezember 2011 eine Prüfgemeinschaft – bestehend aus der König und Heunisch Planungsgesellschaft (KHP, Frankfurt), der Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft

Auch für die Unterstützung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes bei der Bauabwicklung wurden freiberuflich Tätige eingeschaltet. Im Dezember 2016 erhielt die *Ingenieurgemeinschaft Bauüberwachung Neue Schleusen DEK-Nord* – bestehend aus den Büros grbv Ingenieure im Bauwesen (Hannover), Fichtner Water & Wind (Stuttgart), Lpi Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus/Dr.-Ing. Lasse Petersen (Hannover), Krebs+Kiefer (Darmstadt), ZPP German Engineering (Bochum) und iwB Ingenieure (Hamburg) – den Auftrag unter anderem für Leistungen aus den Bereichen Bauüberwachung, Qualitätssicherung, Sicherheits- und Gesundheitsschutz und Nachtragsbearbeitung.

Die Organisation der Projektabwicklung erfolgte unter folgenden wesentlichen Randbedingungen:

- Die WSV hat in allen Phasen der Baudurchführung (Voruntersuchung, Planung, Ausschreibung, Vergabe, Bauüberwachung, Betrieb und Unterhaltung) ihrer bauaufsichtlichen Verantwortung gemäß Paragraf 48 des Bundeswasserstraßengesetzes (WaStrG) für die eigenen Anlagen in vollem Umfang gerecht zu werden.
- Die Planungsleistungen für dieses Projekt sind mit dem größtmöglichen Anteil an Leistungen Dritter umzusetzen. Die Ausführungen der Bauleistungen sind ebenfalls vor dem Hintergrund knapper Personalressourcen zu planen. Hierzu waren die notwendigen Vergabeverfahren rechtzeitig zu optimieren.

In der Vorplanungsphase (Leistungsphasen 1 und 2 der HOAI) werden die Grundsätze und die Konzeption für den gesamten Projektumfang festgelegt. Gemäß Verwaltungsvorschrift für die Wasserstraßen- und

Schiffahrtsverwaltung des Bundes sind diese Planungsleistungen nicht geeignet, an Dritte vergeben zu werden, da die WSV als verantwortliche Fachverwaltung ihr spezifisches Wissen in die Planung und Ausführung einzubringen und vorzuhalten hat, was sich auch in der fachlichen Steuerung der Aufträge zeigt.

Allerdings ist eine Unterstützung der WSV durch Teilleistungen Dritter auch in diesen Leistungsphasen zulässig.

Da die Personalressource für dieses Projekt knapp bemessen ist (insbesondere stehen keine Techniker und technischen Zeichner zur Verfügung), mussten auch für die Vorplanungsphase freiberuflich Tätige herangezogen werden. Um der bauaufsichtlichen Verantwortung gemäß Paragraf 48 des Bundeswasserstraßengesetzes trotzdem in dieser Planungsphase in vollem Umfang gerecht werden zu können, musste der Vertrag für die Leistungsphasen 1 und 2 der HOAI (Grundlagenermittlung, Vorplanung) konkrete Verpflichtungen des Auftragnehmers beinhalten, deren Einhaltung der WSV die erforderlichen Entscheidungen – und somit auch die fachliche Steuerung des Projektes – ermöglicht.

Um den interagierenden Abhängigkeiten und Beeinflussungen jeweils aller Objekte (insbesondere im Rahmen der Variantendiskussion) in einem Planungsabschnitt umfassend darstellen zu können, war für die Grundlagenermittlung und für die Vorplanung – einerseits – jeweils eine kohärente Planung von einem Auftragnehmer erforderlich; andererseits beeinflussen die Planungsvorschläge für die Eingriffe in die unterschiedlichen Schutzgüter (Eigentum Dritter, Grundwasser, Ökologie, Landschaftsbild etc.) die öffentliche Akzeptanz und die öffentlich-rechtliche Durchsetzbarkeit der Maßnahmenplanung wesentlich, und sie bilden deshalb den Schwerpunkt des Planfeststellungsverfahrens.

Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, empfahl sich die Beauftragung eines Auftragnehmers mit der Bearbeitung der Objektplanung (Leistungsphasen 1 und 2 der HOAI) für alle Objekte der beiden Planungsabschnitte sowie die Fortsetzung der Bearbeitung durch den selben Auftragnehmer (HOAI-Leistungsphasen 3 bis 6).

Ziel war insbesondere die Sicherstellung einheitlicher Planungsgrundsätze beziehungsweise der Planungserfahrungen an oder für jeden Schleusenstandort und damit die Minimierung der Schnittstellen mit der erforderlichen Fachkunde beim potentiellen Auftragnehmer im Sinne der Qualitätssicherung.

## 3 Randbedingungen für die Planung

Der Dortmund-Ems-Kanal überwindet mit der Schleusentreppe Rheine auf einer 29 Kilometer langen Strecke zwischen der Einfahrt in den Mittellandkanal und der Ems einen Höhenunterschied von 28,7 Meter (Abb. 2).

Der Wasserverbrauch der Schleusentreppe Rheine wird durch den Verbrauch der Schleuse Altenrheine bestimmt. Während die Ein- und die Ausgangsschleuse der Schleusentreppe Sparschleusen sind, sind die Schleusen geringer Hubhöhe in Rodde, Venhaus und Hesselte einfache Einkammerschleusen. Die vorhandenen Schleusen werden über Längsläufe befüllt und entleert. Die Längsläufe dienen gleichzeitig der Regulierung der Wasserstände in den Haltungen. Darüber hinaus verfügt die Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals über keine Einrichtungen zur Wasserbewirtschaftung. Der Wasserbedarf wird aus dem westdeutschen Kanalnetz und über den Mittellandkanal abgedeckt.

Ziel der Planung ist die Gewährleistung der Sicherheit und der Leichtigkeit der Schifffahrt. Die Baumaßnahme muss unter Aufrechterhaltung des Verkehrs auf dem Kanal aber auch auf den kreuzenden Verkehrswegen erfolgen.

Neben der Verfügbarkeit der Flächen entlang der Baumaßnahme stellen die Eingriffsminimierung bezüglich der Schutzgüter Mensch, Natur und Umwelt, die öffentlich-rechtliche Genehmigungsfähigkeit und die Sicherheit der Bauabläufe wesentliche Planungsrandbedingungen dar. Weitere Kriterien sind nicht zuletzt die Wirtschaftlichkeit und die Nachhaltigkeit der vorgesehenen Baumaßnahmen.

## 4 Schleusenkonzeption und Standardisierung

Die Bedarfsplanung der WSV sah zunächst den Ersatz der Schleusen Bevergern, Venhaus und Gleesen bei gleichzeitigem Entfall der Schleusen Rodde und Hesselte einschließlich der erforderlichen Haltungsanpassungen vor. Umfangreiche Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit sowie die mit Haltungsanpassungen verbunden bautechnischen Herausforderungen veranlassten die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes zu der Entscheidung, alle fünf Schleusen unter Beibehaltung der vorhandenen Fallhöhen durch Neubauten zu ersetzen und auf Haltungsanpassungen mit Streckenausbau zu verzichten.

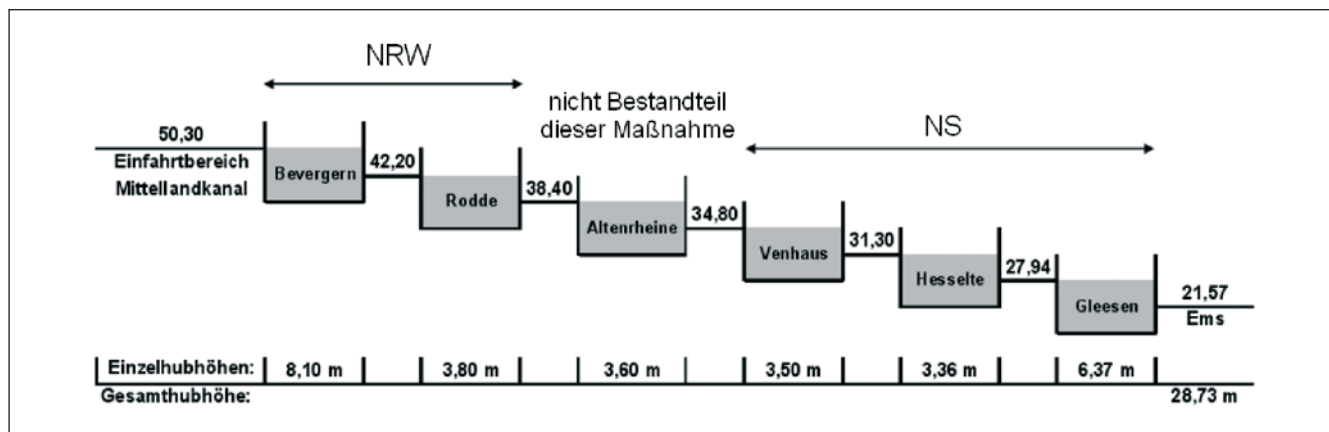


Abb. 2: Schleusentreppe Rheine

Die von der Ingenieurgesellschaft bearbeiteten Vorentwürfe dienten dem Nachweis der Machbarkeit unter Berücksichtigung der öffentlich-rechtlichen Umsetzbarkeit sowie der Bausicherheit und der Wirtschaftlichkeit hinsichtlich der Festlegung der Schleusenstandorte. Dazu wurden Bauteilgeometrien als Umhüllende verschiedener Konstruktionsweisen auf der sicheren Seite liegend festgelegt.

Auf der Grundlage der Vorentwürfe wurde anschließend eine einheitliche Schleusenkonzeption für die Sparschleusen sowie die Schleusen geringer Hubhöhe in der DEK-Nordstrecke insbesondere unter Berücksichtigung der Aspekte Sicherheit und Verfügbarkeit, Betrieb und Unterhaltung sowie Wirtschaftlichkeit erarbeitet. Die Schleusenkonzeption behandelt das hydraulische System, die Anordnung der Sparbecken (abgerückt oder integriert), die Bauweise der Schleusen (monolithisch oder fugenbehaftet), Art und Bauweise der Verschlüsse, des Stoßschutzes sowie der Antriebe.

Mit Verfügung der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt wurden ein hohes Maß der Standardisierung bei gleichzeitiger Kostensenkung gefordert und wesentliche Konstruktionsprinzipien festgelegt. Insbesondere für den Stahlwasserbau und für die Technische Ausrüstung wurden im engen Dialog mit der Standardisierungskommission der WSV ausführungsreife Lösungen für Verschlüsse und Antriebe für Schleusen bis zehn Meter Hubhöhe entwickelt. Die Empfehlungen für Schleusen geringer Hubhöhe konnten teilweise für die Konzeption der Sparschleusen herangezogen werden, um einen möglichst hohen Standardisierungsgrad zu erreichen.

Für die Schleusen geringer Hubhöhe (mit weniger als vier Meter Fallhöhe) wurden nach grundlegenden Untersuchungen folgende Konstruktionsprinzipien festgelegt:

- Kammer in Spundwandbauweise,
- hydraulisches System als Endsystem mit Befüllung und Entleerung über die Tore,

- keine unterirdischen Betriebsräume (Kavernen),
- Obertor: Drucksegment mit Füllmuschel,
- Untertor: Stemmtor mit Entleerungsschützen (Drehsegmente),
- Antriebe: Elektrohubzylinder (EHZ) am Untertor, Obertor hydraulisch,
- Seilstoßschutz am Unterhaupt,
- Kammerrevisionsverschluss: Dammbalken.

Die Konstruktionsprinzipien für die Schleusen geringer Hubhöhe wurden weitestgehend auch für die Sparschleusen herangezogen. Für die Schleusen Bevergern und Gleesen wurden daher folgende Festlegungen getroffen (**Abb. 5 bis Abb. 9**):

- Kammer und Sparbecken in Massivbauweise, Endsystem mit Restwasserbefüllung und -entleerung über die Tore,
- offene Sparbecken mit Sparbeckenzulauf an das Oberhaupt,
- keine unterirdischen Betriebsräume (Kavernen),
- Obertor: Drucksegment mit Füllmuschel und einseitigem oberirdischen Antrieb,
- Untertor: Stemmtor mit Entleerungsschützen (Drehsegmente),
- Sparbeckenverschlüsse: Tafelverschluss als Rollschütz,
- Antriebe: EHZ am Untertor, Obertor und Sparbeckenverschlüsse hydraulisch,
- Balkenstoßschutz am Unterhaupt,
- Kammerrevisionsverschluss: Dammbalken,
- Revisionsverschlüsse Zulaufe: Tafelverschlüsse.

## 5 Herausforderungen bei der Planung

Die INGE wurde mit der Gesamtplanung der Schleusen am DEK-Nord beauftragt. Neben dem Aspekt, dass sich die Planungsleistungen über fünf verschiedene Schleusenstandorte erstrecken, stellen insbesondere die vielfältigen und komplexen Fragestellungen eine enorme Herausforderung für die Planer dar.

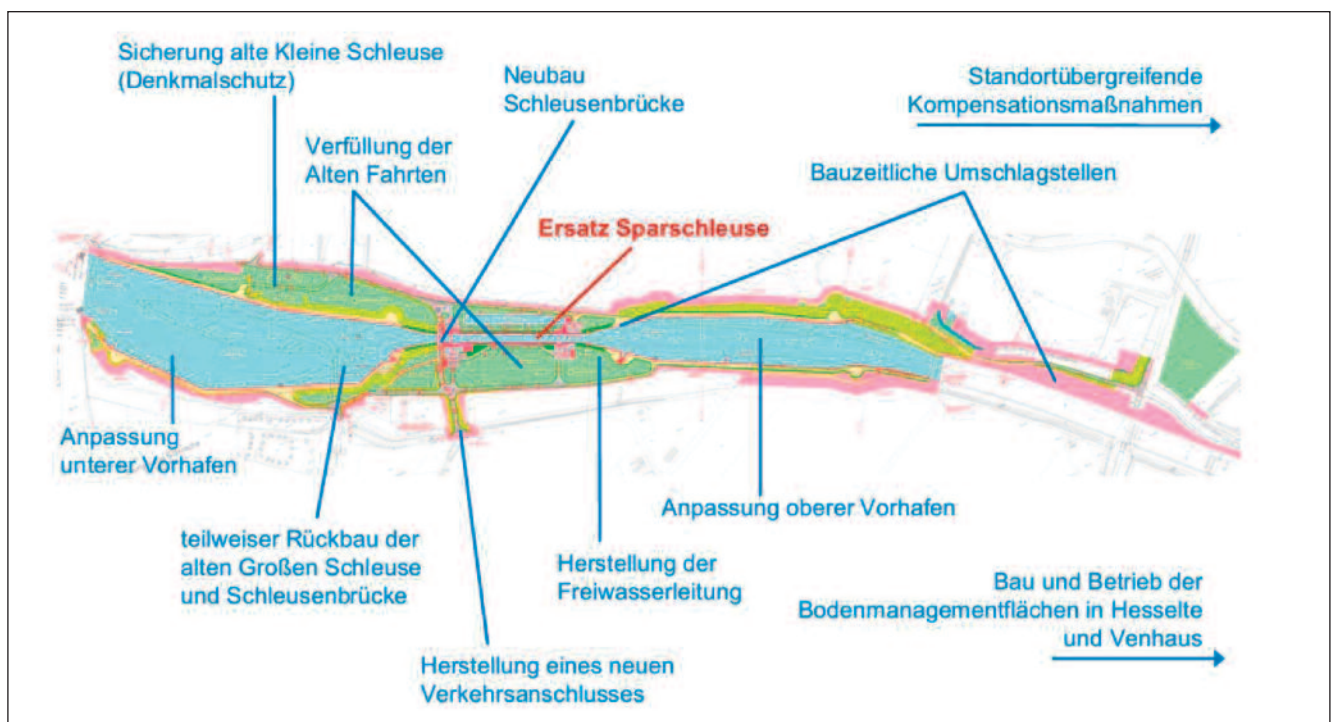


Abb. 3: Umfang der Baumaßnahme am Schleusenstandort Gleesen

## VERKEHRSWASSERBAU

So umfasst die Objekt- und Tragwerksplanung für den Neubau der fünf Schleusen die Planung für das eigentliche Schleusenbauwerk, die Kammer, die Häupter und teilweise auch die Sparbecken sowie die Verschlüsse und Betriebsgebäude, die Schleusenbrücke, die Baugruben, die Vorhäfen, die Dämme und Uferwände, die Freiwasserleitung, die Verkehrsanlagen, die Bodenmanagement- und Ablagerungsflächen sowie den Rückbau oder die Sicherung vorhandener Anlagen. Darüber hinaus ist auch die Planung der gesamten technischen Ausrüstung für die neuen Schleusen einschließlich aller Bauzwischenzustände und bauzeitliche Provisorien Teil des Planungsauftrags. **Abb. 3** zeigt den Umfang der zu planenden Objekte am Beispiel des Schleusenstandortes Gleesen.

Neben der Objekt- und Tragwerksplanung sowie der Planung der Technischen Ausrüstung ist für die zahlreichen Teile der Schleusenanlage auch eine Vielzahl interdisziplinärer Fragestellungen zu bearbeiten. Dazu gehören

- die Planung der Wasserbewirtschaftung für den DEK-Nord,
- die Planung des Bodenmanagements mit der Anforderung, möglichst sämtliche Böden innerhalb der Maßnahme wiederzuverwenden,
- die Aufstellung zahlreicher Messprogramme für die vermessungstechnische und geotechnische Überwachung der vorhandenen und der neuen Bauwerke während der Bauzeit und des späteren Betriebs,
- die Erarbeitung von Lärmschutzkonzepten und von Konzepten zur Verkehrslogistik,
- detaillierte Planungen der Bauabläufe und einzelner Bauphasen,
- die Planung zahlreicher Provisorien für den Betrieb der vorhandenen und neuen Anlagen während der Bauzeit,
- die Erarbeitung von Gefahrenanalysen, Betriebsanleitungen, Sicherheits- und Gesundheitsschutzplänen,
- die Erarbeitung von Konzepten für den Brand-, Blitz-, Überspannungs- und Einbruchsschutz der fernbedienten Schleusen,
- die Erstellung von 3D-Simulationen für die Steuerung und den Betrieb der neuen Schleusen und vieles andere mehr.

Die Aufgaben der Objektplanung lassen sich häufig nur im direkten Zusammenwirken mit der Tragwerksplanung lösen. Dabei sind sowohl für die Konstruktion des Bauwerks als auch für den Tragwerksentwurf das spezifische Regelwerk der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwal-

tung des Bundes sowie die Anforderungen aus Betrieb und Unterhaltung zu beachten. Einige der Aspekte aus der Objekt- und Tragwerksplanung für die neuen Schleusen am DEK-Nord werden deshalb nachfolgend erläutert.

Maßgebend für die Standortwahl der neuen Schleusen ist die Aufrechterhaltung des Verkehrs während der Bauzeit und damit der seitliche Abstand von den vorhandenen alten Großen Schleusen, um negative Auswirkungen der Baumaßnahme insbesondere durch die Herstellung der Baugrube auf deren Betrieb auszuschließen (**Abb. 4**). Neben den Setzungsberechnungen der INGE wurden von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe 2D-FEM-Berechnungen der Bauwerk-Boden-Interaktion durchgeführt, um die Auswirkungen des Baubetriebs auf den Schleusenbetrieb der Bestandsschleusen zu untersuchen. Durch den Tragwerksplaner war zu prüfen, ob im Bestand die Verformungen der Häupter den Betrieb der Schleusentore beeinträchtigen.

Für Schleusen geringer und mittlerer Hubhöhe kommen für die Konstruktion der Schleusenkammer in der Regel zwei Bauweisen in Betracht. Neben einem flach gegründeten U-Rahmen in Massivbauweise, der den horizontalen Erddruck und den Wasserdruck auf die Kammerwände über Biegung in die Sohle und weiter in den Baugrund abträgt, können alternativ auch vertikale Verbaulemente der Baugrubenkonstruktion als spätere Kammerwand herangezogen werden. Nach eingehenden Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit, des Bauablaufs und der Anforderungen aus Betrieb und Unterhaltung wurde entschieden, die Schleusen geringer Hubhöhe (< 4,00 m) mit einer Spundwandkammer auszuführen und die Schleusen mit größerer Hubhöhe mit einem durchgehenden Stahlbeton-U-Rahmen umzusetzen (**Abb. 5a und Abb. 5b**).

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen war durch den Tragwerksplaner eine ausreichende Systemsicherheit im Hinblick auf die Bauausführung zu gewährleisten. Um Systemwechsel nach Erteilung des Bauauftrags zu vermeiden, wurde zwischen dem Wasserstraßenneubauamt Datteln, den Planern und den Prüflingenieuren ein Auslastungsniveau von 80 Prozent für die Standsicherheitsnachweise vereinbart.

Die Hauptabmessungen der Stahlbetonkonstruktion resultieren insbesondere aus Überlegungen zur Gebrauchstauglichkeit und zur Dauerhaftigkeit. In der Regel ist für massive Wasserbauwerke von einer Nutzungsdauer von einhundert Jahren auszugehen. Aus diesem Grund

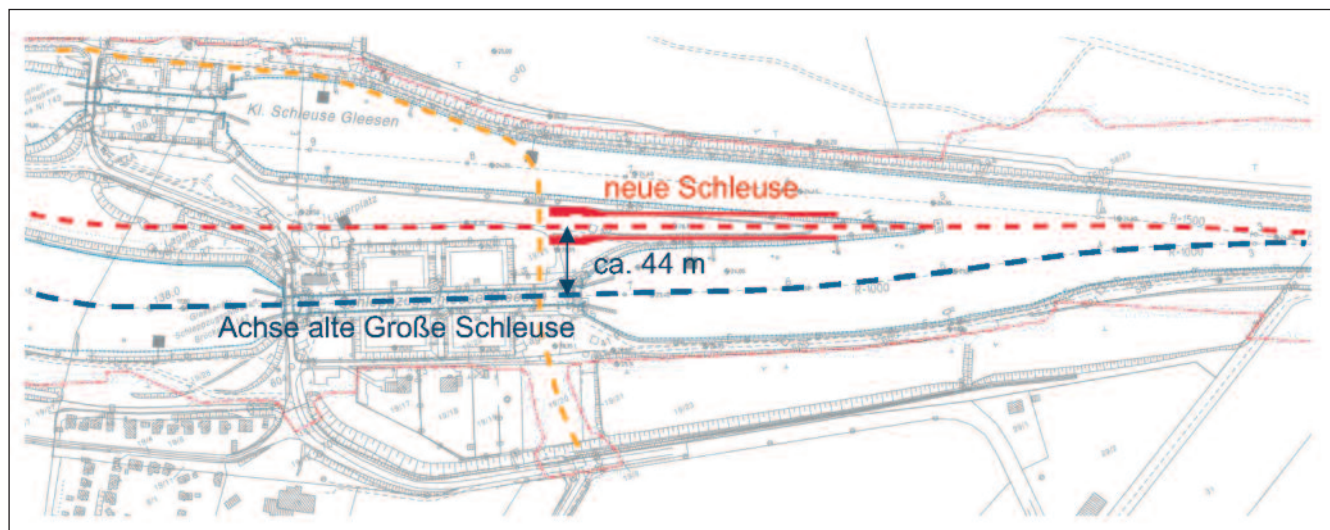


Abb. 4. Lage der alten Großen Schleuse und des geplanten Neubaus am Schleusenstandort Gleesen



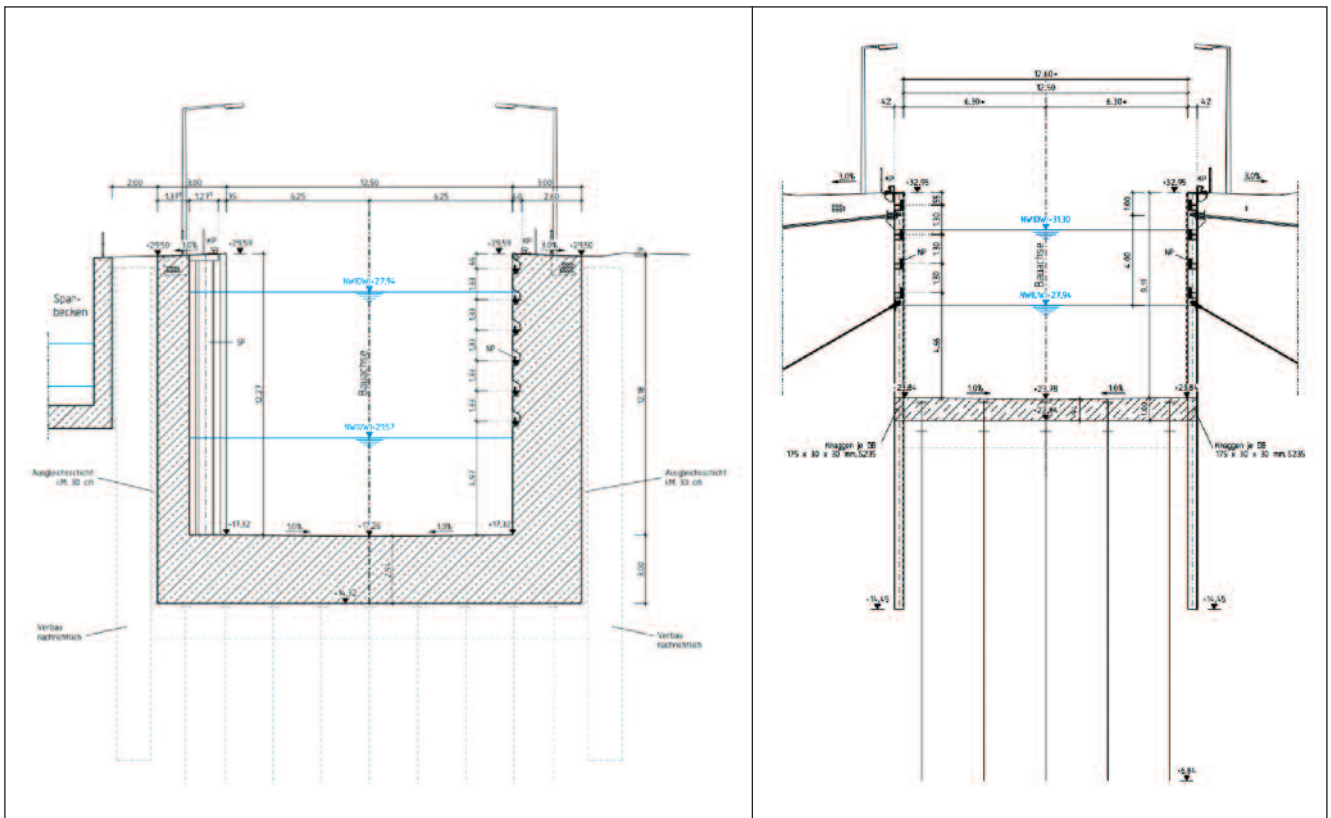


Abb. 5a + b: Regelquerschnitte U-Rahmen (Schleuse Gleesen, links) und Spundwandkammer (Schleuse Venhaus)

legt die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes großen Wert auf robuste Konstruktionen. Übliche Bewehrungsgehalte massiver Schleusenkonstruktionen liegen bei rund 120 Kilogramm pro Kubikmeter Beton. Um die sichere Einbaubarkeit der Bewehrung und des Betons auch im Bereich von Einbauteilen und Zweitbetonaussparungen mit hohen Bewehrungskonzentrationen zu gewährleisten, wurden im Interesse einer hohen Ausführungsqualität die Querschnittsabmessungen so gewählt, dass für die Regelquerschnitte eine einlagige Bewehrung ausreichend ist.

Maßgebend für die Bemessung der horizontalen Bewehrung in Schleusenlängsrichtung ist häufig der frühe Zwang infolge abfließender Hydratationswärme bei massigen Betonbauteilen sowie später der Zwang aus Temperatur- und Setzungsunterschieden. Aus Gründen der Standardisierung wurden die Mindestquerschnittsabmessungen für die Schleuse mit der maximalen Hubhöhe, der Schleuse Bevergern, ermittelt. Die im Rahmen des Entwurfs- und Auslegungsbeschlusses zu erstellende Genehmigungsstatik enthält Bewehrungsskizzen für den Nachweis der Einbaubarkeit der gewählten Bewehrung.

Die Bemessung für den frühen Zwang aus abfließender Hydratationswärme erfolgt nach dem Merkblatt Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken (MFZ) der Bundesanstalt für Wasserbau. Die Größe der Zwangskräfte aus abfließender Hydratationswärme ist maßgeblich von der Höhe der Betonierabschnitte abhängig. Neben der Begrenzung der Zwangskräfte waren die Lage der Aussteifungen für den Baugrubenverbau sowie der Betonierdruck für die Schalung für die Entscheidung zur Lage der Arbeitsfuge von Bedeutung.

Fugenbänder stellen in der Regel eine Schwachstelle im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit und die Gebrauchstauglichkeit dar. Aus diesem Grund hat die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

als Standardbauweise die monolithische Bauweise für Massivschleusen etabliert. Dabei ist darauf zu achten, durch einen geeigneten Bauablauf den Zwang infolge von Setzungsdifferenzen zwischen den „schweren“ Haupten und der „leichteren“ Kammer zu reduzieren. Die Schnittkraftermittlung für die Einwirkungen aus spätem Zwang erfolgt am räumlichen Gesamtmodell.

Die massiven Sparbecken sind durch den Baugrubenverbau von der Kammerwand entkoppelt und über den Zulaufbereich monolithisch am Oberhaupt angeschlossen. Die Schwimmpoller werden zur Reduzierung der Beanspruchung unter Berücksichtigung der bevorzugten Windrichtung sowie der Sonneneinstrahlung auf der rechten (nordöstlichen) Kammerseite angeordnet.

Der Anschluss der Sparbeckenzuläufe erfolgt seitlich am Drempele Oberhauptes. Die Energieumwandlung für die Kammerfüllung aus dem Sparbecken sowie die Restfüllung über das Drehsegment mit Füllmuschel erfolgt über die durch die Bundesanstalt für Wasserbau hydraulisch optimierten Störkörper und die Gitterwand.

Mit der Entscheidung für das Stemmter mit Entleerungsschützen ist im Unterhaupt ebenfalls eine Energieumwandlungsanlage erforderlich. Gemäß Empfehlung der Bundesanstalt für Wasserbau sind hierfür in Schleusenlängsrichtung den Abflusstrahl richtende, ein Meter hohe Leitwände vorgesehen. Der Abflusstrahl wird so zur Energieumwandlung gegen eine Schwelle geleitet.

Die Schleusen geringer Hubhöhe mit Spundwandkammer erhalten ebenfalls massive Haupten zur Aufnahme der Betriebsverschlüsse. Die konstruktive Ausbildung der Haupten erfolgt im Sinne der Standardisierung analog zu den Haupten der Massivschleusen. Der Übergang zwischen Spundwandkammer und dem U-Rahmen der Haupten stellt auch

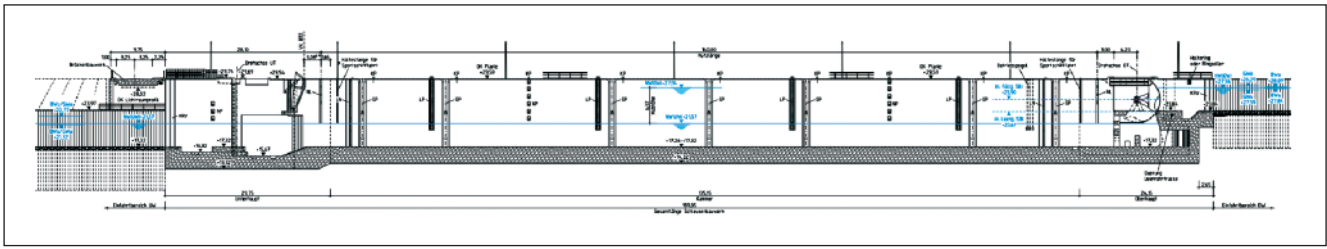


Abb. 6: Längsschnitt der neuen Schleuse Gleesen

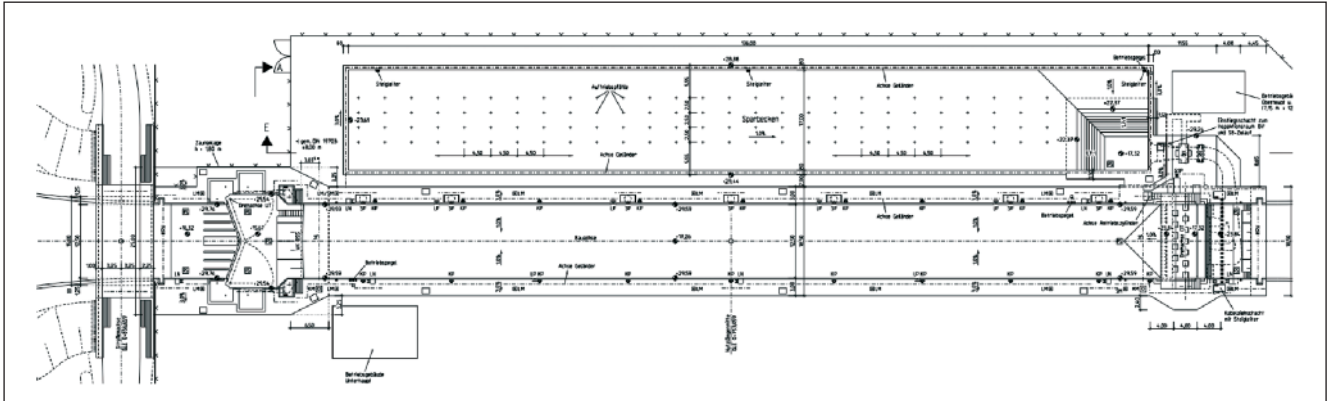


Abb. 7: Draufsicht der neuen Schleuse Gleesen einschließlich Schleusenbrücke am Unterhaupt

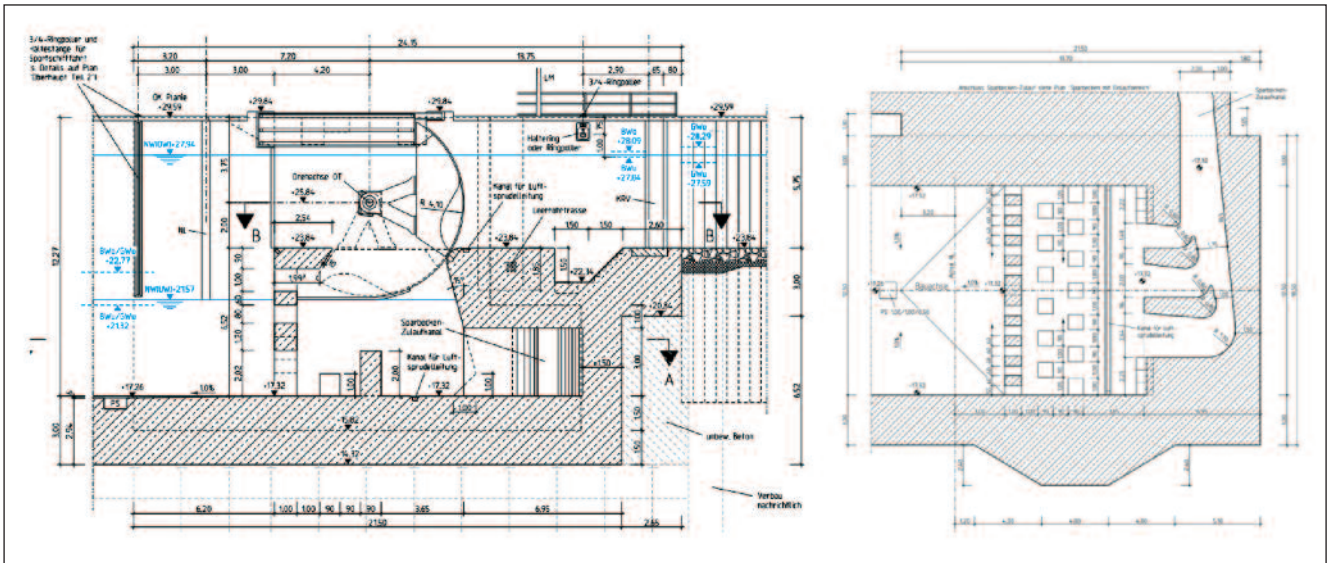


Abb. 8: Längsschnitt und Grundriss Oberhaupt der neuen Schleuse Gleesen

einen Wechsel des statischen Systems mit großen Steifigkeitsunterschieden des Tragwerks und der Gründung dar. Während die Bodenpressungen unter der Sohle der U-Rahmen der Häupter Setzungen in der Gründungsebene erzeugen, ist die Spundwandkammer weitestgehend setzungsfrei. Der Erddruck wird über die Rückverankerung der Spundwand und das horizontale Fußauflager aufgenommen beziehungsweise über die Konstruktionssohle als Steife kurzgeschlossen. Lediglich die Wasserfüllung der Kammer führt zu Bodenpressungen unter der Konstruktionssohle. Rechnerisch nicht angesetzt, wirken die Auftriebspfähle gemeinsam mit der Sohle jedoch als kombinierte Pfahl-Plattengründung. Während der U-Rahmen die maximale Auslenkung am Wandkopf aufweist, tritt die maximale Wandverformung der Spundwand zwischen der oberen Stützung und der Konstruktionssohle ein.

Um auch im Gebrauchszustand einen eindeutigen Lastabtrag sicherzustellen, wird zwischen den Häuptern und der Kammer jeweils eine Raumfuge angeordnet. Das Regelwerk der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes sieht für Neubauten den Einsatz innenliegender Fugenbänder vor. Ein im Übergangsbereich zwischen Kammer und Haupt angeordneter Stahlbetonübergangsblock dient deshalb der Aufnahme des innenliegenden Fugenbandes und gleichzeitig der Reduzierung der Steifigkeitsunterschiede der beiden Wandkonstruktionen und der daraus resultierenden Beanspruchungen für das Fugenband. Ein weiterer Aspekt im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit ist die Größe der zulässigen Verformungen hinsichtlich der Betriebsbedingungen für die Betriebsverschlüsse. Die Verformungen des Massivbaus sind auf ein solches Maß zu begrenzen, dass jederzeit ein sicheres Öff-

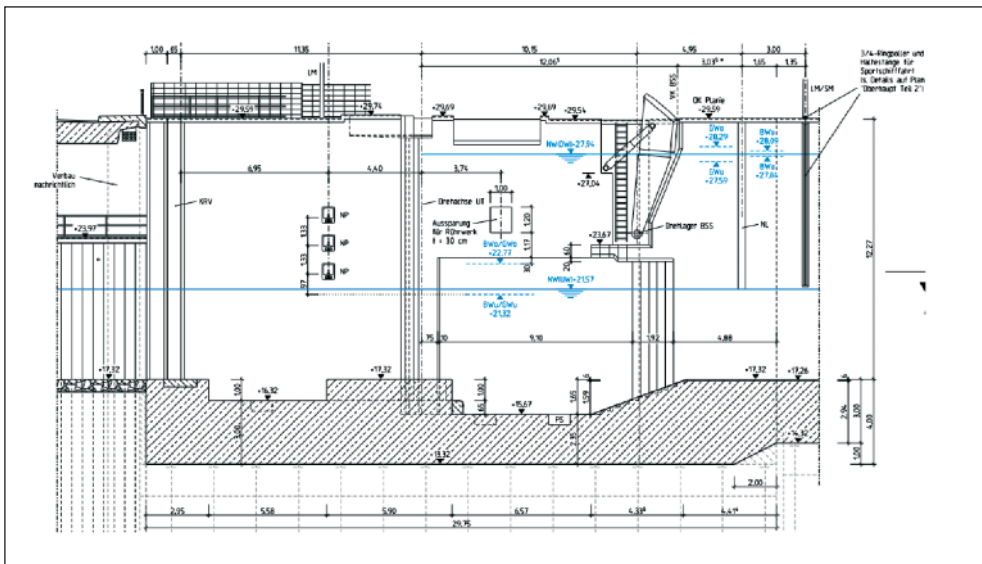


Abb. 9. Längsschnitt Unterhaupt der neuen Schleuse Gleesen

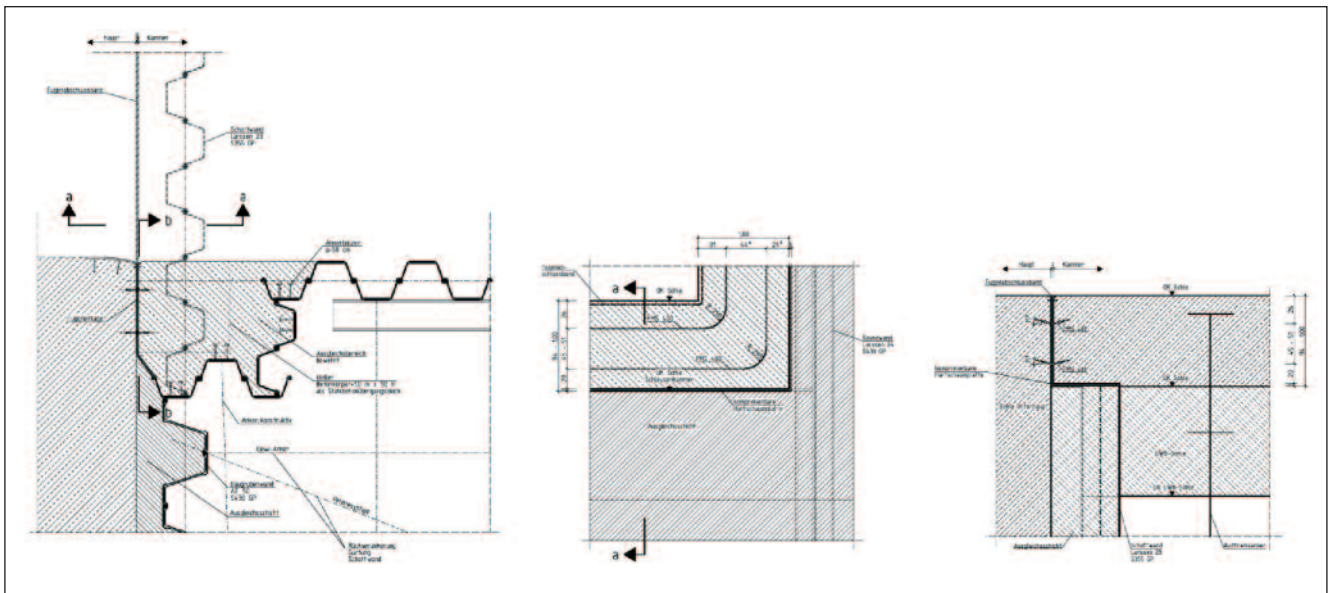


Abb. 10: Übergangsblock an der Schleuse Venhaus (von links: Draufsicht Raumfuge, Schnitt a-a, Schnitt b-b)

nen und Schließen der Tore möglich ist und die gemäß DIN 19704 geregelten Dichtigkeitsanforderungen erfüllt werden. Dies erfordert eine enge Abstimmung zwischen dem Tragwerksplaner im Massivbau sowie dem Objekt- und dem Tragwerksplaner im Stahlwasserbau bereits in der Entwurfsplanung.

Um eine größtmögliche Verfügbarkeit der Spundwandschleusen auch im Schadensfall zu gewährleisten, wurde vereinbart, die Verankerung der Kammerwand funktional von der Verankerung der Nischenpoller zu trennen. Bei Lastüberschreitung an den Nischenpollern und Ausfall der zugehörigen Verankerung ist damit die Standsicherheit der Kammerwand weiterhin gegeben.

Mit dem Baugrundgutachten wurde durch den Bauherrn auch eine chemische Analyse des Grundwassers hinsichtlich Betonangriff und Stahlkorrosion beauftragt. Die erhöhten Werte an kalklösender Kohlensäure wurden bei der Festlegung der Expositionsclassen für den Beton durch den Tragwerksplaner berücksichtigt. Im Zuge der Erstellung der Vergabeunterlagen führten zusätzliche Untersuchungen des

Grundwassers zum Gehalt an kalklösender Kohlensäure zu der Festlegung, die Verwendung von Verpressankern und Verpresspfählen für dauerhafte Verankerungen auszuschließen, da es keine verlässlichen Untersuchungen des Einflusses der kalklösenden Kohlensäure auf die langfristige Tragfähigkeit von Verpresskörpern gibt. Damit wurden zu diesem späten Planungszeitpunkt erneut Varianten- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zum Verankerungskonzept für die Uferwände, für das Baugrubenkonzept der Massivschleusen sowie zum Kammerkonzept für die Spundwandschleusen erforderlich.

Durch überwiegende Verwendung von Rundstahlverankerungen mit Ankertafeln für die Vorhäfen und einer Aussteifungsebene statt Rückverankerungen für die Baugrube der Schleuse Gleesen erfolgte unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit eine kurzfristige Änderung des Entwurfskonzeptes im Zuge der Erstellung der Vergabeunterlagen für den Neubau der Schleuse Gleesen. Insbesondere im Hinblick auf die Auftriebssicherung der Kammersohle ist für die Spundwandkammern der Schleusen geringer Hubhöhe eine grundsätzlich neue Variantenuntersuchung zum Kammerkonzept erforderlich.

### 6 Anforderungen an die Prüfung im Rahmen der Entwurfsaufstellung

Die Verwaltungsvorschrift der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung zur Entwurfsaufstellung (VV-WSV 2107) regelt im Sinne des Haushaltsrechts neben Aufgaben, Inhalt und Umfang auch die Prüfung und Genehmigung der Entwürfe. Die Entwürfe stellen die geplante Maßnahme in technischer, finanzieller und rechtlicher Hinsicht dar. Das Aufstellen, Prüfen und Genehmigen der Entwürfe-AU ist Teil des Prozesses der nach Paragraph 48 des Wasserstraßengesetzes der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung auferlegten bauaufsichtlichen Verantwortung.

Konkret betrifft dies die Aufstellung der Entwürfe-AU für die Schiffschleusenanlagen Bevergern, Rodde, Venhaus, Hesselte und Gleesen. Hierzu sind statische Berechnungen für alle Bauten und ihre tragenden und stützenden Teile aufzustellen. Es sind für wesentliche tragende und stützende Teile vorgezogene, prüfbare Berechnungen (Entwurfsstatik) zu erstellen und nach dem Vier-Augen-Prinzip, in der Regel durch einen Prüfingenieur, zu prüfen. Die Standsicherheit der Bauwerke ist nachzuweisen. Für Dämme und Böschungen sind grundsätzlich Standsicherheitsnachweise zu führen.

Darüber hinaus sollen unter anderem auch vorgezogene, prüfbare und für die Ausführung geeignete Berechnungen sowie Zeichnungen wesentlicher tragender Teile und der Gründung durch einen Prüfingenieur geprüft werden, um damit die Planungen aus folgenden Gründen abzusichern:

- Der Verwaltungsentwurf muss im Hinblick auf technische Lösungsmöglichkeiten und die Bauablaufplanung sicher und wirtschaftlich umsetzbar sein.
- Sicheres Beherrschen kritischer und schwieriger Bauzwischenzustände.
- Abgrenzung zu technisch nicht gleichwertigen Lösungsmöglichkeiten und Festlegung von Randbedingungen beziehungsweise Anforderungen an mögliche Nebenangebote im Vergabeverfahren.
- Sicheres Erkennen von nicht gleichwertigen Nebenangeboten und damit insgesamt größere Sicherheit für ein störungsfreies Vergabeverfahren für die Bauleistung selbst.

Konkret bezieht sich dies auf Leistungen für die Gewerke Tiefbau, Massivbau, Stahlwasserbau und Maschinenbau. Im Rahmen der Entwurfsaufstellung fallen keine Prüfingenieurleistungen für die Elektro- und Steuerungstechnik an.

Für den Aufgabenumfang des Prüfingenieurs bedeutet dies dem Grunde nach:

- Prüfung der Entwurfsunterlagen (Entwurf-AU) hinsichtlich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Bauwerke und seiner Bauwerksteile für den Bau- und Endzustand und ihrer Vollständigkeit, Richtigkeit und Schlüssigkeit und Umsetzbarkeit unter Berücksichtigung von verwaltungsinternen Vorgaben.
- Prüfen der Wirtschaftlichkeit und Initiieren weiterer Untersuchungen.

Diese zu erbringenden Prüfleistungen für die einzelnen Schleusen sind gesamtheitlich, fach- und standortübergreifend zu betrachten. Technische, wirtschaftliche und fachliche Abhängigkeiten und Schnittstellen

sind zu erkennen, zu beurteilen und koordiniert in die Prüfungen der einzelnen Entwurfsunterlagen einfließen zu lassen.

In technischer Hinsicht besteht das Erfordernis einer ganzheitlichen Prüfung der Entwurfsunterlagen, weil das Gesamtprojekt (die Schleusenketten) nicht aus zusammenhanglosen Einzelschleusen besteht, sondern aus einem System von unmittelbar hintereinander geschalteten Verkehrswasserbauwerken. Mit ihren wechselseitigen Schnittstellen stehen alle Schleusen dieser Kette in technischer und verkehrlicher Abhängigkeit zueinander und stellen gemeinsam die Durchgängigkeit dieses DEK-Abschnitts sicher.

Konkret umfasst die erforderliche ganzheitliche Prüfung zum Beispiel:

- die Erfassung der fachlichen Schnittstellen von Stahlwasserbau (Torkonstruktion etc.) zum Massivbau (Lasteinleitung und Lastabtrag) sowie zum Maschinenbau,
- die sicherheitstechnische Beurteilung der aufgezeigten Lösungen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte mit Maßstäben, die für alle zu prüfenden Schleusen gelten,
- die Entwicklung technischer Lösungen, die der Standardisierung im Schleusenbau der WSV zugrunde gelegt werden sollen (Musterdarstellungen beziehungsweise sogenannte Blaupausen),
- die einheitliche Beurteilung und Prüfung gleichartiger Leistungen (Wiederholungsfaktoren).

Mit der Beauftragung eines Prüfingenieurs für die Prüfung aller fünf Schleusenstandorte wurde die im Rahmen der Planungsleistung gewählte Projektorganisation logisch fortgeführt. In diesem Sinne erfolgte auch die spätere Beauftragung desselben Prüfingenieurs für die Prüfung der Ausführungsplanung wiederum über alle fünf Schleusenstandorte. Dieses Vorgehen war infolge der vorgegebenen Randbedingungen für die Projektabwicklung möglich, spiegelt aber nicht durchgängig die Praxis der WSV wider.

Die *Fachliste Prüfingenieure* gibt den Dienststellen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes eine Übersicht über die Prüfingenieure beziehungsweise staatlich anerkannten Sachverständigen für einzelne Leistungsbereiche (Massivbau, Metallbau, Holzbau und Erd- und Grundbau). Mit der Fachliste, die bei Vergabeverfahren unterhalb des EU-Schwellenwertes im Geschäftsbereich der WSV anzuwenden ist, ist eine Marktübersicht gegeben. Um die Aufnahme in die Fachliste können sich Prüfingenieure der Fachrichtungen Massivbau, Metallbau, Holzbau und staatlich anerkannte Sachverständige der Fachrichtung Erd- und Grundbau bewerben.

### 7 Einbindung freiberuflich Tätiger bei der Bauausführung

Die Vergabe der Bauleistungen ist im Hinblick auf die öffentlich-rechtlichen Anforderungen und mittelstandsfördernde Vergabeeinheiten in mehreren Bauaufträgen zu den einzelnen Schleusenstandorten vorgesehen. Wesentliche Aspekte der Aufteilung der zugehörigen Bauabschnitte sind die Sicherheit bei der Bauabwicklung, die Sicherheit und die Leichtigkeit der Schifffahrt, Gewährleistungsabgrenzungen und nicht zuletzt die durch den Bauherrn zu leistenden Koordinierungsaufgaben und das Schnittstellenmanagement.

Die Unterstützung bei der Bauabwicklung erfolgt sinngemäß zum Vertragsumfang für Planungs- und Prüfingenieur ebenfalls durch einen

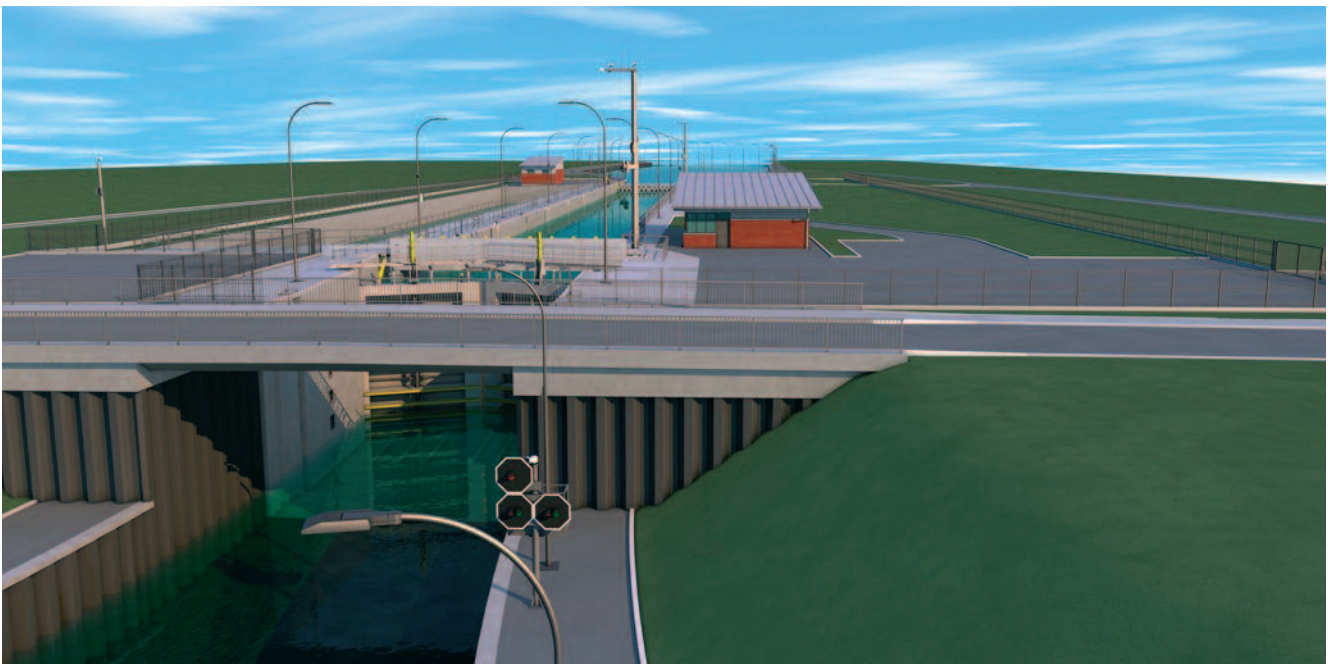


Foto: Fa. Drivecon

Abb. 11 Ansicht der neuen Schleuse Gleesen von Unterwasser

Auftragnehmer über alle fünf Schleusenstandorte im Rahmen einer stufenweisen Beauftragung. Der Leistungsumfang beinhaltet folgende Leistungsbereiche beziehungsweise Leistungsbilder (Bauüberwachungsleistungen in den Bereichen der/des):

- Objektplanung (in Anlehnung an die HOAI),
- Tragwerksplanung (in Anlehnung an die HOAI),
- Technische Ausrüstung (in Anlehnung an die HOAI),
- Bauvermessung (in Anlehnung an die HOAI),
- fachgutachterliche Leistungen in den Bereichen der Geologie, Hydrogeologie, Abfallwirtschaft,
- Sicherheits- und Gesundheitsschutz,
- Nachtragsbereitung,
- Koordinierung mehrerer Bauleistungen und
- Öffentlichkeitsarbeit.

Diese Leistungen sind für nachfolgende Objekte zu erbringen:

- Schleusenanlagen Gleesen, Hesselte, Venhaus, Rodde und Bevergern einschließlich Verkehrsanlagen,
- Bodenmanagementflächen Hesselte, Venhaus, Bevergern und Dörenthe,
- Oberbodenfläche Hesselte,
- Umsetzung Bodenmanagementkonzept,
- Umschlagstellen Gleesen, Hesselte, Venhaus und Bevergern,
- Anlagen für die Wasserbewirtschaftung Gleesen, Hesselte, Venhaus, Altenrheine, Rodde und Bevergern,
- Teilrückbau beziehungsweise Umbau Bergeshöveder Steg,
- Teilrückbau beziehungsweise Umbau der Kleinen Schleusen und/oder Schleppzugschleusen Gleesen, Hesselte, Venhaus, Rodde, Bevergern und Bergeshövede.

Ebenfalls wird über den Partner der Ingenieurgesellschaft Bauüberwachung ZPP Ingenieure AG (Bochum) das Plan- und Dokumentenmanagementsystem *ZPP Interprojekt* zur Verfügung gestellt. Ziel ist die Digitalisierung von Prüfläufen mit dem Entfall von ansonsten erforderlichen „Verfolgungs-Excel-Tabellen“, die stetige Abrufbarkeit des Prüf-

standes, eine klare Zuordnung der Aufgaben für Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Ingenieurgesellschaft Bauüberwachung und Prüflingenieur, möglichst kurze Prüfläufe sowie eine hohe Transparenz zwischen allen an der Bauabwicklung Beteiligten. Weiterhin dient das Planmanagementsystem der Dokumentation der Kommunikation und dem Austausch von Unterlagen. Die Prüfung der Unterlagen erfolgt damit umfassend durch alle Beteiligten durch digitale Signatur. Den Abschluss bildet die digitale Signatur der WSV mit der Freigabe zur Ausführung (fiskalisch und bauaufsichtlich).

Die Prüflingenieure sind damit in das Projekt Neue Schleusen DEK-Nord von der Entwurfs- über die Genehmigungs- bis hin zur Ausführungsplanung durchgehend eingebunden, wohingegen die von der WSV mit der Planung beauftragte Ingenieurgesellschaft mit Beginn der Bauausführung aus dem Projekt ausscheidet. Die Fortführung der Ausschreibungsplanung zur Ausführungsplanung erfolgt dann durch das bauausführende Unternehmen und den von ihm beauftragten Ausführungsplaner.

## 8 Fazit

Planende Ingenieure, Prüflingenieure und das Wasserstraßenneubauamt Datteln als Bauherr müssen eine in sich geschlossene Kette bilden, um mit der erforderlichen Transparenz, dem erforderlichen konsequenten Informationsfluss und dem gemeinsamen Lernen mit Durchhaltevermögen das Projekt erfolgreich bearbeiten zu können. Dabei fallen auf Grund von Änderungen aus öffentlich-rechtlichen oder technischen Anforderungen sowie aus zwischenzeitlich neuen Erkenntnissen insbesondere auch aus dem Baugrund oft Planungswiederholungen an.

Derartige Planungsaufgaben erfordern deshalb eine langfristige, kontinuierliche Bearbeitung durch große, interdisziplinäre Planungsteams und ein hohes Maß an Beratungsleistungen sowie die frühzeitige Einbindung der Prüflingenieure. Nur mit gegenseitiger Akzeptanz aller Projektbeteiligten lassen sich diese komplexen und anspruchsvollen Baumaßnahmen gemeinsam verwirklichen!

# Eine Herkulesaufgabe: Die Instandhaltung der Wasserbauwerke an den Bundeswasserstraßen

## Ihre Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit sind Voraussetzung für die angestrebte Verkehrsverlagerung

Der Güterverkehr wird bis 2030 in Deutschland auf 4,4 Milliarden Tonnen anwachsen. Das sind 17,6 Prozent mehr als 2010. Und die Güterverkehrsleistung, also das Produkt aus Güterverkehrsaufkommen und Transportweite, wird sogar um 38 Prozent auf 840 Milliarden Tonnenkilometer ansteigen, eine enorme Herausforderung für die Verkehrsinfrastruktur und für die Verkehrsplanung in Deutschland. Als Alternative zu den überlasteten Straßen- und Schienenwegen weisen die Bundeswasserstraßen mit einer Netzlänge von 7.300 Kilometern noch erhebliche Kapazitätsreserven auf. Deshalb wird die Bedeutung der Substanzerhaltung und der Weiterentwicklung der Wasserstraßeninfrastruktur, mit der sich der folgende Beitrag beschäftigt, offensichtlich. Er erläutert die im Bundesverkehrswegeplan 2030 verankerten politischen Ziele, skizziert die Priorisierungsmethodik von Investitionsmaßnahmen an Bundeswasserstraßen und erläutert die neuen Nachrechnungsrichtlinien für bestehende Wasserbauwerke. Den Schwerpunkt bilden Konzepte für Instandsetzungsmaßnahmen an Schleusenanlagen unter laufendem Schiffsbetrieb. Der Beitrag schließt mit einem Ausblick auf die Möglichkeiten des Building Information Modeling bei Planung, Bau und Betrieb der Wasserbauwerke.

### 1 Einführung

Der Güterverkehr in Deutschland wird vom Straßengüterverkehr dominiert. Im Jahr 2010 betrug der Anteil des LKW-Verkehrs am gesamten Güterverkehr 84,1 Prozent. Auf die Eisenbahnen entfielen 9,7 Prozent und auf die Binnenschifffahrt 6,2 Prozent. Prognosen zufolge wird der Güterverkehr künftig weiter stark zunehmen. Im Zeitraum von 2010 bis 2030 ist mit einer Steigerung des Verkehrsaufkommens um 17,6 Prozent auf annähernd 4,4 Milliarden Tonnen zu rechnen. Im selben Zeitraum wird die Güterverkehrsleistung (Produkt aus Güterverkehrsaufkommen und Transportweite) sogar um 38,0 Prozent auf ungefähr 840 Milliarden Tonnenkilometer ansteigen, da neben dem Verkehrsaufkommen auch die mittlere Transportweite deutlich zunehmen wird [1].

Dieses prognostizierte Güterverkehrswachstum stellt eine enorme Herausforderung für die Verkehrsinfrastruktur und die Verkehrsplanung in Deutschland dar.

Mit 7.300 Kilometer Binnenwasserstraßen verfügt Deutschland über ein leistungsfähiges Wasserstraßennetz. Es weist noch erhebliche Kapazitätsreserven auf, die künftig stärker genutzt werden müssen, um den drohenden Verkehrskollaps zu vermeiden. Vor diesem Hintergrund wird die Bedeutung der Substanzerhaltung und der bedarfsgerechten Weiterentwicklung der Wasserstraßeninfrastruktur offensichtlich. Im Bestand der für die Bundeswasserstraßen verantwortlichen Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) befinden sich derzeit 315 Schleusenanlagen, zwei Schiffshebewerke, 307 Wehranlagen, 40 Kanalbrücken, 354 Düker, 1.300 Brücken sowie zahlreiche weitere Bauwerke zur Unterstützung des Wasserstraßenbetriebs. Darüber hinaus bilden Strombauwerke, wie Uferdeckwerke und Bühnen, einen wesentlichen Anteil an der Wasserstraßeninfrastruktur. Dieses komplexe System will optimal erhalten und modernisiert werden, denn eine zuverlässige und leistungsfähige Wasserstraßeninfrastruktur ist zwingende Voraussetzung für die gewünschte Verkehrsverlagerung auf das Binnenschiff.

Diesen Anforderungen steht eine Wasserstraßeninfrastruktur mit problematischer Altersstruktur entgegen. Bei circa 30 Prozent der für den Betrieb des Wasserstraßennetzes besonders wichtigen Schleusen ist das technische Lebensalter von einhundert Jahren bereits erreicht oder überschritten. Bei Wehranlagen, die zudem nicht gesperrt werden können, ist die Altersstruktur ähnlich ungünstig (**Abb. 1**). Aufschluss über den baulichen Zustand der Wasserbauwerke gibt der Verkehrsinfrastrukturbericht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur [2]. Darin heißt es: „Aufgrund der Altersstruktur und aufgeschobener Erhaltungsinvestitionen aus der Vergangenheit sind zunehmend kritische Bauwerkszustände feststellbar. [...] Der Anteil der Bauwerke, die in einem nicht ausreichenden bzw. ungenügenden Zustand mit einem kurzfristigen Handlungsbedarf sind, oder die in einem noch ausreichenden Zustand sind, für den innerhalb von etwa zehn



#### Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann

studierte und promovierte an der TU Darmstadt; er arbeitete in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und im Bundesverkehrsministerium, seit 2005 ist er Leiter der Bundesanstalt für Wasserbau; von 2002 bis 2012 lehrte er Verkehrswasserbau an der Ruhr-Universität Bochum (seit 2008 als Honorarprofessor), seit 2013 ist er Honorarprofessor an der TU München.



#### Dr.-Ing. Jörg Bödefeld

studierte an der Bergischen Universität Wuppertal und promovierte 2010 an der Universität Leipzig; er ist seit 1994 Mitarbeiter der Bundesanstalt für Wasserbau, zunächst im Referat Massivbau, später in den Bereichen Bauwerksinspektion und Erhaltungsmanagement; seit 2016 leitet er das BAW-Referat Erhaltung und Hochbau.



#### Dipl.-Ing. Andreas Westendarp

studierte Bauingenieurwesen an der TU Hannover und ist seit 1987 in der Bundesanstalt für Wasserbau tätig, seit 1999 als Leiter des Referats Baustoffe; er ist in zahlreichen Arbeitskreisen des DIN, des DAfStb, des DIBt und des BMVI vertreten; als Obmann leitet er den für die ZTV-W LB 219 zuständigen Arbeitskreis.

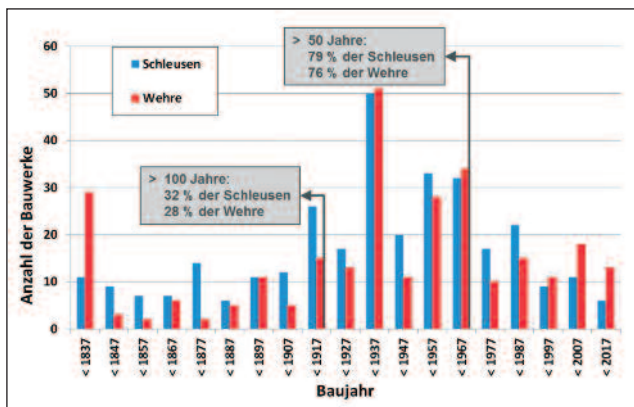


Abb. 1: Altersstruktur der Schleusen- und Wehranlagen

Jahren ein Handlungsbedarf erforderlich wird, nimmt stetig zu.“ Die Maxime muss sein, Schäden, die die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Bauwerke gefährden können, frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig mit geeigneten Erhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen gegenzusteuern. Bei Schleusenanlagen ist zu berücksichtigen, dass Instandsetzungsarbeiten im Regelfall unter laufendem Schiffsbetrieb erfolgen müssen, da im weitmaschigen Wasserstraßennetz zu meist keine Umfahrungsmöglichkeiten existieren und längere Schiffsahrtssperrungen unbedingt vermieden werden müssen.

Die hohe Bedeutung der Erhaltung und Instandsetzung von Verkehrsinfrastruktur spiegelt sich auch im Bundesverkehrswegeplan 2030 wider, den die Bundesregierung im Jahr 2016 beschlossen hat [3]. Er bildet die verkehrspolitische Gesamtstrategie der Bundesregierung ab und ist das zentrale Planungsinstrument, mit dem der Rahmen für die anstehenden Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur des Bundes bis 2030 abgesteckt wird, und dies sowohl für Erhaltungs- als auch für Aus- und Neubaumaßnahmen. Von den für die Wasserstraßenprojekte insgesamt veranschlagten Ausgaben von rund 24,5 Milliarden Euro entfallen etwa zwei Drittel auf Erhaltungs- und Ersatzinvestitionen.

Als technisch-wissenschaftlicher Berater und Gutachter für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) bei Erhaltung und Instandsetzung von Wasserbauwerken sowohl auf der konzeptionellen und Steuerungsebene als auch auf der operativen Ebene intensiv beteiligt. Wesentliche Leistungen der BAW hierbei sind:

- Aufbau von neuen und Optimierung sowie Vernetzung von vorhandenen Datenbanken (zum Beispiel: Bestandsdaten, Zustandsdaten, Kostendaten, ...);
- Erarbeitung von Standards für den Umgang mit bestehenden Bauwerken;
- Entwicklung von Kriterien für die Entscheidung über Instandsetzung oder Neubau;
- Zustandsprognosen für perspektivischen Bedarf;
- Begutachtung von Bauwerken;
- Beratung bei Planung, Ausschreibung und Bauausführung;
- Wissens- und Erfahrungsnetzwerke.

Nachfolgend wird zunächst die vom BMVI entwickelte Methodik zur Priorisierung von Investitionsmaßnahmen an Bundeswasserstraßen skizziert. Anschließend werden die Grundzüge der kürzlich von der BAW erarbeiteten Nachrechnungsrichtlinien für bestehende Wasser-

bauwerke dargestellt. Den Schwerpunkt der Ausführungen bilden Instandsetzungsmaßnahmen an Schleusenanlagen mit dem besonderen Fokus auf Instandsetzung unter laufendem Schiffsbetrieb. Abschließend wird über die kürzlich gestarteten Aktivitäten zur Nutzung von Building Information Modeling (BIM) im Verkehrswasserbau berichtet.

## 2 Methodik zur Priorisierung von Investitionsmaßnahmen

Der langjährige Investitionsstau an den Bundeswasserstraßen hat zu einem großen Nachholbedarf an Investitionsmaßnahmen geführt, der nur durch strikte Priorisierung nach Dringlichkeit der Projekte aufgelöst werden kann. Das BMVI hat daher im Jahr 2015 eine für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes verbindlich anzuwendende Methodik zur Priorisierung von Investitionsmaßnahmen an Bundeswasserstraßen entwickelt, die folgende vier Prioritätsstufen unterscheidet:

- **Prioritätsstufe 1, hohe Dringlichkeit:**  
Projekte, die entweder bereits bauvertraglich gebunden sind oder auf Basis fachlicher Kriterien als so dringlich identifiziert werden, dass kein weiterer Aufschub hingenommen werden kann;
- **Prioritätsstufe 2, mittlere Dringlichkeit:**  
Projekte, die zur Aufrechterhaltung der verkehrlichen Funktion unbedingt notwendig sind und deren Aufschub kurz- bis mittelfristig zu verkehrlichen Einschränkungen führt;
- **Prioritätsstufe 3, hohe Vorteilhaftigkeit:**  
Projekte, die für die Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrsträgers von Bedeutung sind;
- **Prioritätsstufe 4, keine Dringlichkeit, geringe Vorteilhaftigkeit:**  
Projekte, die unter strategischen Gesichtspunkten für die Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrsträgers keine oder nur geringe Bedeutung haben.

Die Einstufung der Projekte in die Prioritätsstufen erfolgt nach folgenden Kriterien:

- **Kriterium 1, Unterscheidung Kernnetz/Nebennetz:**  
Mit diesem Kriterium wird die strategische Unterscheidung getroffen, ob das Projekt für den Bestand des Verkehrssystems Schiff/Wasserstraße von Bedeutung ist („Kernnetz“) oder ob das Projekt potenziell geeignet ist, bei Ressourcenmangel zugunsten verkehrlich relevanterer Projekte zurückgestellt zu werden („Nebennetz“);
- **Kriterium 2, Stand des Projekts:**  
Mit diesem Kriterium werden bauvertraglich gebundene Projekte priorisiert. Sie werden als indisponibel betrachtet und daher der höchsten Prioritätsstufe 1 zugeordnet;
- **Kriterium 3, Art des Projekts:**  
Mit diesem Kriterium wird der Grundsatz „Ersatz vor Ausbau“ verfolgt;
- **Kriterium 4, Sicherheitsrelevanz:**  
Dieses Kriterium priorisiert aufgrund der Relevanz für die Sicherheit.

Das letzte Kriterium Sicherheitsrelevanz wird anhand der Bauwerksart und des Bauwerkszustands beurteilt. Hierzu wurde der Begriff der „systemrelevanten Bauwerke“ eingeführt. Systemrelevante Bauwerke sind entweder nicht sperrbar (zum Beispiel Wehranlagen, Düker, Durchlässe), oder sie haben eine hohe Relevanz für die Schifffahrt und liegen im Kernnetz (zum Beispiel Schleusen, Kanalbrücken). Liegt der

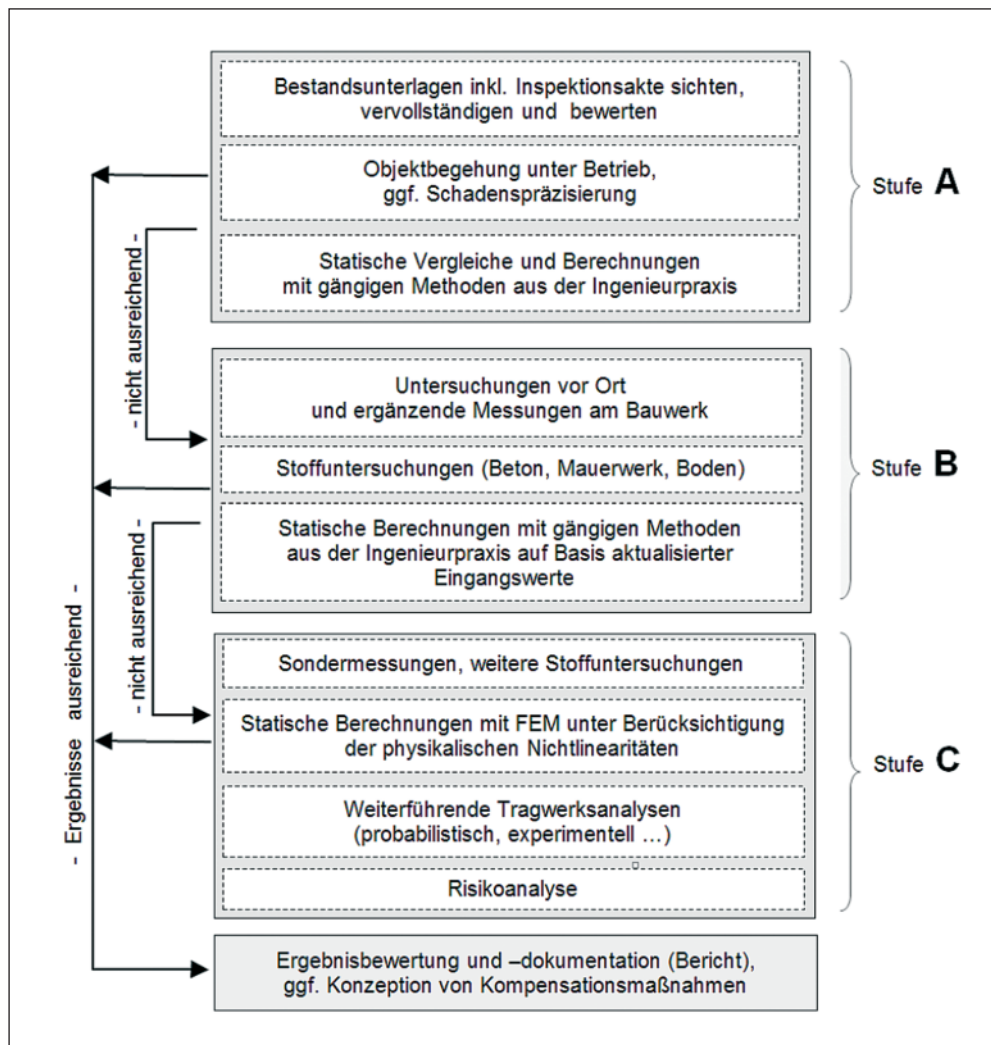


Abb. 2: Vorgehen bei der Standsicherheitsuntersuchung an bestehenden Massivbauwerken [5]

Zustand dieser Bauwerke im nicht ausreichenden beziehungsweise ungenügenden Bereich (Zustandsnote > 3,7 im vierstufigen Notensystem), werden sie als „systemkritisch“ bezeichnet und als indisponibel in die Prioritätsstufe 1 eingestuft.

Aus der Gruppe der systemkritischen Bauwerke wurden 31 Wehranlagen identifiziert, die vorrangig bearbeitet werden müssen. Mit einer Umsteuerung der Personalressourcen und verbesserten Rahmenbedingungen für eine schnelle und effiziente Planung soll eine deutliche Erhöhung des Investitionsumsatzes bei Wehranlagen erreicht werden. Ziel ist es, die Projekte an den 31 Wehranlagen bis zum Jahr 2030 abzuschließen. Die Bundesanstalt für Wasserbau unterstützt die Arbeiten auf allen drei Verwaltungsebenen: Ministerium, Mittelbehörde und Unterbehörden.

### 3 Nachrechnungsrichtlinien für Wasserbauwerke

Seit mehr als einer Dekade werden Bauwerke in Deutschland nach dem semi-probabilistischen Sicherheitskonzept bemessen. Die bestehenden Fachnormen (EC, DIN) wurden entsprechend neu aufgestellt und gelten vorwiegend für Hoch- und Industriebauten sowie für Brücken. Im Vergleich dazu unterscheiden sich Wasserbauwerke zum Teil deutlich durch andere Abmessungen, spezielle Tragwerksformen und typische Lasten. Hinzu kommt, dass die Fachnormen für Neubauten

konzipiert sind und die bautechnischen Besonderheiten alter, bestehender Bauwerke nur unzureichend erfassen. Das führt dazu, dass die Tragfähigkeit für bestehende Wasserbauwerke nach geltender Normung oftmals rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann. Im Gegensatz zum Straßenbrückenbau („Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand“) oder zum Eisenbahnbrückenbau („Richtlinie Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken“) fehlten bis vor kurzem entsprechende Regelwerke für Wasserbauwerke.

Um diese Lücke zu schließen, hat die Bundesanstalt für Wasserbau folgende Merkblätter erarbeitet:

- BAW-Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender massiver Wasserbauwerke (TbW)“, Ausgabe Juli 2016 [4] und
- BAW-Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Verschlüsse im Stahlwasserbau (TbVS)“, Entwurf März 2017 [5].

Während das BAW-Merkblatt für die Bewertung der Tragfähigkeit bestehender massiver Wasserbauwerke bereits bauaufsichtlich durch das BMVI eingeführt worden ist, befindet sich das BAW-Merkblatt für die Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Verschlüsse im Stahlwasserbau derzeit im WSV-internen Gelbdruckverfahren.

Ziel der Merkblätter ist eine strukturierte und einheitliche Vorgehensweise beim Nachweis rechnerischer Tragfähigkeitsreserven unter Einhaltung der Vorgaben des Eurocode 0. Dabei wurde ein stufenweises



Vorgehensprinzip gewählt, bei dem zunächst mit einfachen Verfahren versucht wird, die Tragfähigkeit rechnerisch nachzuweisen, bevor aufwendigere und komplexere Methoden und Verfahren zum Einsatz kommen (Abb. 2). Die Nachweisformate wurden auf die Ziele der Merkblätter zugeschnitten und teilweise mit Ergänzungen bei Einwirkungen und Widerständen modifiziert. Die Teilsicherheitsbeiwerte und die Sicherheitsformate wurden angepasst. Mit den beiden Merkblättern stehen effiziente Werkzeuge zur Verfügung, um die Tragfähigkeit bestehender Wasserbauwerke sicher bewerten zu können.

## 4 Instandsetzung von Schleusen unter Betrieb

Schleusenanlagen zählen zu den wichtigsten Wasserbauwerken an staugeregelten Wasserstraßen und Kanälen. Die klassischen Bauweisen aus Beton oder Stahlbeton sind robust und mit vergleichsweise geringem Unterhaltungsaufwand verbunden. Für den Stahlwasserbau sind Nutzungsdauern von etwa sechzig Jahren, für den Massivbau von etwa achtzig bis einhundert Jahren üblich; fallweise werden diese Nutzungsdauern auch deutlich überschritten. Für den Austausch der Schleusentore und der Antriebstechnik, die im Regelfall mit Anpassungen am Massivbau einhergehen, sind mehrmonatige Bauzeiten der Regelfall. Grundlegende Instandsetzungsmaßnahmen am Massivbau werden insbesondere dann erforderlich, wenn eine Schleusenanlage über die genannte Nutzungsdauer hinaus für weitere Jahrzehnte genutzt werden soll. Die Grundinstandsetzung einer Schleusenammer, in der Regel also der Abtrag und die Reprofilierung des Betons an den wasserseitigen Wand- und Sohlenflächen sowie der Schleusenplanie, nimmt je nach Gegebenheiten zwischen ein und drei Jahre in Anspruch. Derartige Bauzeiten sind insbesondere für die ungefähr 260 Einkammerschleusen im bundesweiten Wasserstraßennetz nicht akzeptabel, weil hiermit immer eine entsprechend lange Unterbrechung der Schifffahrt auf der betroffenen Wasserstraße verbunden wäre. Umfahrungsmöglichkeiten, wie im Bereich des Straßen- oder Eisenbahnverkehrs, existieren bei den Wasserstraßen zumeist nicht oder würden zu wirtschaftlich nicht vertretbaren Umwegen führen. Lange Sperrzeiten oder Umwege hätten zwangsläufig Verkehrsverlagerungen von der Wasserstraße auf andere Verkehrsträger zur Folge.

Die Altersstruktur für Einkammerschleusen besagt, dass 45 Prozent der Anlagen älter als achtzig Jahre sind. Die zugehörigen Zustandsnoten (im oben beschriebenen vierstufigen Notensystem), die auf Grundlage der regelmäßig durchzuführenden Bauwerksinspektion ermittelt werden, liegen bei 42 Prozent der Anlagen zwischen 3,0 und 3,5 und bei 30 Prozent der Anlagen zwischen 3,5 und 4,0. Diese Zahlen lassen erkennen, dass an den Anlagen kurz- und mittelfristig ein enormer Handlungsdruck zu erwarten ist. Unter der Prämisse, dass längere Schifffahrtssperren unbedingt zu vermeiden sind und dass ein Ersatzneubau in unmittelbarer Nachbarschaft der bestehenden Anlage oftmals unwirtschaftlich und/oder wegen der Platzverhältnisse unmöglich ist, sind Alternativen zu den herkömmlichen Bauweisen zu entwickeln, die eine Instandsetzung während täglicher Sperrpausen von beispielsweise zwölf Stunden gestatten, während die übrige Zeit für den Schleusenbetrieb zur Verfügung steht. Darüber hinausgehende, ein- oder mehrwöchige Sperrungen sollen nur in Ausnahmefällen eingerichtet werden. Dieser nachfolgend als Instandsetzung unter Betrieb bezeichnete Ansatz wird gegenwärtig im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens (FuE-Vorhaben) unter Federführung der Bundesanstalt für Wasserbau und des Amtes für Neckar Ausbau Heidelberg (ANH) intensiv praktiziert.

Hierbei besteht Einvernehmen, dass auch Instandsetzungsmaßnahmen unter Betrieb möglichst im Trockenem durchgeführt werden sollten, um eine hohe Qualität der Maßnahme zu gewährleisten. Vor diesem Hintergrund werden Verfahren betrachtet, die innerhalb der täglichen Arbeitszeitfenster eine rasche temporäre Trockenlegung und anschließende Wiederbefüllung von Teilen oder der gesamten Schleusenammer ermöglichen.

Die 260 Einkammerschleusenanlagen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes unterscheiden sich hinsichtlich ihrer baulichen Gegebenheiten teilweise signifikant voneinander. Dies betrifft beispielsweise Aspekte wie die statische Ausbildung (U-Rahmen oder aufgelöste Bauweise), die Geometrie (Hubhöhen, Kammerlängen etc.) sowie die Bauweisen (unbewehrt/bewehrt; ein- oder mehrschalig etc.). Vor diesem Hintergrund sollen im Rahmen des oben erwähnten FuE-Vorhabens modulare Lösungsansätze entwickelt werden, die anschließend dem Planer für das jeweilige Einzelprojekt zusammen mit Entscheidungskriterien zur Verfügung stehen. Zur Zeit werden folgende Module bearbeitet:

- Temporäre Trockenlegung,
- Betonabtrag,
- Reprofilierung,
- Ersatzneubau Häupter,
- Austausch Stahlwasserbau,
- Fugeninstandsetzung,
- lokale Betoninstandsetzung.

Innerhalb der einzelnen Module werden unterschiedliche Verfahren untersucht. Für das Modul Reprofilierung, also für den Ersatz des geschädigten und abgetragenen Betons, sind dies beispielsweise vorrangig:

- Spritzbeton (schnell erhärtend, verankert, bewehrt),
- Spritzbeton (schnell erhärtend, textilbewehrt),
- dünne Fertigteile als verlorene Schalung,
- massive Fertigteile,
- Beton (schnell erhärtend, verankert, bewehrt),
- Beton (schnell erhärtend, textilbewehrt).

Zu den einzelnen Verfahren liegen teilweise bereits Erfahrungen in unterschiedlicher Bearbeitungstiefe vor. Teilweise sind Verfahren auch schon in vergleichbaren Situationen in der Praxis angewendet worden. Vor diesem Hintergrund wurden fünf Bearbeitungsstufen definiert, denen die vorhandenen Informationen zugeordnet werden:

- Grundsätzliche Machbarkeit,
- Entwurfsplanung,
- Ausführungsplanung,
- Bauteilversuch/Mockup,
- Ausführung.

Ziel des FuE-Vorhabens ist es, die wichtigsten Verfahren möglichst bis auf die Bearbeitungstiefen 4 oder 5 hin zu entwickeln, weil bereits erprobte Verfahren die Akzeptanz auf Seiten der Bauwerksverantwortlichen und deren Planer erfahrungsgemäß und verständlicherweise deutlich erhöhen. Wenn Informationen auf den einzelnen Bearbeitungsstufen fehlen, sollen von der Bundesanstalt für Wasserbau und vom Heidelberger Amt für den Neckar Ausbau gezielt entsprechende Untersuchungen vorgenommen und/oder möglichst geeignete Pilotprojekte realisiert werden.



Abb. 3: Betonabtrag an der Schleuse Feudenheim während vierstündiger Sperrpausen von einem Ponton aus

Ein Beispiel für ein solches Pilotprojekt ist die probeweise Instandsetzung der mittleren Kammer der Neckarschleuse Feudenheim (Abb. 3) in den Jahren 2002/2003 (Bearbeitungsstufe 4 beziehungsweise 5). Hier wurden exemplarisch an einem Kammerblock der in Stampfbetonbauweise hergestellten Schleusenammer in Höhe zwischen Schleusenplanie und Unterwasserstand Betonabtrag und anschließende Reprofilierung durch eine verankerte und bewehrte Spritzbetonvorsatzschale mit einer Dicke von etwa 25 Zentimeter einschließlich der Erneuerung der Einbauteile (Poller mit Verankerung) durchgeführt. Die Arbeiten erfolgten nachts innerhalb von vier- beziehungsweise achtstündigen Sperrzeiten von zwei Pontons aus. Einzelheiten zu diesem Pilotprojekt sind in [6] zu finden.

Eine weitere Instandsetzungsmaßnahme unter Betrieb (Bearbeitungsstufe 5) im Bereich der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ist die Instandsetzung der oberen Kammerwandbereiche der Schleuse Wedtlenstedt am Stichkanal Salzgitter in den Jahren 2010/2011 [7] (Abb. 4).

Um den Nachweis zu führen, dass sich auch komplexe Instandsetzungsmaßnahmen unter Betrieb realisieren lassen, soll nun die Doppelschleuse Schwabenheim am Neckar im Rahmen eines weiteren Pilotprojekts unter Betrieb instandgesetzt und zusätzlich eine Schleusenammer verlängert werden. Im Einzelnen sind folgende Baumaßnahmen unter Betrieb geplant:

- Linke Kammer (Grundinstandsetzung): Flächige Betoninstandsetzung der Wände, Instandsetzung der Häupter mit Umbau des Füllsystems einschließlich Energieumwandlung, Erneuerung der Antriebstechnik.
- Rechte Kammer (Grundinstandsetzung und Schleusenverlängerung): Instandsetzung des Oberhauptes mit Umbau des Füllsystems einschließlich Energieumwandlung, Erneuerung der Antriebstechnik, unterwasserseitige Schleusenverlängerung.

Da bei der Planung dieser Maßnahmen einerseits umfassendes bauausführungsspezifisches Know-how erforderlich ist und weil andererseits eine angemessene Risikoverteilung zwischen Auftraggeber und bauausführender Firma angestrebt wird, soll die Maßnahme ab dem Jahr 2018 im Rahmen eines wettbewerblichen Dialogs geplant, vergeben und ausgeführt werden.

## 5 Building Information Modeling

Mit seinem Stufenplan Digitales Planen und Bauen [8] unterstreicht das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur sein Ziel, die Möglichkeiten der Digitalisierung im Infrastrukturbau konsequent zu nutzen. Ziel ist es, künftig schneller, qualitativ besser und kostengünstiger zu bauen. Ab dem Jahr 2020 sollen alle Infrastrukturprojekte des Bundes mit Unterstützung von Building Information Modeling (BIM) geplant, gebaut und betrieben werden. Das bis dahin zu erreichende Leistungsniveau 1 wird derzeit im Rahmen mehrerer Pilotprojekte der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße konkretisiert.

Für das Leistungsniveau 1 fordert der Stufenplan im Wesentlichen, dass

- der Auftraggeber sogenannte Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) als Vertragsbestandteil formuliert,
- zu erbringende Leistungen der Planungsphase digital geliefert werden,
- herstellerneutrale Formate verwendet werden und dass
- auf Auftraggeberseite die Rahmenbedingungen für die Anwendung der BIM-Methode vorliegen.

Als Pilotprojekt für die Wasserstraßen hat die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes den Neubau der Schleuse Wedtlenstedt am Stichkanal Salzgitter ausgewählt.



Abb. 4: Instandsetzung unter Betrieb an der Schleuse Wedtlenstedt mit Betonfertigteilen

Bislang wurde BIM vor allem bei Hochbauprojekten eingesetzt. Die dort gewonnenen Erkenntnisse lassen sich aber nicht direkt auf Infrastrukturbauwerke übertragen, da sich sowohl die Konstruktionen als auch die Prozesse bei Planung und Bau signifikant unterscheiden.

Als Einstieg in die BIM-Methodik ist aus Sicht der Bundesanstalt für Wasserbau eine Prozessanalyse erforderlich. Dabei muss analysiert und dokumentiert werden, welche Prozesse signifikant sind, welche Rollen an den Prozessen beteiligt sind und welche Informationen entstehen beziehungsweise benötigt werden. Ziel von BIM ist es, relevante Informationen qualitativ hochwertig, aktuell und redundanzfrei so vorzuhalten, aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen, dass die Prozesse besser unterstützt werden. Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes muss dabei ihre Rolle als Auftraggeberin beachten und formulieren, welche Informationen sie zu welchem Zeitpunkt in welchem Format benötigt und wie die Qualität der Informationen überprüft werden soll. Zu diesem Zweck führt die Bundesanstalt für Wasserbau aktuell eine Prozessanalyse beim Neubauamt Hannover durch, das für den Neubau der Schleuse Wedtlenstedt verantwortlich ist.

Parallel dazu hat die Bundesanstalt für Wasserbau einen intensiven Erfahrungsaustausch mit anderen Wissenschaftseinrichtungen und Infrastrukturbetreibern angestoßen. Da seitens des Bundesverkehrsministeriums offene Standards angestrebt werden, um eine Abhängigkeit von Software-Produzenten zu vermeiden, unterstützt die Bundesanstalt nationale und internationale Bestrebungen zur Standardisierung und zum Einsatz offener IT-Standards. Eine Mitgliedschaft der Bundesanstalt für Wasserbau bei *buildingSMART International*, einer interna-

tional tätigen nichtstaatlichen Non-Profit-Organisation, die das Austauschformat Industry Foundation Classes (IFC) für den BIM-Datenaustausch im Bauwesen definiert, ist geplant.

## 6 Literatur

- [1] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH; Intraplan Consult GmbH; Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG; Planco Consulting GmbH (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Schlussbericht (Los 3), 11. Juni 2014
- [2] BMVI: Verkehrsinfrastrukturbericht, unveröffentlicht
- [3] BMVI: Bundesverkehrswegeplan 2030
- [4] BAW: Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW). Ausgabe Juli 2016 (BAW-Merkblatt)
- [5] Fleischer, H.; Kunz, C.; Ehmann, R.; Spörel, F. (2016): Neues BAW-Merkblatt zur Bewertung der Tragfähigkeit bestehender massiver Verkehrswasserbauten. In: Bautechnik 93 (12), S. 907–911
- [6] Reschke, T.: Instandsetzung unter Betrieb mit einem schnell erhärtenden Spritzbeton - Probemaßnahme Schleuse Feudenheim. In: BAW-Mitteilungen (93), S. 7–28
- [7] Bartel, A.: Instandsetzung von Schleusenammerwänden unter eingeschränktem Betrieb. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Instandhaltung von Verkehrswasserbauwerken. BAW-Kolloquium am 25./26.10.2011 in Karlsruhe, S. 43–47
- [8] BMVI: Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken

# Mit Building Information Modeling ändert sich für die Aufgabe der Tragwerksplanung eigentlich nicht viel Die digital-integrale Arbeitsweise verlangt aber viel Erfahrung mit der Modellbildung von Tragwerken

Mit Building Information Modeling (BIM) ändert sich für die Tragwerksplanung eigentlich nicht viel. Sie legt auch weiterhin das Tragwerkssystem fest, beschreibt es analytisch und numerisch, definiert Materialmodelle und wählt die Berechnungsmethode aus. Allerdings verschiebt sich die Arbeitsweise von einer eher analog geprägten hin zu einer voll digitalen Planung, die verschiedene Prozesse der Tragwerksplanung automatisieren kann. Dieser Umstand macht die Wichtigkeit der unabhängigen Prüfung durch den Prüferingenieur deutlich, der vor allem die den Berechnungen zugrundeliegenden Modelle kritisch überprüfen muss. In den Praxisbeispielen des folgenden Beitrags werden deshalb Prozesse und Projekte beschrieben, die mit „Little BIM“ durchgeführt worden sind. Und am Ende dieses Artikels werden Projekte vorgestellt, die derzeit in Zusammenarbeit mit Architekten und TGA-Planern mit BIM geplant werden und den nächsten Schritt zu „Big BIM“ darstellen.



Martin Fischnaller

studierte an der Fachhochschule München Bauingenieurwesen und ist seit 2005 bei der AJG Ingenieure GmbH in München tätig, seit 2012 als Prokurist, seit 2016 als Beratender Ingenieur und Mitgesellschafter.

## 1 Einführung

BIM basiert auf einem digitalen Bauwerksmodell, das idealerweise im Zuge der Planung eines Bauwerkes erstellt wird. Da die Tragwerksplanung einen wesentlichen Beitrag dazu liefert, muss auch sie sich mit BIM auseinandersetzen.

Die klassische Planungsweise in der Tragwerksplanung ist bekanntlich nach Stufen aufgebaut und orientiert sich meist an den Leistungsphasen der HOAI. Die einzelnen Phasen werden mit oder ohne digitale Hilfsmittel bearbeitet, die Arbeitsergebnisse in Text- und Berechnungsdokumenten sowie Zeichnungen und Plänen dokumentiert.

Obwohl die Ergebnisdokumente heute meist digital erstellt und gespeichert werden, entsprechen sie doch im Wesentlichen der analogen Zeit vor dem Einsatz des Personal Computers. Der Inhalt und der Informationsgehalt sind begrenzt. Zusätzliche Informationen werden nicht verarbeitet, da sie für die eigene Planungsaufgabe überflüssig erscheinen.

Die BIM-Arbeitsweise verfolgt einen anderen Ansatz. Die Planung erfolgt objektbasiert und bindet alle für das Bauwerk erforderlichen Fachdisziplinen mit ein. Die Bauteile werden als dreidimensionale Objekte in das digitale Modell eingepflegt und durch zusätzlich benötigte Bauteilinformationen ergänzt. So ist beispielsweise ein Wand- oder Fundamentobjekt nicht nur ein geometrischer Volumenkörper, sondern er besitzt alle für das entsprechende Objekt erforderlichen Eigenschaften wie Material, Aufbau, Wärmedurchgangswiderstand oder statisches Modell. Zusätzlich können dem Objekt Informationen über Bauphasen, Bauzeiten und Kosten zugeordnet werden. In diesem Zusammenhang wird häufig von zusätzlichen Dimensionen (4D oder 5D) gesprochen. Die einzelnen Eigenschaften werden von den Fachdisziplinen wie Architektur, Haustechnik und Tragwerksplanung definiert und in den jeweiligen Berechnungen verarbeitet. Daraus entsteht ein über die Planungsdisziplinen hinweg einheitliches und konsistentes Bauwerksmodell.

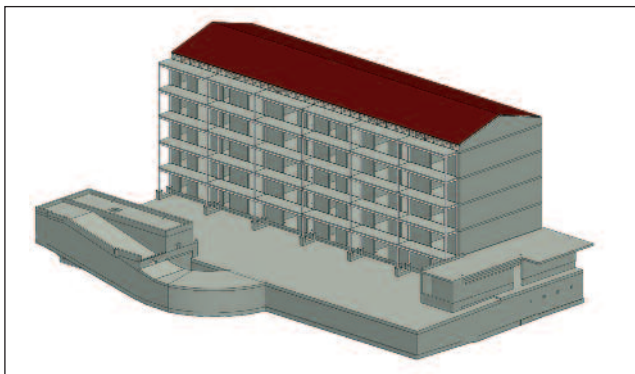
Grundsätzlich soll durch BIM aber auch die Durchgängigkeit der digitalen Daten über alle Planungsphasen hinweg erreicht werden. Bei der bisherigen Vorgehensweise werden in den unterschiedlichen Phasen größtenteils unterschiedliche digitale Hilfsmittel verwendet, die auf die spezielle Aufgabe zugeschnitten sind. Dadurch wird meist nur ein Teil der Projektdaten digital verarbeitet und gespeichert. Beim Wechsel zwischen den Software-Tools gehen digitale Informationen verloren.

Mit BIM werden nun alle Projektinformationen in einem zentralen Modell und in einer einheitlichen Datenbasis gespeichert. Demzufolge sind auch zahlreiche Informationen über das Tragwerk erforderlich. Beginnend bei der Planung über die Ausführung bis hin zur Bestandsdokumentation müssen alle Angaben zum Tragwerk in das Modell einfließen. Der Tragwerksplanung fällt damit auch mit BIM nach wie vor eine maßgebliche Rolle bei der Planung und Erstellung von Bauwerken zu.

## 2 BIM in der Praxis der Tragwerksplanung

BIM ermöglicht die Durchführung der Tragwerksplanung an einem Modell, das alle dafür erforderlichen Informationen enthält. Dabei werden zu einem sehr frühen Zeitpunkt im Projekt die notwendigen Informationen in das Gesamtmodell eingepflegt und verarbeitet. So wird die Basis für eine durchgängige digitale Verarbeitung der Informationen gelegt, mit der Möglichkeit, sie zentral zu verwalten und je dem Beteiligten transparent zugänglich zu machen.

BIM besteht aus Informationen: Geometrieinformationen zum einen und zum anderen aus zahlreichen zusätzlichen Informationen, die für die Herstellung des Bauwerks, für dessen Betrieb und schlussendlich auch für dessen Rückbau erforderlich sind.



Die Tragwerksplanung deckt nur einen Teil der gesamten Informationen des Bauwerks ab. Daraus wird bereits deutlich, dass am gesamten BIM-Prozess zahlreiche Partner beteiligt sein werden. Allerdings kann die Tragwerksplanung spezifisch für die eigene Fachplanung eine durchgängige BIM-Planung durchführen, unabhängig von anderen Projektbeteiligten. Eine solche Vorgehensweise wird mit „Little BIM“ bezeichnet, im Gegensatz zu „Big BIM“, das die integrale Gesamtplanung mit allen Bauwerksinformationen beschreibt.

In den folgenden Beispielen werden Prozesse und Projekte beschrieben, die in erster Linie mit Little BIM durchgeführt wurden. Die Prozesse in der Tragwerksplanung unterscheiden sich bei Little BIM und Big BIM nicht wesentlich. Einzig die Schnittstellenthematik erhält bei Big BIM eine wesentliche und maßgebliche Bedeutung. Zum Ende dieses Artikels werden Projekte vorgestellt, die derzeit in Zusammenarbeit mit Architekten und TGA-Planern mit BIM geplant werden und den nächsten Schritt zu Big BIM darstellen.

Das BIM-Modell wird im Zuge der Vorplanung erstellt. Es enthält alle Informationen, die in diesem Planungsstadium erforderlich sind, zum Beispiel Geometrie und Baustoffeigenschaften, jedoch noch keine Detailinformationen.

Auf Basis dieses Modells werden Varianten untersucht, gegenübergestellt, bewertet und als Entscheidungsbasis vorbereitet.

Aus dem dreidimensionalen Modell können beliebige Ansichten und Schnitte abgeleitet und dargestellt werden (Abb. 1). Gleiches gilt für alle Bauteilinformationen, die bei der ganzheitlichen Modellbildung vollständig in der Datenbasis vorliegen und ausgewertet werden können. Dies können beispielsweise Massen, Stückzahlen oder Volumina

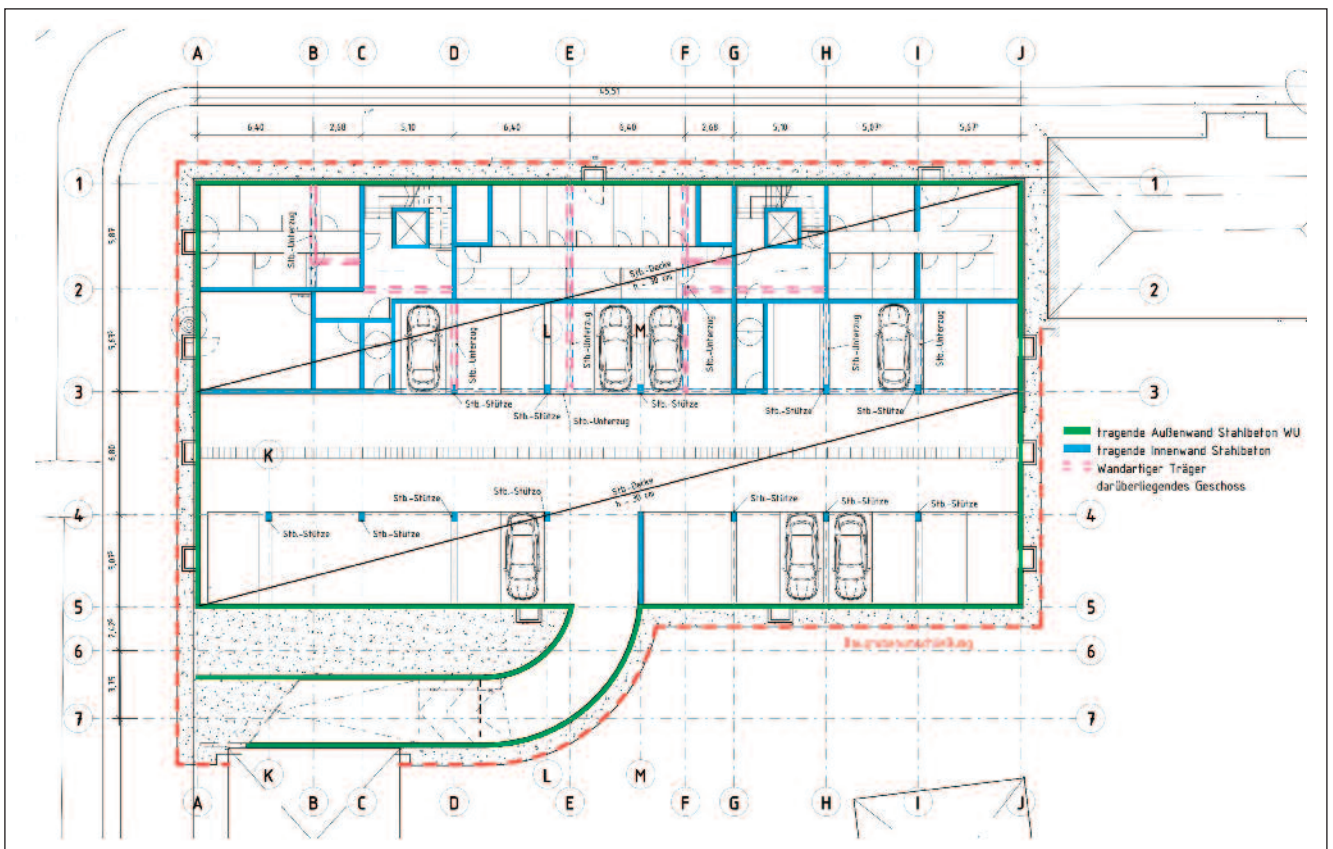


Abb. 1: Vorplanungsmodell (oben) und Grundriss

Geschossdeckenliste											
Bauteil	Typenkommentare	Nummer	Typ	Material	Expositionsklasse	Beschreibung	Höhe oben	Höhe unten	Umfang	Fläche	Volumen
Decke UG											
Decke UG	d = 20 cm	U04	STB 20cm	C 25/30	XC3, XF1, WF	STB-Decke	-0,025	-0,225	36 m	55,2 m <sup>2</sup>	11 m <sup>3</sup>
										55,2 m <sup>2</sup>	11 m <sup>3</sup>
Decke TG											
Decke TG	d = 25 cm	U01	STB 25cm C30/37	C 30/37	XC3, WF	STB-Decke	-0,140	-0,390	150 m	442,6 m <sup>2</sup>	111 m <sup>3</sup>
Decke TG	d = 35 cm	U02	STB 35cm C30/37	C 30/37	XC3, WF	STB-Decke	Variert	Variert	148 m	508,4 m <sup>2</sup>	178 m <sup>3</sup>
										951,0 m <sup>2</sup>	289 m <sup>3</sup>
Decke Rampe											
Decke Rampe	d = 25 cm	U05	STB 25cm C30/37	C 30/37	XC3, XF1, WF	STB-Decke	Variert	Variert	27 m	43,5 m <sup>2</sup>	11 m <sup>3</sup>
Decke Rampe	d = 25 cm	U06	STB 25cm	C 25/30	XC3, XF1, WF	STB-Decke	2,550	2,300	17 m	16,7 m <sup>2</sup>	4 m <sup>3</sup>
Decke Rampe	d = 25 cm		STB 25cm	C 25/30	XC3, WF, WU	STB-Decke	Variert	Variert	33 m	49,5 m <sup>2</sup>	12 m <sup>3</sup>
										109,6 m <sup>2</sup>	27 m <sup>3</sup>
Decke EG											
Decke EG	d = 20 cm	E01	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	2,650	2,450	119 m	440,2 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
Decke EG	d = 20 cm	E02	STB 20cm	C 25/30	XC3, XF1, WF	STB-Decke	2,650	2,450	49 m	98,6 m <sup>2</sup>	20 m <sup>3</sup>
Decke EG	d = 20 cm	E03	STB 20cm	C 25/30	XC3, XF1, WF	STB-Decke	2,500	2,300	37 m	55,1 m <sup>2</sup>	11 m <sup>3</sup>
										593,9 m <sup>2</sup>	119 m <sup>3</sup>
Decke 4. OG											
Decke 4. OG	d = 20 cm	401	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	13,660	13,460	118 m	457,9 m <sup>2</sup>	92 m <sup>3</sup>
Decke 4. OG	d = 20 cm	402	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	14,410	14,210	9 m	5,2 m <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup>
Decke 4. OG	d = 20 cm	402	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	14,410	14,210	9 m	5,2 m <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup>
										468,3 m <sup>2</sup>	94 m <sup>3</sup>
Decke 3. OG											
Decke 3. OG	d = 20 cm	301	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	10,910	10,710	119 m	440,5 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
										440,5 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
Decke 2. OG											
Decke 2. OG	d = 20 cm	201	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	8,155	7,955	119 m	440,2 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
										440,2 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
Decke 1. OG											
Decke 1. OG	d = 20 cm	101	STB 20cm	C 25/30	XC1, WO	STB-Decke	5,405	5,205	119 m	440,2 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
										440,2 m <sup>2</sup>	88 m <sup>3</sup>
										3498,8 m <sup>2</sup>	804 m <sup>3</sup>

© AIG Ingenieure GmbH

Abb. 2: Bauteilliste

sein, die in entsprechenden Bauteillisten dargestellt und weiterverarbeitet werden können (Abb. 2).

Im weiteren Planungsverlauf wird das Modell verfeinert, mit zusätzlichen Informationen versehen und Berechnungen zum Tragwerk durchgeführt. Für die Tragwerksberechnungen werden die Daten des Modells direkt weiterverarbeitet. Diese Daten sind im Modell enthalten und können entsprechend als analytisches Modell visualisiert werden (Abb. 3). Mit den Informationen des analytischen Modells werden die Tragwerksnachweise geführt. Abb. 4 zeigt fünf Ausschnitte der Berechnung des Bauwerks unter Berücksichtigung der Bauabschnitte.

Die Dokumentation der Tragwerksplanung kann weiterhin klassisch mit Berechnungsdokumenten und zugehörigen Positionsplänen erfolgen, die aus dem Modell als Modellansichten erstellt werden. Die Gliederung erfolgt dabei weiterhin in Einzelpositionen, die die Nachvollziehbarkeit vereinfachen und eine unabhängige Prüfung ermöglichen.

Für die Ausführungsplanung werden alle relevanten Informationen zu den Bauteilen eingearbeitet, und das Modell wird schlussendlich verfeinert und detailliert (Abb. 5). Dies betrifft sowohl die Geometrie, aus auch Details und die Bewehrung, die ebenfalls dreidimensional ge-

plant wird. Aus dem nun vorliegenden Modell werden Darstellungen (Pläne und Visualisierungen) für die Baustelle abgeleitet und können in gewohnter Art und Weise zur Verfügung gestellt werden. Wenn gewünscht, kann das Planungsmodell für die weitere Bauablaufplanung, wie zum Beispiel Arbeitsvorbereitung, Baustellenlogistik und Terminplanung weiterverwendet werden (Abb. 6).

### 3 BIM im Bestand

Bauen im Bestand bedingt häufig zahlreiche Zwischenbauzustände, die für die Standsicherheit relevant und daher für die Tragwerksplanung von besonderer Bedeutung sind. Das folgende Beispiel zeigt ein Projekt, bei dem alle Bauzustände als Bauphasen in BIM erstellt wurden und sowohl für die Berechnungen als auch für die Ausführung als Phasenpläne (Abb. 7), sowie als Film zum Bauablauf visualisiert wurden. Die Information über die entsprechenden Bauphasen ist dem jeweiligen Bauteil direkt zugewiesen und kann damit wieder ausgewertet werden.

Das Modell wurde auf Grundlage dreidimensionaler Vermessungsdaten als Rohbaumodell erstellt und über die statischen Berechnungen (Abb. 8) bis hin zur Bewehrungsplanung (Abb. 9) konsequent in einem Gesamtmodell vervollständigt.

## 4 BIM im Planungsteam

Wie bereits eingangs angeführt, ist die Tragwerksplanung nur ein Teilaspekt der Planung eines Bauwerks. Daher ist der BIM-Gedanke der Zusammenarbeit aller Planer an einem Modell konsequent und sinnvoll.

Das folgende Beispiel zeigt Ausschnitte aus dem Gesamtmodell eines Projektes (**Abb. 10**), das durch die Zusammenarbeit mit dem Architekten (studioGA in München) und dem Tragwerksplaner derzeit entsteht und sich gerade in der Ausführungsplanung befindet. Die Planung erfolgt dabei an einem Gesamtmodell, das zwischen den Mitarbeitern laufend und in Echtzeit synchronisiert wird. Neue Kommunikationswege und eine veränderte, offene und enge Kommunikationskultur sind notwendige und erfreuliche Folgen dieser Arbeitsweise.

Dabei ist die Zusammenarbeit nicht auf einen Partner beschränkt. Die direkte Integration der Hauptplaner – im Hochbau sind das typischerweise Objektplaner, Tragwerksplaner und technische Gebäudeausrüstung – in ein gemeinsames Modell führt das Konzept von BIM weiter. **Abb. 11** zeigt ein Projekt, das derzeit in der Vorplanung bearbeitet wird und in dem alle Informationen über Architektur, Tragwerk und TGA in einem Modell zusammengeführt werden.

## 5 Das Tragwerksmodell

Die Kernaufgabe der Tragwerksplanung liegt, wie der Name schon sagt, im Entwurf und in der Berechnung des Tragwerks für ein Bauwerk. Dafür abstrahiert der Tragwerksplaner das Bauwerk in ein Tragwerksmodell, das die Tragwirkung ausreichend genau und realistisch erfasst.

BIM ermöglicht neben dem physikalischen, geometriebeschreibenden Modell ein zweites, in **Abb. 3** schon dargestelltes analytisches Modell oder Berechnungsmodell, das an das physikalische Modell gekoppelt ist. Auf der Grundlage dieses analytischen Modells können die Berechnungen im Rahmen der Tragwerksplanung durchgeführt werden.

Das analytische Modell wird zunächst vom Programm anhand der geometrischen Vorgaben und objektbasierten Eigenschaften automatisch generiert. Eine Stütze erhält beispielsweise einen Stab und eine Geschossdecke eine Fläche (**Abb. 12**). Wie beide Elemente nun weiterverarbeitet werden, also ob zum Beispiel die Fläche als Platte oder als Schale beschrieben werden soll, muss vom Tragwerksplaner festgelegt werden. Gleichmaßen verhält es sich mit der Frage, ob das Tragwerk als dreidimensionales Gesamtmodell oder in Teilmodellen in 2D oder 3D berechnet werden soll.

Es bleibt weiterhin Aufgabe der Tragwerksplanung, das Tragwerkssystem festzulegen, es analytisch und numerisch zu beschreiben, Materialmodelle zu definieren und die Berechnungsmethode zu wählen. Damit stellt sich schnell heraus, dass die gewohnten grundlegenden Aufgaben des Tragwerksplaners mit BIM nicht großartig verändert werden. Einzig die Modellbildung als Basis für die Berechnung kann aus dem physikalischen Modell abgeleitet werden und gestaltet sich bei intelligenter Modellierung gegebenenfalls einfacher.

Nun ist es allerdings so, dass ein analytisches Modell im Zuge der Erstellung des BIM-Modells automatisch generiert wird. Das geschieht auch dann, wenn das BIM-Modell von einem nicht mit der Tragwerks-

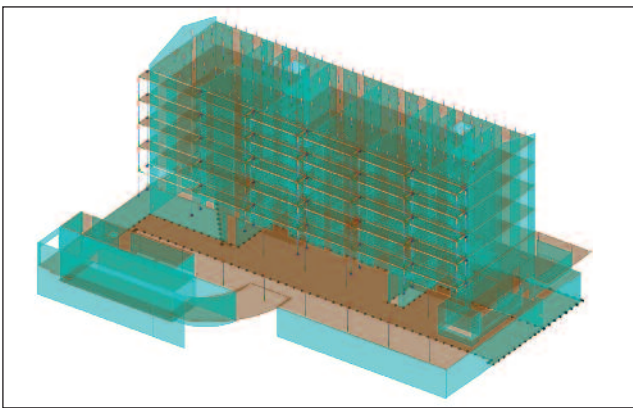


Abb. 3: Analytisches Modell

© AIG Ingenieure GmbH

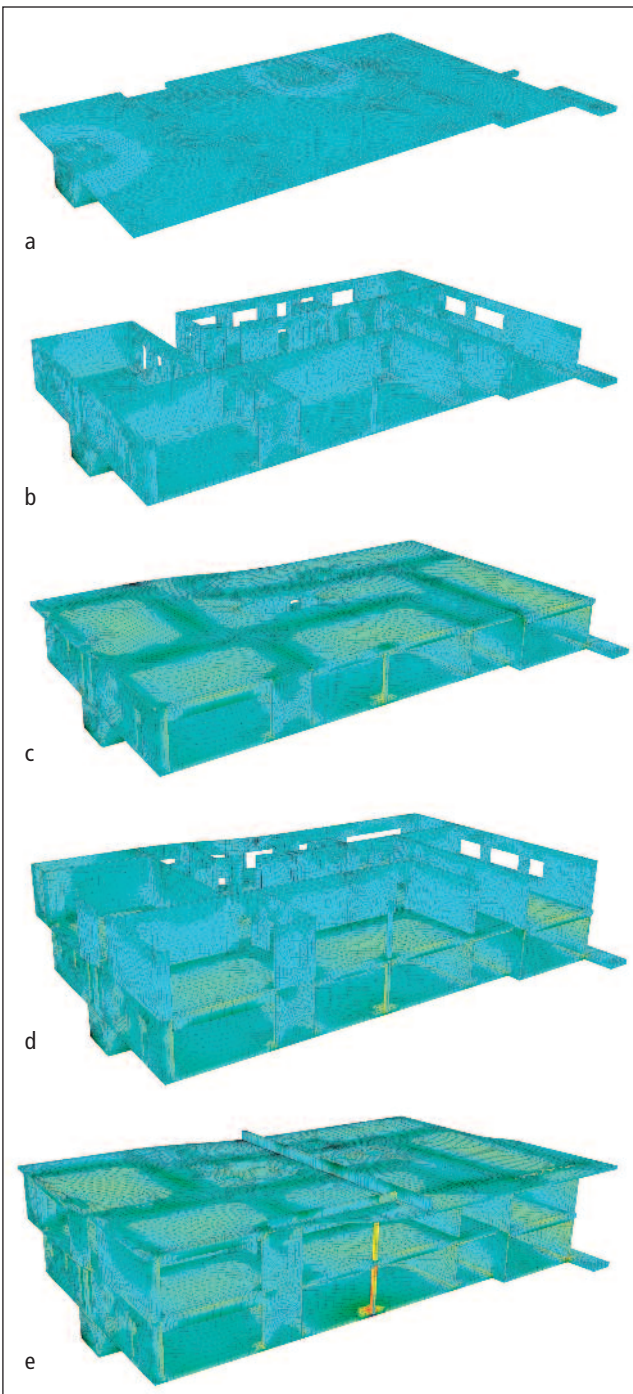


Abb. 4: Berechnung nach Bauabschnitten

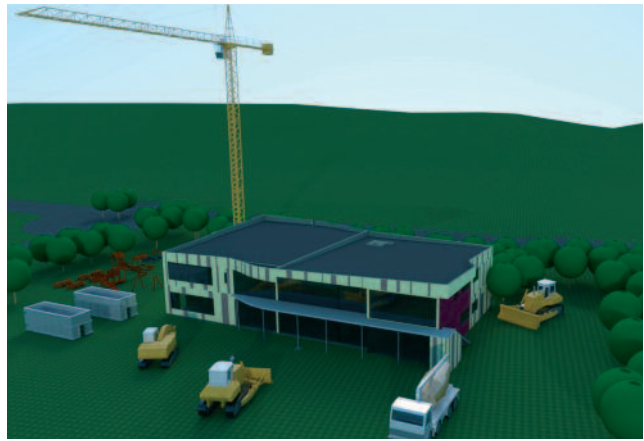
© AIG Ingenieure GmbH

# BIM - BUILDING INFORMATION MODELING



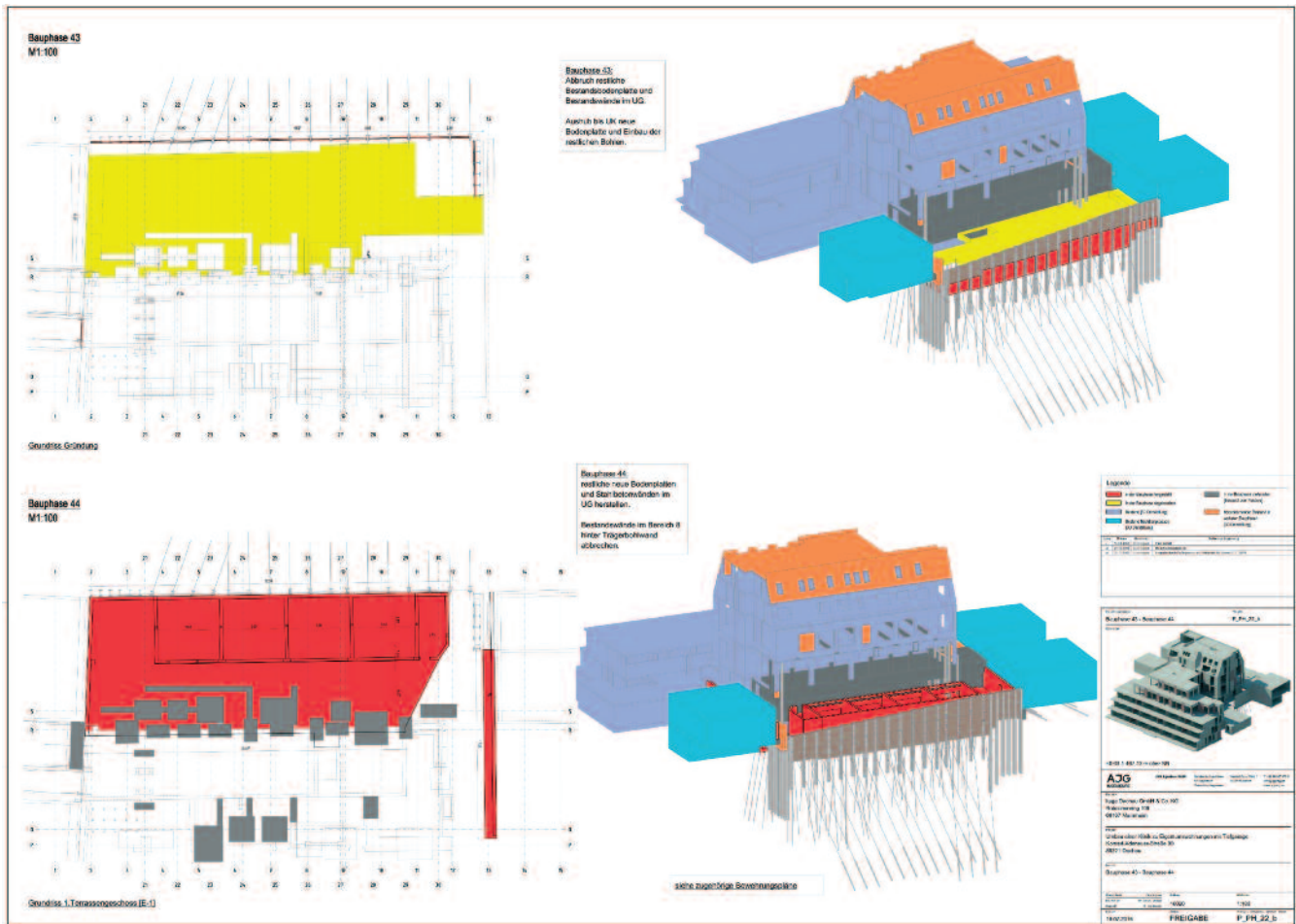
© AJG Ingenieure GmbH

Abb. 5: Modell in der Ausführungsplanung



© AJG Ingenieure GmbH

Abb. 6: Baustelleneinrichtung



© AJG Ingenieure GmbH

Abb. 7: Phasenpläne

planung beauftragten Fachplaner, zum Beispiel dem Architekten, erstellt wird. Die Gefahr besteht, wie bei jeder Automatisierung, dass das Modell ohne kritische Prüfung für die weiteren Berechnungen verwendet, und dass dem Programmalgorithmus blind vertraut wird.

Nachdem ein BIM-Modell grundsätzlich ein geometrisch dreidimensionales Modell ist, wird im ersten Schritt automatisch auch ein dreidimensionales analytisches Modell erzeugt. Das verleitet dazu, auch das Tragwerk als dreidimensionales Gesamtmodell zu berechnen, unabhängig davon, ob dies technisch sinnvoll oder notwendig wäre. Ein allzu argloser Umgang mit dreidimensionalen Berechnungsmodellen birgt jedoch Risiken, die sogar standsicherheitsrelevant sein können.

Beispiele dafür sind die unzureichende Berücksichtigung des Bauablaufes, der Boden-Bauwerks-Interaktion, der Anschlusselemente oder der Fugen. Die besonderen Eigenschaften eines dreidimensionalen Gesamtmodells müssen baustatisch berücksichtigt werden. Das gilt allerdings unabhängig davon, ob es mit BIM oder mit anderen Werkzeugen erstellt wurde.

Aufgrund des dreidimensionalen Bauwerksmodells, dem größtenteils automatisch erzeugten analytischen Modell und den zahlreichen Einflussfaktoren (zum Beispiel Anschlusssteifigkeiten) sind vertiefte Plausibilitätskontrollen für das Tragsystem erforderlich. Die Auswirkungen von Annahmen und die Sensibilität von streuenden Einflussgrößen auf



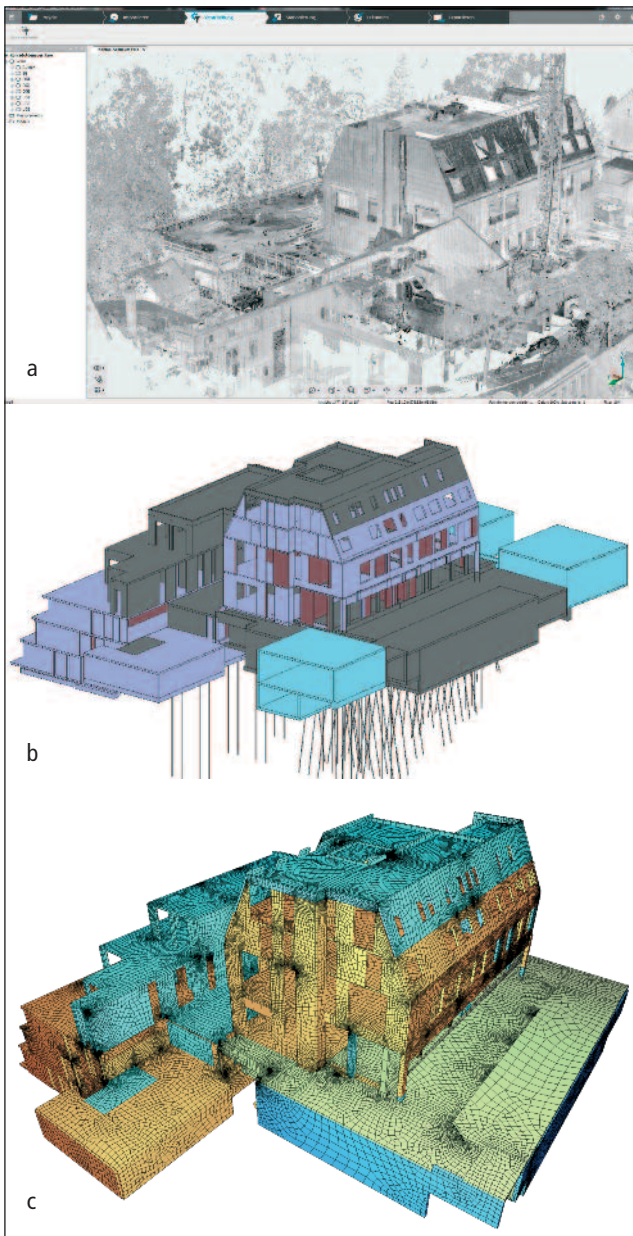


Abb. 8: BIM im Bestand

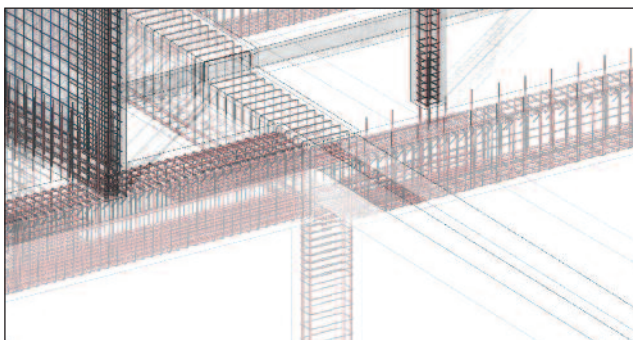


Abb. 9: Bewehrungsplanung

das Tragverhalten müssen umso intensiver überprüft werden, desto komplexer das Tragwerksmodell wird.

Daraus wird auch die Wichtigkeit einer unabhängigen Prüfung durch den Prüfenieur deutlich. Insbesondere ist die Weiterverwendung

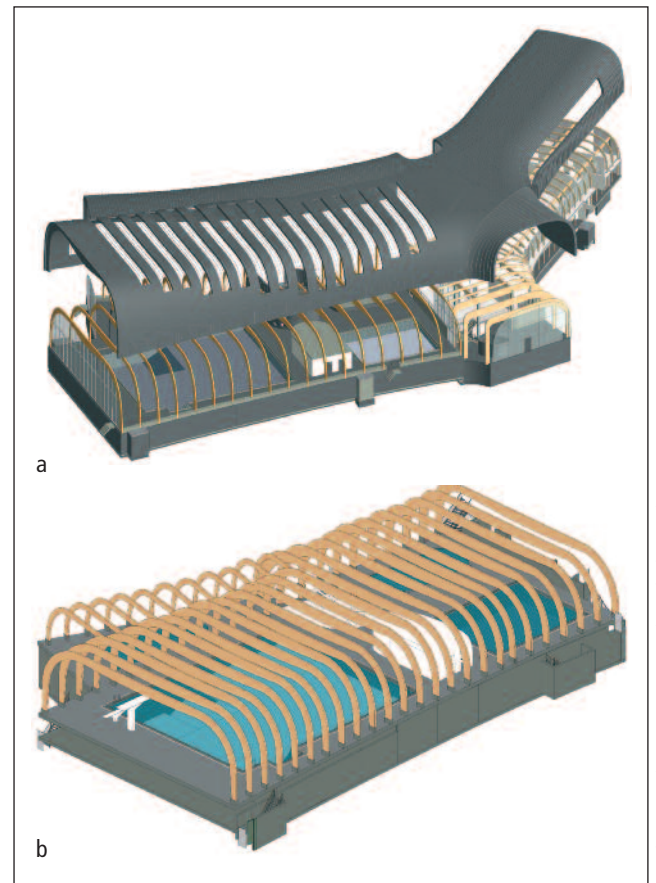


Abb. 10 a+b: Vorplanungsmodell Architektur (studioGA) und Tragwerksplanung

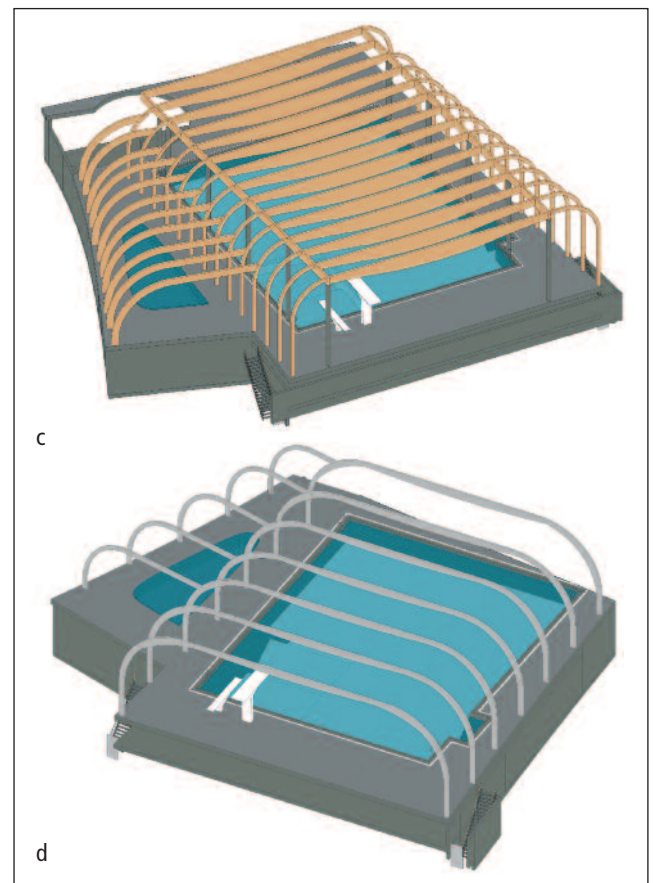
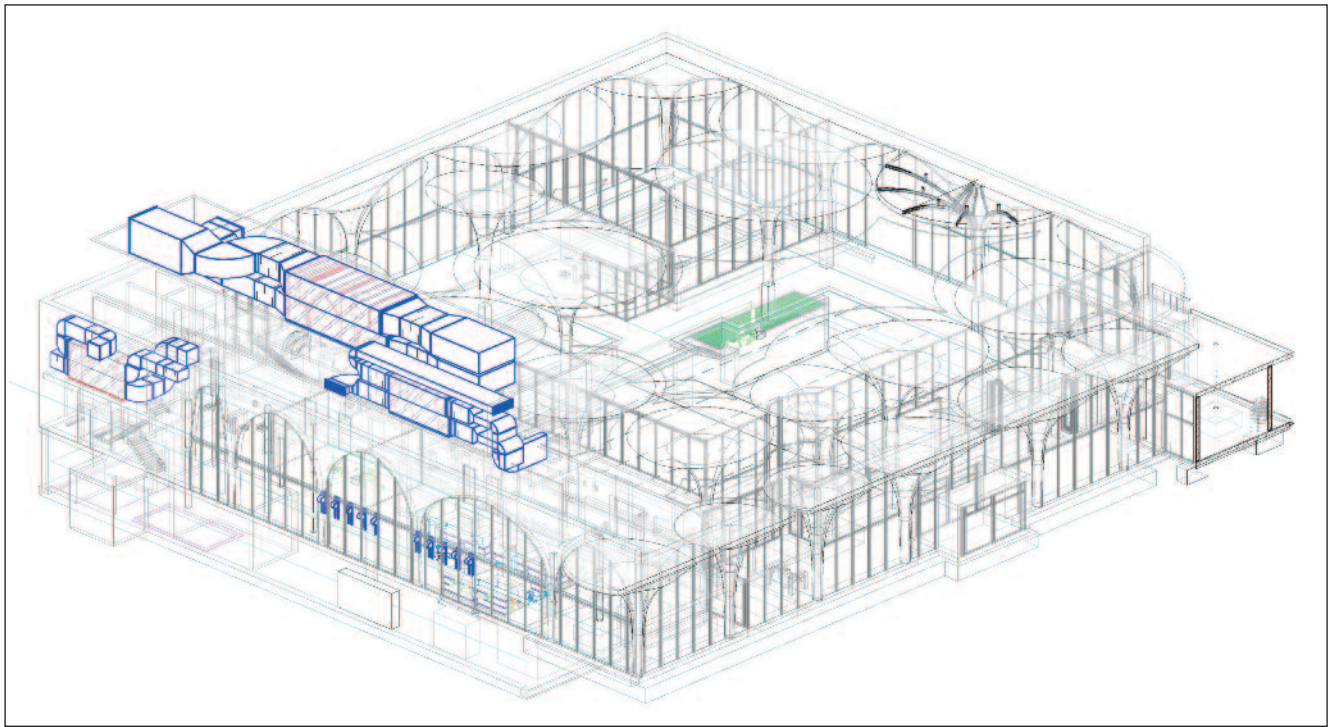
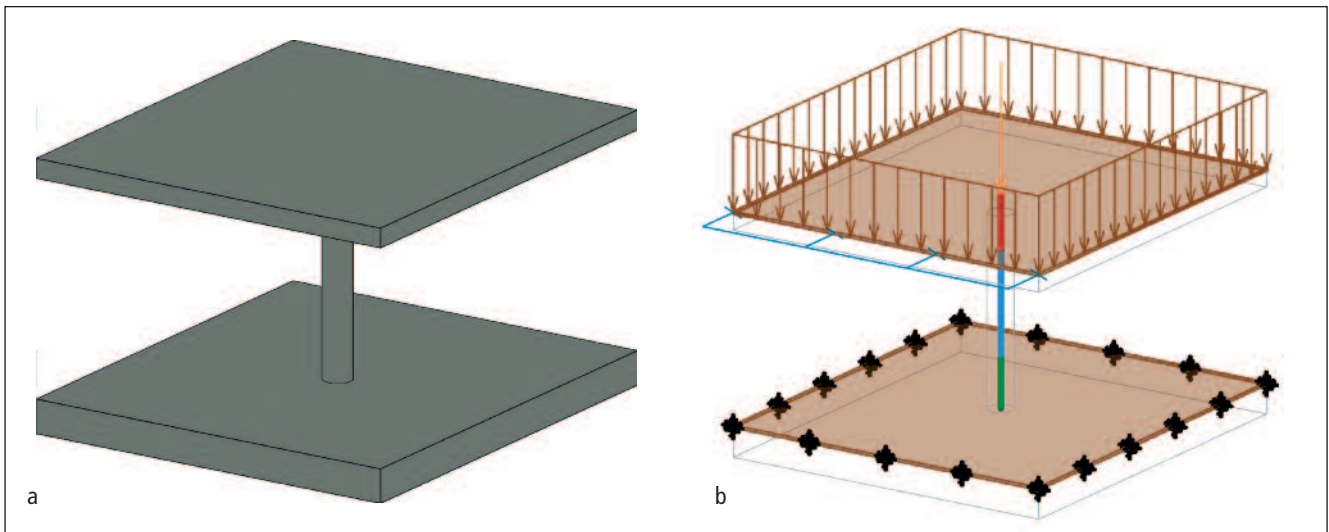


Abb. 10 c+d: Tragwerksvarianten



© studioGA, München, AIG Ingenieure GmbH und IWT GmbH, Hannover

Abb. 11: Vorplanungsmodell Architektur (studioGA), Tragwerksplanung und TGA (IWT)



© AIG Ingenieure GmbH

Abb. 12: Physikalisches und analytisches Modell Stab und Fläche

des BIM-Modells mit dem analytischen Modell als Grundlage für die baustatische Prüfung kritisch zu sehen. Dieses kann lediglich als Basis der Vergleichsberechnungen dienen. Vielmehr muss der Prüfengeieur die Modellbildung selbst hinsichtlich deren Eignung zur Abbildung des Tragverhaltens kritisch prüfen.

Die Prüfung der Pläne kann hingegen wieder direkt am BIM-Modell erfolgen, denn auch für die Prüfung ergeben sich dieselben Vorteile wie bei der Planung: Die Daten sind konsistent, koordiniert und aktuell.

## 6 Fazit

Mithilfe von BIM wird der Prozess der Tragwerksplanung vollständig digitalisiert. Das Bauwerk wird digital gebaut, bevor es real gebaut

wird. Der Tragwerksplaner und Bauingenieur wird zum digitalen Baumeister.

Die Tragwerksplanung beschäftigt sich seit jeher mit Modellen für ein Bauwerk. Nun kommt das BIM-Modell hinzu. Die grundlegende Arbeit der Tragwerksplanung bleibt aber auch mit BIM dieselbe. Die Tragwerksplanung muss weiterhin standsichere und wirtschaftliche Bauwerke liefern. Allerdings verschiebt sich die Arbeitsweise von einer eher analog geprägten hin zu einer voll digitalen und integralen Planung. Die vertieften Kenntnisse der technischen Mechanik werden aber weiterhin als Grundlagen abverlangt. Darüber hinaus müssen komplexe dreidimensionale Tragwerkssysteme durch einfache Ersatzsysteme verifiziert werden. Das kann nur durch umfangreiches Know-how und Erfahrung vom Tragwerksplaner geleistet werden. Das kann die Digitalisierung bisher noch nicht leisten.

# Das europäische Bauproduktenrecht im Spannungsfeld von erfolgreicher Vermarktung und sachgemäßer Verwendung

## Die konzeptuellen Probleme der Bauproduktenverordnung werden wohl mit einer konstitutiven Novellierung gelöst

Die EU-Bauproduktenverordnung trat im Juli 2013 operativ in Kraft, doch schon drei Jahre später enthielt der Bericht der EU-Kommission über die Durchführung der Bauproduktenverordnung deutliche Hinweise darauf, dass diese noch relativ junge EU-Verordnung schon bald novelliert werden wird. Mittlerweile fanden bereits mehrere Sitzungen der „Technical Platforms“ statt, die eigens für die Diskussion von Problemen mit der Bauproduktenverordnung geschaffen worden waren. In diesen Sitzungen wird auch über die zu erwartende Entwicklung des europäischen Bauproduktenrechtes im Spannungsfeld von erfolgreicher Vermarktung und sachgemäßer Verwendung diskutiert, über deren Inhalte und Ziele im folgenden Beitrag aus erster Hand berichtet wird.

### 1 Einführung

Das EU-Bauproduktenrecht soll sicherstellen, dass der freie Warenverkehr am europäischen Binnenmarkt auch für Bauprodukte funktioniert. Da die alleinige Anwendung des Prinzips der gegenseitigen Anerkennung für Bauprodukte offensichtlich nicht ausgereicht hatte, beschloss der Rat bereits Ende 1988 die Bauproduktenrichtlinie. Sie wurde formell als Richtlinie angesehen, die dem sogenannten Neuen Konzept (New Approach) folgt, und führte deshalb auch zur CE-Kennzeichnung\*. Von Anfang an stellte sich hierbei jedoch das konzeptuelle Problem, dass Bauprodukte keine Endprodukte sind, die vom Konsumenten direkt verwendet werden, sondern dass es gewissermaßen Vorprodukte sind, die erst durch den Einbau in ein Bauwerk ihrer Verwendung zugeführt werden. Man *verwendet* somit eigentlich keine Bauprodukte im Sinne des New Approach, sondern Bauwerke. Entsprechend betrafen die *wesentlichen Anforderungen*, die in allen Richtlinien des New Approach von den jeweiligen Produkten erfüllt werden müssen, im Falle der Bauproduktenrichtlinie gar nicht die Bauprodukte selbst, sondern eben die Bauwerke.

Dieses Dilemma versuchte man in der Bauproduktenrichtlinie dadurch zu lösen, dass man den Begriff der *Brauchbarkeit* von Bauprodukten einführte. Ein Produkt galt als *brauchbar*, wenn es so beschaffen ist, dass die Bauwerke, für die es verwendet wird, bei ordnungsgemäßer Planung und Bauausführung den wesentlichen Anforderungen entsprechen. Die Spannungen und Interpretationsschwierigkeiten, die sich dadurch ergaben, dass die Bauproduktenrichtlinie formell eine Richtlinie des New Approach war, andererseits aber die wesentlichen Anforderungen gar nicht die Produkte selbst betrafen und der im New Approach unbekanntes Begriff der *Brauchbarkeit* als Krücke herangezogen werden musste, führten bereits bald zu Kritik und zum Wunsch einer Änderung der Bauproduktenrichtlinie. Trotzdem hielt sie sehr lange, nämlich rund 24 Jahre. Mit der neuen Bauproduktenverordnung aus 2011 versuchte die Kommission, das oben geschilderte Dilemma mit Brachialgewalt dadurch zu lösen, dass

- die Bauproduktenverordnung nicht mehr als dem New Approach zugehörig betrachtet wurde und dass
- ein vollkommen neues Konzept, nämlich jenes der Leistungserklärung unter Verwendung einer *gemeinsamen technischen Fachsprache* eingeführt wurde.



Dr. Rainer Mikulits

Geschäftsführer des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB); Gemeinsamer Ländervertreter in der Arbeitsgruppe des EU-Rats für die Bauproduktenverordnung, Mitglied des Ständigen Ausschusses für das Bauwesen der Europäischen Kommission; Experte für Baurecht und Bauprodukte in Projekten der EU und der Weltbank; Herausgeber der Zeitschrift „OIB aktuell“ und Beiratsmitglied der „baurechtlichen blätter“; Mitglied in mehreren internationalen baurechtlichen Gremien

\* Dieser „New Approach“ für die Produktregulierung und das Gesamtkonzept für die Konformitätsbewertung der Europäischen Union dienen seit 1985 der *technischen Harmonisierung bestimmter Produktgruppen und dem Abbau von Handelshemmnissen innerhalb des Europäischen Binnenmarktes. Gemeinsam haben diese einander ergänzenden Konzepte, dass sie das Einschreiten des Staates auf ein unentbehrliches Mindestmaß beschränken und somit der Industrie bei der Erfüllung ihrer Verpflichtungen gegenüber der Öffentlichkeit einen größtmöglichen Handlungsspielraum gewähren.*

## 2 Ziele der EU-Bauproduktenverordnung

Trotz der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten unter der EU-Bauproduktenrichtlinie hatte es weiterhin nationale Zulassungen und Kennzeichnungen für Bauprodukte gegeben. Überdies hatten in einigen Mitgliedstaaten auch weiterhin formal freiwillige, de facto aber für die erfolgreiche Vermarktung von Bauprodukten erforderliche Qualitätskennzeichnungen bestanden. Die Bauproduktenrichtlinie hatte offensichtlich das Ziel, den Binnenmarkt für Bauprodukte sicherzustellen, nicht vollständig erreicht. Überdies war der Fortschritt bei der Schaffung harmonisierter Normen sehr schleppend: Ende des Jahres 2008, also zwanzig Jahre nach Beschlussfassung der Bauproduktenrichtlinie durch den Rat, waren erst rund 300 der knapp 500 geplanten harmonisierten Normen verfügbar und im Amtsblatt der EU veröffentlicht. Vor diesem Hintergrund legte die Kommission 2008 den ersten Entwurf einer neuen EU-Bauproduktenverordnung mit dem Ziel vor, die europäischen Rechtsvorschriften für Bauprodukte zu präzisieren, den Verwaltungsaufwand zu verringern und die Glaubwürdigkeit des Systems zu stärken. Die Kommission analysierte hierbei richtig, dass das Problem in der unklaren Schnittstelle zwischen der Vermarktung von Bauprodukten in Europa einerseits und der Verwendung von Bauprodukten in den einzelnen Mitgliedsstaaten – unter Einhaltung der dort geltenden Bauvorschriften – lag (Abb. 1).

Die Kommission verabsäumte es jedoch, die unklaren Bestimmungen betreffend *Brauchbarkeit* im Hinblick auf klarere Bedingungen für die Verwendbarkeit zu präzisieren, sie ging sogar noch einen Schritt zurück und führte das Konzept der *Leistungserklärung* mittels einer *gemeinsamen technischen Fachsprache* ein. Die Idee war hierbei, dass auf europäischer Ebene die erforderlichen Kennwerte (*wesentliche Merkmale*) sowie die für deren Ermittlung erforderlichen Prüfmethode festgelegt werden, und in der Folge die ermittelten *Leistungen* – also die Prüfergebnisse für die einzelnen Kennwerte – in einem europäischen Dokument vom Hersteller deklariert werden. Auf der Seite der Mitgliedsstaaten wiederum wäre es hierfür erforderlich, in den Bauvorschriften auf genau diese Kennwerte („*wesentlichen Merkmale*“) Bezug zu nehmen, womit eine eindeutige Schlüssel-Schloss-Kompatibilität gegeben wäre. In diesem Sinne ist auch der Artikel 8 Absatz 6 der Bauproduktenverordnung zu verstehen: „Die Mitgliedsstaaten passen die Verfahren, die sie in ihren Anforderungen an Bauwerke verwenden, sowie andere nationale Regeln in Bezug auf die wesentlichen Merkmale von Bauprodukten an die harmonisierten Normen an.“

Leider erwies sich dieses intellektuell durchaus interessante Konzept in der Praxis als sehr blauäugig, denn – wie zu erwarten war – wurde

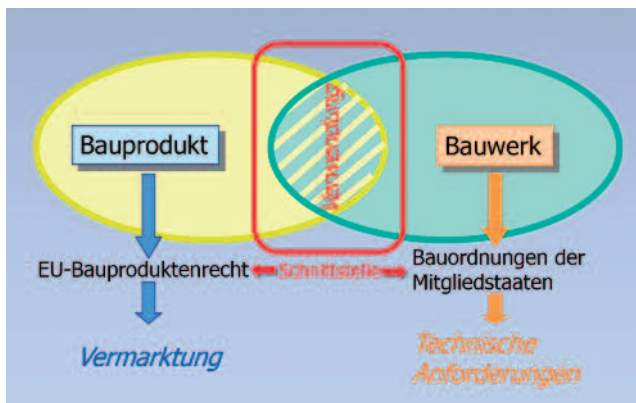


Abb. 1: Die Schnittstelle zwischen Bauprodukt und Bauwerk

dieser Auftrag an die Mitgliedsstaaten, nämlich im Sinne des Artikels 8 Absatz 6 ihre Bauvorschriften komplett zu restrukturieren und an den leistungsorientierten Ansatz der Bauproduktenverordnung anzupassen, nicht erfüllt. Dies führte zu einer Situation, in der es in praxi die Planer und Bauausführenden sind, denen nunmehr die Verantwortung dafür zufällt, die tatsächliche Verwendbarkeit von Bauprodukten in einem bestimmten Mitgliedstaat für bestimmte Bauaufgaben anhand der in der Leistungserklärung angeführten Leistungskennwerte zu beurteilen. Es ist nicht verwunderlich, dass in einer solchen Situation in den Mitgliedsstaaten der Ruf nach Hilfe laut wurde, dem auch von mancher Seite sofort pflichtschuldigst nachgekommen wurde, indem als Lösung die „freiwilligen“ Qualitätszeichen oder die (Wieder-)Einführung von nationalen Verwendungs- beziehungsweise Anwendungszulassungen propagiert wird.

In Österreich versuchte man einen anderen Weg zu gehen, nämlich in Form einer generischen Festlegung der erforderlichen Leistungskennwerte in einer allgemein gültigen Verordnung. Es handelt sich hierbei um die Baustoffliste ÖE, in der für alle Bauprodukte, die CE-gekennzeichnet sind und für die dies als erforderlich angesehen wird, festgelegt wird,

- welche Kennwerte (*wesentlichen Merkmale*) jedenfalls zu deklarieren sind (d.h. die Option NPd = „no performance determined – keine Leistung festgestellt“ ist nicht möglich), sowie
- gegebenenfalls, welche Leistung (Wert oder Klasse) mindestens erreicht werden muss oder maximal zulässig ist.

Freilich löst auch ein solcher Ansatz das Problem nur teilweise, wie sich anhand der Diskussionen rund um das sogenannte Bauproduktenurteil des Europäischen Gerichtshofs in der Rechtssache C-100/13 gegen Deutschland erkennen lässt.

## 3 Das Problem der Lücken in harmonisierten Normen

Das Bauproduktenurteil des EUGH gegen Deutschland in der Rechtssache C-100/13 postuliert, dass *das harmonisierte System* unter der Bauproduktenverordnung als *vollständig* zu betrachten sei. Aus diesem Grund sei es den Mitgliedsstaaten nicht gestattet, unilateral auf nationaler Ebene den Nachweis zusätzlicher Kennwerte (*wesentliche Merkmale*), die für den Nachweis der Erfüllung der Bauvorschriften erforderlich sind, zu verlangen, selbst wenn diese Kennwerte in den vorliegenden harmonisierten Normen fehlen.

Was unter dem *harmonisierten System* zu verstehen ist, wird leicht ersichtlich, wenn man Artikel 19 Absatz 1 betrachtet. Dort wird unter lit.c den Herstellern von Bauprodukten die Möglichkeit eröffnet, einen Kennwert (*wesentliches Merkmal*), der in einer harmonisierten Norm fehlt (*Lücke*), jedoch für den Nachweis der Erfüllung der Bauvorschriften in einem Mitgliedstaat erforderlich wäre, mittels einer Europäischen Technischen Bewertung (ETA) nachzuweisen.

Die Bedeutung dieser Möglichkeit, innerhalb des harmonisierten Systems einen Kennwert (*wesentliches Merkmal*) zu ergänzen, der in einer harmonisierten Norm fehlt, darf nicht unterschätzt werden. In der Praxis betrifft diese Möglichkeit nämlich nicht nur Fälle, in denen – aus welchem Grund auch immer – ein Kennwert fehlt, der für den Nachweis der Erfüllung der Bauvorschriften in einem Mitgliedstaat erforderlich wäre, sondern sie ermöglicht überhaupt erst eine Weiterentwick-

lung der bautechnischen Anforderung in den Bauordnungen der Mitgliedstaaten, die ansonsten neue Anforderungen (zum Beispiel in Bereichen wie Nachhaltigkeit oder Gefahrstoffe) erst einführen könnten, wenn in den entsprechenden harmonisierten Normen die dafür erforderlichen Kennwerte ergänzt worden sind, was erfahrungsgemäß Jahre in Anspruch nehmen kann.

## 4 Das Problem der Verwendung

Der Begriff *Verwendung* kommt in der Bauproduktenverordnung sehr häufig vor, allerdings lediglich im Sinne von Verwendungszweck. Damit ist jedoch nur gemeint, *wofür* ein Bauprodukt verwendet wird; was in der Bauproduktenverordnung nicht behandelt wird, ist hingegen die Frage, *wie* ein Bauprodukt verwendet werden muss, und zwar im Sinne von Bestimmungen für den korrekten Einbau beziehungsweise die korrekte Anwendung eines Bauproduktes, damit auch sichergestellt ist, dass die in der Leistungserklärung deklarierten Leistungen tatsächlich erreicht werden.

Ein sehr plakatives Beispiel für dieses Problem stellen Brandschutztüren dar – es wird jeder verstehen, dass die in der Leistungserklärung deklarierte Feuerwiderstandsdauer nur dann tatsächlich erreicht werden kann, wenn die Brandschutztüren samt Zarge korrekt eingebaut wurden. Die Frage, wie ein Bauprodukt verwendet oder angewendet werden muss, wird in der Bauproduktenverordnung also leider nicht beantwortet.

Die Kommissionsdienste vertreten die Auffassung, dass das Wie des Einbaus beziehungsweise der Anwendung eines Bauproduktes durch Artikel 11 Absatz 6 der Bauproduktenverordnung bereits abgedeckt sei. Hierbei handelt es sich um die Pflicht des Herstellers, dem Produkt eine Gebrauchsanleitung beizufügen. Nähere Vorgaben, was in dieser Gebrauchsanleitung stehen muss, gibt es in der Bauproduktenverordnung jedoch nicht, auch unterliegt diese Gebrauchsanleitung keiner Kontrolle durch die in das anzuwendende AVCP-System einzubindenden notifizierten Stellen\*. Die Bestimmung des Art. 11 Abs. 6 ist daher sicherlich nicht ausreichend, um diese Lücke in der Bauproduktenverordnung zu schließen.

## 5 Weitere Entwicklung – Wird die Bauproduktenverordnung novelliert?

Obwohl das Konzept der Bauproduktenverordnung mit der klaren Schnittstelle einer *Leistungserklärung* intellektuell interessant ist und auch theoretisch ein guter Ansatz wäre, so hat es sich in der Praxis nicht bewährt. Das ist – wie bereits erwähnt – vor allem darauf zurückzuführen, dass die Bauvorschriften der Mitgliedstaaten bei weitem noch nicht ausreichend leistungsorientiert formuliert sind, um direkt an die Leistungserklärungen gemäß Bauproduktenverordnung anknüpfen zu können. Diese Situation wird auch durch die Stellungnahmen widergespiegelt, die in einer Online-Befragung der Kommissions-

\* Die Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (Englisch: *Assessment and Verification of Constancy of Performance = AVCP*) ist die Voraussetzung für die Erstellung einer Leistungserklärung. Die Verfahren beziehungsweise Systeme zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (AVCP-Verfahren beziehungsweise AVCP-Systeme) sollen genaue, zuverlässige und vergleichbare Informationen über die Leistungen eines Bauproduktes hervorbringen.

dienste abgegeben wurden, die Mitte dieses Jahres durchgeführt wurde. Exemplarisch sollen hier nur einige Kernaussagen aus dieser Stellungnahmen zitiert werden:

- „Viele Baubeteiligte haben Schwierigkeiten, anhand der Leistungserklärung zu entscheiden, ob das harmonisierte Bauprodukt vor Ort für den vorgesehenen Verwendungszweck eingesetzt werden darf oder nicht“ (Bundesverband Baustoffe, Steine und Erden);
- „The technical relevance of the hENs is questionable, and the users cannot trust on basis of the DOP's unless they have a very good knowledge both of the end use and of the product specificity“ (anonym);
- „The CE-mark is misconceived by the market as a quality mark although it does not contain quality criteria nor does it indicate its fitness for use“ (KOMO);
- „Countries such as Germany and France have effective barriers in place that show no signs of being weakened“ (CEN-TC Convenor aus dem Vereinigten Königreich).

Neben der Problematik der *Verwendung*, die in der Bauproduktenverordnung unzureichend berücksichtigt wird, gibt es laut dem genannten Bericht der europäischen Kommission über die Durchführung der Bauproduktenverordnung sowie gemäß den zusammenfassenden Bemerkungen zum Inception Impact Assessment noch eine Reihe weiterer Punkte, die einer Verbesserung bedürftigen.

Sowohl im Bericht als auch in den zusammenfassenden Bemerkungen wird einerseits auf Probleme bei der Anwendung der Bauproduktenverordnung Bezug genommen, andererseits aber auch ausdrücklich angeführt, dass es eine Reihe von Problemen gebe, die über reine Anwendungsprobleme hinausgingen (und somit mit dem Text Bauproduktenverordnung verknüpft sind). Hierbei werden unter anderem die vereinfachten Verfahren (Art. 36 bis 38), die Normungsprozesse, die Marktüberwachung sowie die Tatsache eines „incomplete/imperfect update of the harmonisation of the rules for the marketing of construction products“ genannt, wobei ausdrücklich die von manchen Behörden der Mitgliedstaaten geforderten nationalen ex ante-Nachweise oder -Verfahren erwähnt werden. Des Weiteren werden in diesem Dokument folgende drei Handlungsoptionen angeführt:

- I. Keine Änderung der Bauproduktenverordnung, lediglich Verbesserung der Interpretation und der Anwendung sowie der Prozesse der Bauproduktenverordnung;
- II. Novellierung der Bauproduktenverordnung;
  - a. Begrenzte Revision der Bauproduktenverordnung, nur die Probleme betreffend, die im Bericht über die Durchführung vom Juli 2016 explizit identifiziert wurden;
  - b. größere Revision der Bauproduktenverordnung, die auch die Prinzipien der Bauproduktenverordnung berührt, wobei mehrere Varianten (die auch kombiniert werden können) erwähnt werden;
  - c. tiefgreifende Revision der Bauproduktenverordnung, die das Gleichgewicht in der gegenwärtigen Aufgabenverteilung zwischen EU und Mitgliedstaaten verlagert;
- III. Zurückziehung der Bauproduktenverordnung und alleinige Anwendung des Prinzips der gegenseitigen Anerkennung.

Allein die Tatsache, dass für die Option II drei unterschiedliche Varianten angeführt werden, ist ein deutliches Indiz dafür, dass es wohl in Richtung einer Änderung der Bauproduktenverordnung gehen wird.

# Die Novellierung des nationalen Bauproduktenrechts durch die Musterbauordnung 2016 und die MVV-TB Neue Regelungen könnten den Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen auch Haftungsrisiken bescheren

Das Bauproduktenurteil des Europäischen Gerichtshofs wirft in Deutschland immer neue Probleme auf. Die Folgen des unbedingten Prinzips der EU-Kommission, die dem freien Markt auch auf dem Bauproduktensektor jedes erdenkliche Vortrittsrecht verschaffen will, und dabei auch nicht davor zurückschreckt, elementare präventive Sicherheitskonzepte in die zweite Reihe zu verweisen, krepelt hierzulande vieles diametral um. Das deutsche Sicherheitskonzept sieht bekanntlich vor, dass sicherheitstechnische Anforderungen nicht nur an das Gebäude selbst gestellt werden, sondern auch an die Produkte, die dem Erreichen dieses Ziels dienen. Das Konzept der EU-Kommission führt aber dazu, dass sich die Verantwortung für die Einhaltung gesetzlich verlangter Leistungen von Bauprodukten vom Hersteller stärker auf den Bauherrn verlagert – womit sie unweigerlich auch beim Prüfsachverständigen oder Prüfsachverständigen landen wird. Wenn aber die Leistungserklärungen der Hersteller die bauaufsichtlich erforderlichen Angaben künftig in bestimmten Fällen nicht mehr mit der erforderlichen Gewissheit darstellen, dann können die Bauherren und ihre Planer und die Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen ordentliche bautechnische Nachweise nicht mehr ohne Weiteres führen beziehungsweise anerkennen. Diese Situation, deren Gründe und zu erwartenden Konsequenzen im folgenden Beitrag dargestellt werden, birgt auch die Gefahr, dass der Bauherr bestimmte Leistungen nicht mehr als vertragsgemäß abnehmen muss – was vor allem für den privatrechtlich beauftragten Prüfsachverständigen Risiken mit sich bringen kann.



Ministerialdirektor a. D.  
Michael Halstenberg

studierte Rechtswissenschaften in Köln und war von 1988 bis 2004 im Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr von NW in mehreren verantwortlichen Positionen tätig; von 1999 bis 2004 war er gleichzeitig EU-Referent der Deutschen Bauministerkonferenz; von 2004 bis 2009 leitete er die Abteilung Bauwesen, Bauwirtschaft und Bundesbauten im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und seit Dezember 2009 ist er als Rechtsanwalt in der Kanzlei *HFK Rechtsanwälte LLP* in Düsseldorf tätig.

## 1 Einleitung

Die Mitgliedstaaten tragen die Verantwortung für die Errichtung sicherer Bauwerke. Das deutsche Sicherheitskonzept sieht vor, dass Anforderungen nicht nur an das Gebäude gestellt werden (Standicherheit, Brandschutz, Wärmeschutz, Schallschutz), vielmehr werden schon auf der Ebene der Bauprodukte Anforderungen gestellt, die erfüllt werden müssen, damit diese Bauprodukte verwendet werden dürfen. Dadurch wird sichergestellt, dass die Bauprodukte prinzipiell geeignet sind, um mit ihnen ein sicheres Bauwerk zu errichten. Daher ist der Hersteller faktisch gehalten, diese Werte für sein Produkt im Hinblick auf den angegebenen Verwendungszweck (etwa Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Entflammbarkeit, Lambdawert) anzugeben. Diese Werte sind auch erforderlich, um die bautechnischen Nachweise auf der Bauwerksebene führen zu können. Auch der Prüfsachverständige greift auf sie zurück.

Der Europäische Gerichtshof (EuGH) hat mit seinem sogenannten Bauproduktenurteil vom 16.10.2014 [1] festgestellt, dass Deutschland gegen die EU-Bauproduktenrichtlinie verstoßen hat, weil es in drei Fällen [2] zusätzliche nationale Anforderungen an europäisch harmonisierte Bauprodukte gestellt hat, Anforderungen also, die in der europäischen Norm inhaltlich nicht gestellt werden. Harmonisierte Normen, auf deren Grundlage der Hersteller sein Produkt mit einer CE-Kennzeichnung zu versehen hat, sind aber als *vollständig* und damit als abschließende Regelungen anzusehen. Bauprodukte unterfallen nunmehr zwar der Bauproduktenverordnung, es besteht aber weitgehend Einigkeit darüber, dass das Urteil in seinen wesentlichen Aussagen auch Geltung für die Bauproduktenverordnung beansprucht.

Die deutsche Verwaltungspraxis, wonach auch an harmonisierte Bauprodukte national zusätzliche technische Anforderungen gestellt werden können, lässt sich daher nicht mehr aufrechterhalten. Solche Anforderungen sind in Bezug auf den Hochbau bislang vor allem in der Bauregelliste (BRL) B Teil 1 enthalten. Die Bundesrepublik hatte der EU-Kommission daher zugesagt, das Feststellungsurteil des EuGH bis zum 16.10.2016 in nationales Recht umzusetzen und ab diesem Zeitpunkt an harmonisierte Bauprodukte weder unmittelbar noch mittelbar zusätzliche Anforderungen zu stellen, solche Anforderungen also, für die eine europäisch harmonisierte Norm kein Prüf-, Bewertungs- oder Messverfahren vorsieht.

Die für das Bauordnungsrecht zuständigen Länder haben sich jedoch nicht mit punktuellen Korrekturen in Bezug auf harmonisierte Bauprodukte begnügt, sondern eine Neuordnung des gesamten technischen Regelwerks eingeleitet. Die dafür erforderlichen Mustervorschriften liegen nunmehr vor. Im Kern handelt es sich um eine Neufassung der Bestimmungen der (MBO) für die Verwendung von Bauprodukten sowie die *Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen* (MVV TB [3]), durch die künftig die sogenannten Bauregellisten und die *Liste der technischen Baubestimmungen* ersetzt werden sollen.

## 2 Anforderungen an Bauprodukte

Vorschriften für die zulässige Verwendung von Bauprodukten finden sich in den Bauordnungen der Länder, die über die Liste der in dem jeweiligen Land eingeführten technischen Baubestimmungen auch auf die Bauregellisten verweisen, die beim Deutschen Institut für Bautechnik geführt werden. Die Bauregellisten verweisen wiederum auf die einzuhaltenden technischen Regelwerke oftmals in Form von DIN-Normen. Erfüllt ein Produkt diese technischen Anforderungen, erklärt der Hersteller mit einer Herstellererklärung eine Übereinstimmung seines Produkts mit diesen Anforderungen und bringt das Ü-Kennzeichen auf dem Produkt auf. Weicht der Hersteller von diesen Regeln ab oder handelt es sich um ein Bauprodukt, für das es keine anerkannten Regeln gibt, sieht das Bauordnungsrecht der Länder zusätzliche Verwendbarkeitsnachweise vor. Neben der Zustimmung im Einzelfall handelt es sich dabei vor allem um allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen oder allgemein anerkannte Prüfzeugnisse, die vom Deutschen Institut für Bautechnik oder von einer zugelassenen Prüfstelle erteilt werden. Erfüllt ein Produkt die Anforderungen eines Verwendbarkeitsnachweises, erklärt der Hersteller ebenfalls die Übereinstimmung seines Produkts mit diesen Verwendbarkeitsnachweisen und bringt dementsprechend ein Ü-Kennzeichen auf.

Diese Bestimmungen gelten auch weiterhin uneingeschränkt für alle (noch) nicht harmonisierten Bauprodukte. Daher sieht die MBO insofern auch keine grundlegenden Änderungen vor. In diesen Fällen können die am Bau Beteiligten daher auch künftig von einer Zulässigkeit der Verwendung dieser Produkte ausgehen. Diese rein national geregelten Produkte sind auch leicht zu identifizieren. Sie tragen nämlich keine CE-Kennzeichnung, sondern nur ein Ü-Zeichen.

Anders sieht es hingegen mit den europäisch harmonisierten Bauprodukten aus, die durch harmonisierte europäische Normen (hEN) erfasst werden, die von der europäischen Normungsorganisation CEN erarbeitet wurden und regelmäßig vom DIN als DIN EN-Normen in das deutsche Normensystem integriert werden. Diese Normen beinhalten jedoch nicht immer alle Prüfverfahren für Bauprodukte, die die EU-Mitgliedstaaten im Hinblick auf die Feststellung der Bauwerkssicherheit benötigen [4]. Deutschland hatte daher auch für viele harmonisierte Bauprodukte ergänzende nationale Anforderungen an Bauprodukte bauordnungsrechtlich geregelt und entsprechende Nachweise gefordert, oft in Form allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen. Dieses Verfahren führte im Ergebnis dazu, dass die betreffenden Bauprodukte neben der CE-Kennzeichnung eine Ü-Kennzeichnung erhielten. Die Verwender konnten daher weiterhin sicher sein, dass auch die harmonisierten Bauprodukte prinzipiell Verwendung finden konnten.

Damit ist es nun vorbei.

Künftig tragen harmonisierte Bauprodukte grundsätzlich nur noch eine CE-Kennzeichnung. Entsprechende Verwendbarkeitsnachweise und eine ergänzende Ü-Kennzeichnung der Produkte entfallen und werden nach den Übergangsvorschriften, die die Länder bereits erlassen haben, schon jetzt durch die Bauaufsicht in der Praxis nicht mehr eingefordert, obwohl die gesetzlichen Vorschriften der meisten Länder dies noch vorsehen.

Das alles ändert allerdings nichts an der Tatsache, dass harmonisierte Normen Lücken aufweisen können. Durch die Streichung der zusätzlichen nationalen Anforderungen, vor allem in der BRL B Teil 1, werden

diese Lücken auch wirksam. Die aus Sicht des nationalen Bauordnungsrechts besonders gravierenden Lücken hat die Fachkommission Bautechnik der ständigen Bauministerkonferenz (ARGEBAU) mit Unterstützung des DIBt in einer sogenannten Prioritätenliste zusammengefasst. Sie listet ungefähr 80 harmonisierte Normen (hEN) nach der Bauproduktenverordnung (Verordnung EU Nr. 305/2011) auf, die einer vordringlichen Überarbeitung durch das Europäische Komitee für Normung CEN (Comité Européen de Normalisation) bedürfen, um sicherheitsrelevante Probleme zu vermeiden [5] oder zumindest spürbare Mängel auszubessern. Dazu gehört beispielsweise der Umstand, dass

- die Scherfestigkeit von Gipsplatten, die für die Bemessung der Zug- oder Biegefestigkeit erforderlich ist, nicht geregelt wird,
- die Norm für Mauerziegel keine Festlegungen hinsichtlich des Widerstandes gegenüber Frost und Tauwechsel enthält,
- für Betonfertigteile in Form von Hohlplatten erforderliche Kennwerte für Beton- und Spannstahl und für den Beton fehlen,
- der gesamte Bereich der Freisetzung gefährlicher Stoffe in den hEN nicht geregelt wird.

Allerdings sollte in diesem Zusammenhang auch erwähnt werden, dass rund 370 harmonisierte Normen unkritisch gesehen werden.

Unabhängig davon ist zu klären, wie man in den Problemfällen bis zur Verabschiedung vervollständigter Normen umgehen soll.

## 3 Anforderungen an Bauwerke

Ausgangspunkt entsprechender Überlegungen der Länder war die Tatsache, dass die Mitgliedsstaaten weiterhin nationale Anforderungen an die Sicherheit von baulichen Anlagen (Standicherheit, Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz) stellen können, denn für das Sicherheitsniveau von Bauwerken sind allein die Mitgliedstaaten verantwortlich [6]. Daher sollten die Anforderungen an Bauprodukte nach Möglichkeit in Bauwerksanforderungen transformiert werden.

Das ist kein Widerspruch zur Rechtsprechung des EuGH, denn das europäische Bauproduktenrecht ist kein Baurecht, sondern Wirtschaftsbeziehungsweise Wettbewerbsrecht, das im Kern einen zivilrechtlichen Ansatz verfolgt. Es geht davon aus, dass ein Bauherr oder ein Bauunternehmen die nationalen (Sicherheits-)Anforderungen an das Bauwerk kennen und daher die geeigneten Bauprodukte aus der Vielzahl der auf dem europäischen Markt angebotenen Produkte selbst auswählen sollen, mit denen sie diese Sicherheitsanforderungen erfüllen können.

Die am Bau Beteiligten können die Eigenschaften eines Produkts aber meist gar nicht bewerten oder gar ermitteln. Faktisch benötigen sie die erforderlichen Angaben und Nachweise vom jeweiligen Hersteller. Der Hersteller ist prinzipiell auch verpflichtet, Angaben auf der Grundlage der betreffenden harmonisierten Norm und der darin geregelten Prüfverfahren zu machen, sodass der Käufer alle technischen Angaben zu Bauprodukten objektiv vergleichen kann.

Dieser Ansatz gewährleistet einen breiten Wettbewerb. Denn dieses System versetzt den Kunden in die Lage, auf der Grundlage der angegebenen technischen Werte nach dem Preis oder der Wirtschaftlichkeit zu entscheiden. Er kann sich daher auch für Produkte entscheiden, die weniger leistungsfähig sind und die baulichen Anforderungen nicht ohne Weiteres erfüllen. Der Kunde kann zum Beispiel einen Dämmstoff

## BAUPRODUKTENRECHT

mit einem schlechten Lambdawert wählen, dafür aber mehr Dämmstoff einsetzen und damit auf eine andere technische Weise die gesetzlich festgelegten Energiebedarfswerte für ein Gebäude erreichen. Dieses System setzt aber voraus, dass der Hersteller tatsächlich alle erforderlichen technischen Angaben macht.

Fehlen dafür die Grundlagen in der Norm, ist die vom Hersteller abgegebene Leistungserklärung letztlich unvollständig und damit für die am Bau Beteiligten insoweit untauglich.

Da die am Bau Beteiligten in Deutschland aber weiterhin bautechnische Nachweise für die bauliche Anlage erstellen müssen, um gegenüber den Bauaufsichtsbehörden oder den Prüfsachverständigen die Einhaltung der bauaufsichtlichen Anforderungen an das Bauwerk nachweisen zu können, bedarf es einer Regelung beziehungsweise eines Regelungsmechanismus, wie die erforderlichen Leistungswerte der betreffenden Bauprodukte, die von einer hEN nicht erfasst sind, künftig bereitgestellt werden.

Hinzu kommt die zivilrechtliche Situation. Da ein Bauvertrag ein Werkvertrag ist, schuldet der Auftragnehmer den Erfolg. Dazu gehört auch die Einhaltung aller öffentlich-rechtlichen Vorschriften. Bislang konnten alle Beteiligten davon ausgehen, dass die Hersteller aufgrund der bauaufsichtlichen Anforderungen an Bauprodukte alle relevanten Leistungsangaben zuverlässig zur Verfügung stellen. Letztlich erklärte jeder Bauprodukthersteller durch die Aufbringung der Ü-Kennzeichnung nämlich, dass sein Bauprodukt zumindest die öffentlich-rechtlichen Anforderungen erfüllt, die für die bestimmungsgemäße Verwendung seines Bauprodukts bauaufsichtlich erforderlich waren. Diese Leistungen waren daher (zumindest stillschweigend) vereinbart, ohne dass der Käufer oder Besteller diese konkret fordern oder ausschreiben und ausdrücklich vereinbaren musste.

Bilden die Leistungserklärungen der Hersteller die bauaufsichtlich erforderlichen Angaben bei CE-gekennzeichneten Bauprodukten künftig aber nicht mehr mit der erforderlichen Sicherheit ab, dann können die am Bau Beteiligten, das heißt also, die Bauherren, Planer, Bauunternehmen, aber auch Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen, nicht mehr ohne Weiteres davon ausgehen, dass die Produkte für den entsprechenden Verwendungszweck technisch zur Erfüllung der Anforderungen an das Bauwerk geeignet sind, beziehungsweise dass ein entsprechender bautechnischer Nachweis geführt werden kann. Damit besteht die Gefahr einer mangelhaften Leistung, die der Bauherr nicht als vertragsgemäß abnehmen muss.

## 4 Anpassung der Musterbauordnung der Länder

Einleitend sei angemerkt, dass die MBO nur ein Muster ist, an dem sich die Landesbauordnungen ausrichten sollen. Obwohl alle Länder der MBO regelmäßig zustimmen, weichen die Landesbauordnungen in vielen Fällen davon ab. Für den Bereich der Bauprodukte enthalten die Landesbauordnungen aber weitgehend gleiche Regelungen. Allerdings ist die neue MBO bisher nur in Sachsen-Anhalt und NRW umgesetzt worden. Daher sind die Regelungen in den Ländern auf absehbare Zeit unterschiedlich. Zudem haben fast alle Länder Übergangsvorschriften mit unterschiedlichen Inhalten erlassen, sodass im Zweifel für jedes Bundesland zurzeit noch unterschiedliche Regelungen gelten. Auch die MVV TB werden in den Ländern nur verbindlich, wenn das Muster in dem jeweiligen Land für verbindlich erklärt wird.

Die aktuelle Musterbauordnung [7] integriert zunächst Vorschriften der Bauproduktenverordnung, indem sie bestimmte Begrifflichkeiten, etwa für die Definition eines Bauproduktes, übernimmt (§ 2 Abs. 10 MBO). In Bezug auf die allgemeine Anforderung an bauliche Anlagen wird auf die Grundanforderungen der Bauproduktenverordnung Bezug genommen (§ 3). Darüber hinaus sieht Paragraph 16c der MBO vor, dass die Vorschriften der Bauordnung, die nationale Anforderungen an Bauprodukte enthalten oder zulassen, nicht für Bauprodukte gelten, die die CE-Kennzeichnung aufgrund der EU-Bauproduktenverordnung tragen. In Paragraph 16c Absatz 1 der MBO ist allerdings auch geregelt, dass ein Bauprodukt, das die CE-Kennzeichnung trägt, nur verwendet werden darf, wenn die vom Hersteller erklärten Leistungen den in diesem Gesetz oder aufgrund dieses Gesetzes festgelegten Anforderungen für diese Verwendung entsprechen. Damit ist gemeint, dass auch nach den Vorschriften der Bauproduktenverordnung der Mitgliedstaat in Bezug auf technische Leistungen, die nach der harmonisierten Norm vom Hersteller angegeben werden können, bestimmte Mindest- oder Höchstwerte verlangen darf, damit das Produkt Verwendung finden kann. Insoweit lässt sich also auch im Hinblick auf harmonisierte Bauprodukte ein nationales (Mindest-)Niveau bestimmen.

Die neue MBO trennt deutlich strikter zwischen Bauarten und Bauprodukten. Eine Bauart ist gemäß Paragraph 2 Absatz 11 der MBO das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen. Eine Bauart ist also die Bautätigkeit. Auch in Bezug auf Bauarten können bauaufsichtliche Anforderungen geregelt werden, zum Beispiel durch die Anforderung eines bestimmten Ausbildungsnachweises oder durch einen bestimmten Eignungsnachweis für Schweißarbeiten. Bauarten dürfen nicht mit Bausätzen verwechselt werden. Denn Bausätze sind Bauprodukte, die aus Komponenten bestehen. Durch das Zusammenfügen der Komponenten entsteht also ein Bauprodukt. Weder das Zusammenfügen von Komponenten noch Bausätze sind also Bauarten. Auch für Bauarten kann es Anwendungsnachweise geben, zum Beispiel dann, wenn diese nicht geregelt sind. Ein besonderer Anwendbarkeitsnachweis ist die neue Bauartengenehmigung.

Die striktere Trennung von Bauarten und Bauprodukten hat auch Auswirkungen auf Anträge zur Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Denn seit dem 15.07.2017 unterscheidet das DIBt zwischen Anträgen, die nur bauproduktenbezogene Aspekte beinhalten, Anträgen, die sowohl produkt- als auch bauartbezogene Aspekte beinhalten und Anträgen, die nur bauartbezogene Aspekte beinhalten. In dem zuletzt genannten Fall wird eine Bauartengenehmigung erteilt. Sind beide Aspekte gegeben, wird nur eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt, allerdings weist Ziffer 8 der allgemeinen Bestimmungen dann auf diese Doppelfunktion des Bescheides hin, der zugleich auch eine allgemeine Bauartengenehmigung enthält.

Auf Grund des neuen Paragraphen 16c der MBO entfällt die Rechtsgrundlage für technische nationale Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte in den Bauregellisten. Im Übrigen sieht die MBO ein Verbot der Ü-Kennzeichnung bei CE-gekennzeichneten Bauprodukten vor (§ 87 Abs. 4 S. 1 MBO). Soweit eine Ü-Kennzeichnung noch auf Produkten aufgebracht ist, verliert diese mit Inkrafttreten des Gesetzes seine Gültigkeit (§ 87 Abs. 4 S. 2 MBO).

Die aktuelle MBO kennt ohnehin keine Bauregellisten mehr. Stattdessen sieht Paragraph 17 Absatz 1 der MBO vor, dass ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich ist, wenn ein (nicht harmonisiertes) Bauprodukt von einer verbindlichen Technischen Baubestimmung abweicht, und er



verweist insoweit auf Paragraph 85a Absatz 2 Nummer 3 der MBO. Paragraph 85a MBO enthält die rechtliche Grundlage für Regelungen, um die in Paragraph 3 MBO enthaltenen allgemeinen Anforderungen an bauliche Anlagen für eine Konkretisierung der technischen Baubestimmungen zu spezifizieren. Diese Konkretisierungen können gemäß Paragraph 85a Absatz 2 MBO durch Bezugnahmen auf technische Regeln und deren Fundstellen oder auf andere Weise erfolgen, und zwar auch in Bezug auf die Leistung von Bauprodukten in bestimmten baulichen Anlagen oder ihren Teilen. Paragraph 85a Absatz 5 MBO sieht deshalb vor, dass das DIBt nach Anhörung der beteiligten Kreise im Einvernehmen mit der obersten Bauaufsichtsbehörde zur Durchführung dieses Gesetzes (also der jeweiligen Landesbauordnungen) und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen die Technischen Baubestimmungen als Verwaltungsvorschrift (VV TB) bekannt macht und dass diese bekannt gemachte Verwaltungsvorschrift nun als Verwaltungsvorschrift des jeweiligen Landes gilt, soweit die oberste Bauaufsichtsbehörde keine abweichende Verwaltungsvorschrift erlässt.

Die für den Hochbau zuständigen Landesministerien könnten danach also einfach der Veröffentlichung der MVV TB durch das DIBt zustimmen, so dass mit Veröffentlichung der MVV TB diese in dem jeweiligen Land gelten. Damit wird die Geltung der MVV TB für das jeweilige Land gesetzlich durch die jeweilige Landesbauordnung festgelegt. Die Länder können aber auch, zum Beispiel in einem Ministerialblatt, Einschränkungen oder Änderungen in Bezug auf deren Geltung festlegen.

Man kann darüber diskutieren, ob ein solcher dynamischer Verweis in den Landesbauordnungen sinnvoll ist. Das Land Nordrhein-Westfalen hat jedenfalls in seiner neuen Landesbauordnung abweichende Vorschriften beschlossen [8]. Zudem hat das Bauministerium dieses Landes – trotz Umsetzung der neuen MBO – im Juni 2017 durch Erlass [9] noch eigene technische Baubestimmungen erlassen, die noch auf die Bauregelliste Bezug nehmen. Der in der MBO vorgesehene Automatismus gilt daher für NRW nicht. Ähnliches gilt auch für Sachsen-Anhalt [10]. Die Bauordnung dieses Landes bestimmt nämlich, dass *die oberste Bauaufsichtsbehörde nach Anhörung der beteiligten Kreise, insbesondere der fachlich berührten Verbände, Vereine, Kammern und Einrichtungen, durch das Deutsche Institut für Bautechnik zur Durchführung dieses Gesetzes und aufgrund dieses Gesetzes erlassene Vorschriften die Technischen Baubestimmungen als Verwaltungsvorschrift im Ministerialblatt für das Land Sachsen-Anhalt öffentlich bekannt macht*. Durch die verunglückte sprachliche Umstellung der MBO-Vorschrift ist unklar, wer die Anhörung durchführt (das Land?), und ob das Land zur Durchführung der Bauordnung von Sachsen-Anhalt Vorschriften *durch das DIBt (?)* im Ministerialblatt des Landes bekannt macht. Das DIBt dürfte jedenfalls keinen Zugriff auf das Ministerialblatt des Landes haben. Die Gesetzeslage wird durch solche Bestimmungen für den Anwender immer unverständlicher.

## 5 Die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)

Die MVV TB führt die Inhalte der bisherigen Bauregellisten und der Liste der technischen Baubestimmungen zusammen. Denn die MVV TB enthält nach ihrer Konzeption in vielen Fällen nur noch Anforderungen an Bauwerke und keine konkreten technischen Anforderungen auf der Ebene der Bauprodukte. Daher ist eine Trennung in technische Anforderungen an Gebäude und Bauprodukte in verschiedenen Regelwerken auch nicht mehr erforderlich.

Diese Konzeption wurde durch die MVV TB allerdings nicht vollständig umgesetzt. In Bezug auf rein national geregelte Bauprodukte ist dies unproblematisch. Die ersten Fassungen der MVV TB enthielten jedoch noch Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte, weshalb die EU-Kommission auch auf Grund entsprechender Stellungnahmen einiger anderer Mitgliedstaaten der MVV TB im Rahmen der Notifizierung ihre Zustimmung zunächst auch verweigert hat. Nach Anpassungen der MVV TB hat die EU Kommission ihre Bedenken zwischenzeitlich aber zurückgestellt.

Die MVV TB wird von den Gremien der Bauministerkonferenz erarbeitet und wird künftig – ebenso wie in der Vergangenheit die Bauregellisten – ständig angepasst werden. Viele Regelungen wurden aus den Bauregellisten und der Liste der technischen Baubestimmungen übernommen und dürften den Verwendern daher auch vertraut sein.

Die MVV TB enthält Anforderungen an Bauwerke, zum Beispiel in Form von Bemessungsnormen, Einbauregeln und Verwendungsregeln für Bauprodukte und Anforderungen an nicht harmonisierte Bauprodukte.

Die MVV TB gliedert sich in vier Teile,

- die technischen Baubestimmungen, die bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind (Abschnitt A),
- die technischen Baubestimmungen für Bauteile und Sonderkonstruktionen, die zusätzlich zu den in Abschnitt A ausgeführten Technischen Baubestimmungen zu beachten sind (Abschnitt B),
- die Technischen Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen, und für Bauarten, und
- Bauprodukte, die keines Verwendbarkeitsnachweises bedürfen, weil sie bauordnungsrechtlich von untergeordneter Bedeutung sind.

Dazu kommen 13 Anhänge, die unterschiedliche Aspekte behandeln und auf die die Regelungen in den oben genannten Abschnitten Bezug nehmen.

Teil A gliedert sich entsprechend den Grundanforderungen der Bauproduktenverordnung an Bauwerke in die Anforderungen für

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit (A 1),
- Brandschutz (A 2),
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz (A 3),
- Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung (A 4),
- Schallschutz (A 5) und
- Wärmeschutz (A 6).

Die einzelnen Abschnitte haben Anlagen, auf die Anforderungen für einzelne Bauwerke oder Konstruktionen sowie Produkte gegebenenfalls Bezug nehmen.

Die Bestimmungen für die Standsicherheit verweisen auf die Eurocodes als Grundlage der Tragwerksplanung, für die Beurteilung der Einwirkungen auf Bauwerke sowie für die Bemessung. Aus ihrer Anwendung ergibt sich, welche Merkmale und konkreten Leistungen die verwendeten Produkte am Bauwerk zur Erfüllung der bauwerksbezogenen Anforderungen ausweisen müssen. Die Anforderungen gliedern sich wiederum in Grundlagen, Anforderungen an bauliche Anlagen im Erd- und Grundbau, an Anlagen im Beton-, Stahlbeton und Spannbetonbau, an Anlagen im Metall- und Verbundbau, an den Holzbau, an den Mauerwerksbau und an Glaskonstruktionen und Sonderkonstruktionen.

Ein Vorteil der MVV TB liegt darin, dass nunmehr alle bautechnischen Anforderungen in einem Werk – trotz der 330 Seiten und der vielen Verweise – übersichtlich gegliedert zusammengefasst sind.

In Bezug auf harmonisierte Bauprodukte bestehen allerdings in einigen Fällen noch immer Probleme. Das gilt vor allem für die Anforderungen an den Gesundheitsschutz. So enthält fast keine harmonisierte Norm Anforderungen in Bezug auf Gesundheit und Umweltschutz. Bisher wurden daher immer die nationalen Bestimmungen des Gefahrstoffrechts herangezogen, und zwar in allen Mitgliedstaaten. Dies ist nach Meinung der EU-Kommission auf Grund der Rechtsprechung des EuGH nicht mehr möglich. In Abschnitt A 3 bestimmen die MVV TB aber, dass als Nachweis der entsprechenden allgemeinen Anforderungen der Anhang 8, nämlich die Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich des Gesundheitsschutzes (ABG), zu erfüllen sind. Diese ABG dienen der Absicherung einer bestimmten Innenraumluftqualität. Sie enthalten aber auch eine Vielzahl von konkreten Anforderungen an Bauprodukte einschließlich harmonisierter Bauprodukte, die nicht nur rechtlich, sondern auch technisch nicht unproblematisch sind.

Zudem ist die EU-Kommission derzeit mit der Ausarbeitung europäischer Anforderungen dieser Grundanforderung befasst, so dass das System schon in Kürze wieder überholt sein könnte.

Um das Zusammenspiel nationaler Regelungen und europäischer Normung zu verbessern, ermittelt die EU-Kommission auf Drängen der Mitgliedstaaten derzeit auch den Reformbedarf im Bereich des Bauproduktenrechts. Vorschläge der Mitgliedstaaten sind durchaus willkommen. Deutschland hat sich in der Vergangenheit immer durch Vieltimmigkeit ausgezeichnet, was der Gewichtung der deutschen Stimme nicht zuträglich war. Anzustreben wäre daher ein Vorschlag, der auch ein möglichst unkompliziertes europäisches Verfahren umfasst, auf dessen Grundlage der Hersteller einen erforderlichen Leistungswert zumindest vorübergehend erklären kann, den die Norm nicht regelt. Dieser Wert müsste auch von der Bauaufsicht eingefordert werden können.

## 6 „Freiwillige“ Herstellererklärungen als Lösung

Solange dies nicht geschieht, steht der Bauherr vor dem Problem, dass er bauordnungsrechtlich verpflichtet ist, die Erfüllung der Anforderungen auf Ebene der baulichen Anlage durch entsprechende Nachweise, zum Beispiel den Standsicherheitsnachweis, zu belegen. Dafür muss er auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit der verwendeten Bauprodukte, beispielsweise auf die Druckfestigkeit der verwendeten Mauersteine im konstruktiven Mauerwerksbau, zurückgreifen können.

Sind in der betreffenden harmonisierten Norm aber keine Kennwerte oder Prüfmethode für die entsprechenden Leistungen vorgesehen und liegt auch keine ergänzende ETA (Europäisch Technische Bewertung) gemäß Artikel 19 der Bauproduktenverordnung (BauPVO) vor, gibt es ein Problem. Denn der Mitgliedstaat darf hierzu künftig keine Vorgaben mehr machen und kann selbst auch keine ETA beantragen.

Die Praxis kann sich faktisch daher nur damit behelfen, dass der Bauherr oder auch das Bauunternehmen die notwendigen Angaben im Rahmen von zusätzlichen „freiwilligen“ Herstellererklärungen erhält, für deren Richtigkeit der Hersteller haftet.

Damit ist ein Wechsel zu einem stärker zivilrechtlich geprägten System verbunden. Die unteren Bauaufsichtsbehörden beziehungsweise die Prüfsachverständigen müssen dann die Plausibilität einer Herstellererklärung im Einzelfall im Rahmen der Prüfung der vorgelegten bautechnischen Nachweise bewerten. Daher sollten von dem Hersteller vorsorglich Angaben verlangt werden, die von einer unabhängigen dritten Stelle, zum Beispiel einer anerkannten Prüfstelle, geprüft worden sind, damit der Beweiswert der freiwilligen Angaben gesteigert wird.

Die MVV TB lassen solche freiwilligen Erklärungen zu, auch wenn sie von der Bauaufsicht nicht (aktiv) verlangt werden dürfen. Die Übergangserlasse der Länder [11] enthalten – zum Teil auch unterschiedliche – Hinweise für die unteren Bauaufsichtsbehörden wie solche „freiwillige Erklärungen“ zu bewerten sind und wie mit noch vorhandenen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen vorläufig umzugehen ist.

Die Länder haben festgelegt, dass vom Verwender beziehungsweise vom Bauherrn auch freiwillige Herstellerangaben herangezogen werden können, um bautechnische Nachweise führen zu können. Ausgangspunkt ist dabei die Überlegung, dass es Herstellern nicht verwehrt sein kann, zusätzlich zu einer Leistungserklärung freiwillig Angaben zu Eigenschaften ihrer Produkte zu machen, die von der harmonisierten Norm nicht erfasst sind und daher auch nicht in einer Leistungserklärung nach der BauPVO abgebildet werden können.

Das Problem besteht aber darin, dass die unteren Bauaufsichtsbehörden dann die Zuverlässigkeit dieser Herstellerangaben prüfen und bewerten müssen. Hierzu haben die Länder übergangsweise [12] Regelungen getroffen, die faktisch eine ermessensleitende Anweisung an die zuständigen Bauaufsichtsbehörden zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Herstellerangabe darstellt.

Gibt der Hersteller eine Übereinstimmungserklärung weiterhin freiwillig ab und bringt er gegebenenfalls sogar die Ü-Kennzeichnung auf, sind die Verwender prinzipiell auf der sicheren Seite. Dabei kann der Hersteller sich auch auf eine ihm bis zum 15.10.2016 erteilte allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder ein erteiltes allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) beziehen, die dieses Verfahren vorsehen. Denn diese Verwendbarkeitsnachweise sind nach wie vor gültig. In diesem Fall können sich die Beteiligten, also auch die Prüfsachverständigen, in den bautechnischen Nachweisen auch weiterhin auf diese Erklärung und Kennzeichnung beziehen.

Alles bleibt also quasi beim Alten und stellt daher für die am Bau Beteiligten ein einfaches und praktikables Vorgehen dar, das von der Bauaufsicht in der Praxis kaum in Zweifel gezogen werden kann. Das gilt aber nur, solange die Geltungsdauer der betreffenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse noch nicht abgelaufen sind, längstens also bis zum 15.10.2021.

Außerdem wirft diese Praxis derzeit rechtliche Fragen auf, weil die Regelungen der MBO davon ausgehen, dass eine solche Praxis nicht weitergeführt werden wird, obwohl entsprechende Bescheide zumindest noch bis zum 15.10.2016 mit bis fünfjähriger Geltungsdauer erteilt wurden.

Stehen Übereinstimmungserklärung und Ü-Kennzeichnung des Herstellers nicht mehr zur Verfügung, etwa weil die Geltungsdauer abge-

laufen ist, gelten andere Regeln. Die Erlasse einiger Länder, zum Beispiel Baden-Württembergs, sehen vor, dass die Bauherren auch solche abgelaufenen Nachweise in Bezug nehmen können. Denn dies ist zumindest ein Indiz dafür, dass das Produkt, wenn es weiterhin nach den entsprechenden Vorgaben produziert wird, die bauaufsichtlichen Anforderungen auch weiterhin erfüllt. In den Ländern, in denen es an einer entsprechenden Regelung fehlt, ist es den Bauaufsichtsbehörden indes nicht verwehrt, eine solche Vermutung bei der Ausübung ihres Ermessens ebenfalls anzustellen, auch wenn dies nicht ausdrücklich geregelt ist. Stehen keine abZ und/oder abP zur Verfügung, gelten für Herstellerangaben andere Kriterien, die aber extrem kompliziert und daher für die tägliche Praxis nur bedingt tauglich sind. Im Kern läuft die Bewertung dann auf eine Ermessensentscheidung der unteren Bauaufsicht heraus, die gegebenenfalls aber auch der Prüflingenieur beziehungsweise Prüfsachverständige anhand sonstiger technischer Regelwerke und objektiver Anhaltspunkte vorzunehmen hat.

## 7 Ergebnis

Im Ergebnis bleibt festzustellen, dass die erforderlichen Anpassungen der Bauordnungen von jedem Bundesland unverzüglich in Angriff genommen werden müssen, denn die MBO ist keine verbindliche Vorgabe, sondern nur eine von den Ländern gemeinsam erarbeitete Empfehlung für die jeweiligen Landesgesetzgeber. Der Prozess sollte nach den Ankündigungen der Länder eigentlich schon am 16.10.2016 abgeschlossen sein. Vermutlich wird die überwiegende Zahl der Bauordnungen der Länder aber erst im Laufe des Jahres 2018 geändert und die MVV TB daher in den Ländern auch nur verzögert eingeführt werden.

Bei der Diskussion auf europäischer Ebene handelt es sich aber nicht um eine Einbahnstraße zulasten der Mitgliedstaaten. Vielmehr gibt es seitens der Bundesrepublik Deutschland und auch anderer Mitgliedstaaten erheblichen Druck auf die Kommission, unzureichende Normen endlich zu überarbeiten und damit in der erforderlichen Weise zu verbessern.

Außerdem dürften neue Normen zunehmend kritisch geprüft werden, da Mängel national nicht mehr ausgeglichen werden können. Ebenso ist davon auszugehen, dass Verstöße gegen einen Normungsauftrag (Mandat) seitens der Mitgliedstaaten verstärkt im Rahmen von Verfahren gemäß Artikel 18 der Bauproduktenverordnung gegenüber der EU-Kommission gerügt werden. Damit droht allerdings weiterer Sand in das Getriebe der europäischen Normung zu geraten, denn die Nachbesserungen sind aufwendig. Eine Alternative wäre ein konstruktiver nationaler Beitrag zur Fortentwicklung der Bauproduktenverordnung in Form eines vereinfachten europäischen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, mit der Mängel vorübergehend ausgeglichen werden können.

## 8 Literatur und Anmerkungen

- [1] EuGH, Urteil v. 16.10.2014 – RS C 100/13
- [2] Die Entscheidung betraf: Elastomerdichtungen für Rohrleitungen (EN 681-2:2000), Dämmstoffe aus Mineralwolle (EN 13162:2008) und Tore (EN 13241-1)
- [3] [https://www.dibt.de/de/geschaeftsfelder/data/MVV\\_TB.pdf](https://www.dibt.de/de/geschaeftsfelder/data/MVV_TB.pdf)
- [4] Die seit dem 01.07.2013 geltende Bauproduktenverordnung (BauPVO) geht sogar davon aus, dass harmonisierte Normen unvollständig sein können; denn Hersteller können eine Europäische Technische Bewertung (ETA) beantragen, falls die Leistung eines Bauprodukts in Bezug auf seine Wesentlichen Merkmale nicht vollständig (!) anhand einer bestehenden harmonisierten Norm bewertet werden kann (Art. 19 Abs. 1 BauPVO)
- [5] Auf Grund der Mängel halten die Länder gravierende Bauwerkschäden für möglich, auch weil diese Produkte in der Regel eine große Verbreitung finden, sodass auch eine direkte Gefährdung der Nutzer oder der Umwelt infolge des Mangels in der Norm eintreten kann
- [6] Siehe Erwägungsgründe 3, 4, 13 und 47 zur Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates, ABl. L 88 vom 4.4.2011, S. 5 (Bauproduktenverordnung – BauPVO)
- [7] Musterbauordnung der Länder (MBO), Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016:  
<http://www.bauordnungen.de/Musterbauordnung.pdf>
- [8] Das vom Land Nordrhein-Westfalen nach dem Regierungswechsel angekündigte Moratorium für die neue Landesbauordnung betrifft nicht die Vorschriften für das Bauproduktenrecht, denn diese sind bereits im Juli 2017 in Kraft getreten
- [9] Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB), Runderlass des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr - VI A 4 – 408 vom 13. 6. 2017, Ministerialblatt (MBL. NRW.) Ausgabe 2017 Nr. 21 vom 30.6.2017 Seite 621
- [10] [https://mlv.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLV/MLV/GesetzeVWVO/Bau/Formulare\\_Bau/2016\\_Erlass\\_Vollzug\\_\\_16a\\_bis\\_25\\_\\_85a\\_BauO\\_LSA.pdf](https://mlv.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLV/MLV/GesetzeVWVO/Bau/Formulare_Bau/2016_Erlass_Vollzug__16a_bis_25__85a_BauO_LSA.pdf)
- [11] Vollzugshinweise zur Umsetzung des EuGH-Urteils vom 16.10.2014 in der Rechtssache C-100/13: <https://www.dibt.de/de/DIBt/DIBt-EuGH-Urteil.html>
- [12] Das Problem wird aber dauerhaft bestehen, also auch nach Einführung der MBO 2016 in allen Ländern

# IMPRESSUM

## HERAUSGEBER

Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik e.V.  
Dr.-Ing. Markus Wetzel, Kurfürstenstr. 129, 10785 Berlin  
E-Mail: info@bvpi.de, Internet: www.bvpi.de

ISSN 1430-9084

## REDAKTION

Redaktionsbüro Werwath, Drachenfelsstraße 39 A, 53604 Bad Honnef-Rhöndorf  
Tel.: 0 22 24/9 69 79 01, E-Mail: RedaktionsBueroWerwath@t-online.de

## TECHNISCHE KORRESPONDENTEN

**Baden-Württemberg:** Dr.-Ing. Ralf Egner, Freiburg  
**Bayern:** Dr.-Ing. Markus Staller, Gräfelfing  
**Berlin:** Prof. Frank Prietz, Berlin  
**Brandenburg:** Prof. Dr.-Ing. Gundolf Pahn, Herzberg  
**Bremen:** Dipl.-Ing. Ralf Scharmann, Bremen  
**Hamburg:** Dipl.-Ing. Horst-Ulrich Ordemann, Hamburg  
**Hessen:** Dr.-Ing. Ulrich Deutsch, Frankfurt am Main  
**Mecklenburg-Vorpommern:** Dr.-Ing. Günther Patzig, Wismar  
**Niedersachsen:** Dipl.-Ing. Wolfgang Wienecke, Braunschweig  
**Nordrhein-Westfalen:** Dr.-Ing. Wolfgang Roeser, Aachen  
**Rheinland-Pfalz:** Dipl.-Ing. Martin Hofmann, Mainz  
**Saarland:** Dipl.-Ing. Gerhard Möller, Eppelborn  
**Sachsen:** Dr.-Ing. Klaus-Jürgen Jentzsch, Dresden  
**Sachsen-Anhalt:** Dr.-Ing. Manfred Hilpert, Halle  
**Schleswig-Holstein:** Dipl.-Ing. Kai Trebes, Kiel  
**Thüringen:** Dipl.-Ing. Volkmar Frank, Zella-Mehlis  
**vpi-EBA:** Dr.-Ing. Dietmar H. Maier, Karlsruhe

## DRUCK

Vogel Druck und Medienservice, Leibnizstraße 5, 97204 Höchberg

## DTP

Satz-Studio Heimerl, Scherenbergstraße 12, 97082 Würzburg

Die meisten der in diesem Heft veröffentlichten Fachartikel sind überarbeitete Fassungen der Vorträge, die bei den Arbeitstagungen der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik gehalten worden sind.

Der Inhalt der veröffentlichten Artikel stellt die Erkenntnisse und Meinungen der Autoren und nicht die des Herausgebers dar.

„Der Prüfeningenieur“ erscheint mit zwei Ausgaben pro Jahr. Bestellungen sind an den Herausgeber zu richten.

Auflage: 5000 Exemplare



