

DER PRÜFINGENIEUR

Das Magazin der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik

- Bundesvereinigung empfiehlt prioritäre Einordnung des Datenschutzes
- Prüferingenieure fordern gründliche Revision der EU-Bauproduktenverordnung
- Das digitalisierte Bauen kann Mängel und Fehler deutlich verringern
- Professionelle Erfahrungen mit der Objektüberwachung Brandschutz
- MBO-Schnittstellen zwischen Prüfern und Planern bei Naturbrandmodellen
- Was unterscheidet den Prüferingenieur vom Brandschutz-Sachverständigen?
- Verwendung von Messergebnissen zerstörungsfreier Prüfverfahren
- Neue DAfStb-Richtlinie für definierte Betonbauqualitäten bis Ende 2019?

Schwierige Zeiten



Dipl.-Ing. Peter Otte
Vizepräsident der Bundes-
vereinigung der Prüf-
ingenieure für Bautechnik
(BVPI)

Die Enttäuschung der Angehörigen der planenden und beratenden Bauberufe war nach der jüngsten Bundestagswahl ziemlich groß: wieder kein alleiniger Ansprechpartner in Berlin, wieder kein eigenes Bundesministerium, das all jene Kompetenzen in einem einzigen Haus versammelt, die für eine vernünftige, wie aus einem Stück gegossene Entwicklungs- und Investitionspolitik für das Bauen und Wohnen und für die Verfolgung der raumordnungs- und verkehrspolitischen Ziele des Bundes zentral gebündelt werden müssten. Stattdessen diese bedenkenlose Zerstückelung aller diesbezüglichen bundespolitischen Zuständigkeiten.

Für Ingenieure und Architekten und Prüferingenieure und Prüfsachverständigen bedeutet dieses Tranchieren der Definition der vernünftigerweise als Gesamtheit anzusehenden bundespolitischen Intentionen für alle bundesbau- und wohnungspolitischen Entscheidungen eine derbe berufspolitische Desillusionierung. Denn diese Segmentierung bringt einen immensen Arbeitsaufwand mit sich, verlangt eine permanente Kraftanstrengung sondergleichen und eine erhebliche finanzielle Mehrbelastung. Es ist eben ein gewaltiger Unterschied, ob ein Verband ein Ministerium bearbeiten muss oder deren drei oder vier.

Alle am Bauen planend, beratend und ausführend Beteiligten müssen sich also auf schwierige Zeiten einstellen. Nicht nur so politisch bodenständige Charaktere wie Seehofer, CSU (fürs Bauen und Wohnen), Scheuer, CSU (für Verkehr), Altmeyer, CDU (für Energie) oder Schulze, SPD (für die Nachhaltigkeit des Bauens, für Umwelt und alternative Energien) sind im argumentativen Austausch harte Partner, die genau wissen, was sie wollen, auch ihre ministerialen Entscheidungsvorbereiter und Inhalt und Ideen entwickelnden Zuarbeiter wollen in den Chefetagen mit geradem Rückgrat bestehen können.

„Wir müssen uns vernehmlich in die öffentliche Diskussion einbringen“ hat Dr. Markus Hennecke vor einigen Monaten hier geschrieben. Und er hatte Recht, denn bisher haben wir mehr geflüstert als geredet, haben uns auf die Kraft unserer Argumente verlassen. Aber heute muss man lauter sprechen, wenn man gehört werden will.

Deshalb hat der gegenwärtige Vorstand unserer Bundesvereinigung in den zurückliegenden Jahren deren berufspolitische Schlagkraft und politische Einsatzfähigkeit mit einigen pointierten und sehr entschiedenen intendierten Stabilisierungen komplettiert. Diese vorsorglich in unsere Verbandsressourcen einmontierte materielle und personelle

Progression wird uns als Bundesvereinigung nun, im gevierteilten politischen Engagement in Berlin, sehr zustatten kommen.

Und wenn wir im September in Münster bei unserer nächsten BVPI-Mitgliederversammlung einen neuen Vorstand und einen neuen Präsidenten wählen werden (siehe auch Seite 10), dann werden wir das in der Gewissheit tun können, nicht nur über unsere unmittelbare korporative Zukunft zu befinden, sondern auch in sicherer Kenntnis von der relativen Unverwundbarkeit unserer zentralen berufsständischen Vertretung, deren Vorstand gewissenhaft für eine materiell und personell gut fundierte Plattform verbandspolitischen Handelns gesorgt hat. Mit diesem erweiterten Fundus können wir jetzt unsere Stimme deutlicher vernehmen lassen, denn zu den Leisen im Lande wollen wir nicht mehr gehören.

Das auch, weil unsere berufspolitischen Ziele, obwohl sie quasi identisch sind mit den sicherheitstechnischen, haftungsrechtlichen und privatökonomischen Bedürfnissen eines großen Teils der Bevölkerung, in heutigen Zeiten noch schwerer durchzusetzen sein werden als früher, weil sie immer deutlicher mit gewichtigen Vorstellungen der Industrie und der Bauwirtschaft kontrastieren, von den Interessen der Bundesländer ganz zu schweigen, die ja immer ihre eigenen Intentionen verfolgen.

Unserer wichtigsten Ziele manifestieren sich nach wie vor in folgenden vier Fragen:

- Wie kann die staatliche Obliegenheit der Bauaufsicht und die Überprüfung der Befolgung sicherheitsrelevanter Aspekte und Vorschriften des Bauens einem fachlich autorisierten hoheitlich beliebenen Unternehmer anvertraut werden – und nur ihm?
- Wie können sechzehnfach differierende Vorschriften bundesweit harmonisiert und abstrakt verwissenschaftlichte Normen praxisfähiger popularisiert werden?
- Wie können wir im bundesdeutschen Baurecht das bewährte Vier-Augen-Prinzip verankern?
- Wie gehen wir – Stichwort: Bauproduktenverordnung – künftig mit Bauprodukten um?

Auf diese Fragen haben wir eine Menge überzeugender Antworten entwickelt. Nun müssen wir sie ebenso überzeugend der Öffentlichkeit, den Parlamenten, den Gesetzgebern und den Normenschreibern präsentieren, und wir müssen sie dort in Norm und Gesetz verwandeln lassen. Wie gesagt: Schwierige Zeiten.

Aber unsere Antworten liegen nicht nur in unserem Interesse, das auch, sondern hauptsächlich im Interesse unserer Bevölkerung. Wenn dieses Faktum in Brüssel, Berlin und in den Bundesländern nicht bald verstanden wird, haben wir unsere Aufgabe verfehlt.

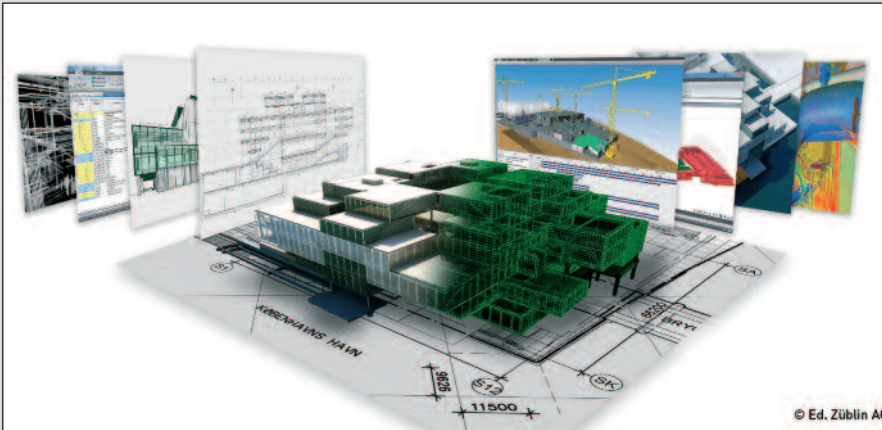


Foto: Ed. Züblin AG



Foto: Dr. Riesner und Partner, Wismar

BIM ist heute kein Kürzel mehr für irgendwas, BIM weist auf die digitale dreidimensionale Planungsmethode hin, die immer öfter angewendet wird, selbst in den kleineren und mittleren Büros der Ingenieure. Zu welchen enormen gestalterischen, organisatorischen und damit Investitionsmittel einsparenden Fähigkeiten ein fortschrittliches internationales Bauunternehmen diese Planungstechnik schon geführt hat, steht auf Seite 14

EDITORIAL

Dipl.-Ing. Peter Otte
Schwierige Zeiten

3

NACHRICHTEN

Ab Ende Mai gilt die Datenschutz-Grundverordnung der EU/Bundesvereinigung

6

empfiehlt allen Mitgliedern prioritäre Einordnung des Datenschutzes

6

Tragwerksplaner-Seminare in Halle, Friedberg und Ratingen

BVPI und vpi-EBA mahnen Konkretisierungen für die neue Verordnung eisenbahnrechtlicher Vorschriften an

7

Landesvereinigung der Prüfengeure Sachsen verlieh Günther-Grüning-Preis für besondere Projektarbeiten

7

Hans-Peter Andrä wurde 70: Das Wissen der Bauingenieure darf sich nicht auf die Anwendung statischer Berechnungsregeln beschränken

8

BÜV-Mitgliederversammlung 2018 in München:

Neuer Vorstand zieht nach zwei Jahren ein erstes Resümee

9

BÜV-Fortbildungstermine für Zertifizierte Sachkundige

Planer für die Instandhaltung von Betonbauwerken

9

Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure

vom 27. bis 29. September mit Vorstandswahlen in Münster

10

Bundesvereinigung der Prüfengeure fordert Revision der

EU-Bauproduktenverordnung /BVPI-Fortbildungstermine im Herbst

10

Thema: Realität – Modellierung – Tragwerksplanung:

22. Baustatik-Seminar der TU Dresden am 19. Oktober

11

Aufschwung der Aktivitäten des DPÜ/Neue Ziele sollen seine

Interdisziplinarität sichern und seinen Bekanntheitsgrad erhöhen

12

Vorstandswahl der Landesvereinigung Niedersachsen:

Duensing wiedergewählt, Laumann neu im Vorstand

12

Landesvereinigung Mecklenburg-Vorpommern

wählte Ralph Seehase zum neuen Vorsitzenden

13

Vorstandswahl der Landesvereinigung Sachsen-Anhalt:

Jörg-Peter Rewinkel zum neuen Vorsitzenden gewählt

13

BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

Das digitalisierte Bauen kann Mängel und Fehler deutlich verringern und die Effizienz von Planung und Bau erhöhen/Wie wird BIM in die Praxis überführt und allen Prozessen des Planens, Bauens und Betriebens nutzbar gemacht?

Dipl.-Ing. Konstantinos Kessoudis

14



AUS VIELEN ÜBERSEE-CONTAINERN, die aus statischen und brandschutztechnischen Gründen verstärkt werden mussten, besteht dieses Hostel. Die Bemessung seines Tragwerks mit ungeschützter außenliegender Stahlkonstruktion mit Naturbrandmodellen und deren Prüfung durch die Prüferingenieure für Brandschutz und Standsicherheit war eine Ingenieuraufgabe von besonderer fachlicher Delikatesse. Sie wird beschrieben auf Seite 32



Quelle: DBV

EINE NEUE BETONBAU-RICHTLINIE ist im Kommen. Sie wird vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton entwickelt und wurde nötig, weil die DIN 1045-2 nicht an die europäische Betonnorm EN 206 (2014) angepasst werden konnte. Nun entsteht ein neues Richtlinienkonzept mit „BetonBauQualitätsklassen“, die verschiedene qualitätssichernde Maßnahmen definieren. Das neue System wird vorgestellt auf Seite 68

BRANDSCHUTZ

Professionelle Erfahrungen mit der Objektüberwachung Brandschutz beim Bau der Elbphilharmonie in Hamburg/Die Aufgaben des Brandschutzsachverständigen sollten so früh und so eindeutig wie möglich definiert werden
Michael Juch

22

BRANDSCHUTZ

MBO-Schnittstellen zwischen Prüferingenieuren und Planern beim Tragfähigkeitsnachweis mit Naturbrandmodellen/Hinweise auf das Verfahren und dessen Rechtsgrundlagen und Erläuterungen der Berechnungen und deren Prüfung
Dr.-Ing. Jens Upmeyer/Prof. Dr.-Ing. Frank Riesner

32

BRANDSCHUTZ

Bauüberwachung Brandschutz: Was unterscheidet den Prüferingenieur vom Brandschutz-Sachverständigen?/Bearbeiten beide analoge Aufgaben oder ergänzen sich ihre ungleichen Leistungen sinnvoll und notwendig?
Dipl.-Phys. Monika Rosemann

41

MATERIALPRÜFUNG

Verwendung von Messergebnissen zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen in statischen Nachweisen/Statistisch abgesicherte Messgrößen beschreiben dem Prüferingenieur die tatsächlich ausgeführte Konstruktion
Prof. Dr.-Ing. Alexander Taffe, M.Sc. Stefan Küttenbaum, Dr.-Ing. Stefan Maack

46

MASSIVBAU

Kopfbolzen-Befestigungen mit Rückhängebewehrung unter Zug- oder Querlasten senkrecht zum Rand/Versuche erlauben ein wesentlich verbessertes Modell für die Optimierung des Tragverhaltens und der Bemessung
Prof. Dr.-Ing. Rolf Eligehausen, Dr.-Ing. Jörg Asmus, Dr.-Ing. Akanshu Sharma

54

BETONBAU

BBQ: Neue Richtlinie für definierte Betonbauqualitäten soll die Schwäche der bisherigen Einheitsnorm ausgleichen/Anpassung der Regelungen an die jeweilige Komplexität von Bauwerk, Planung, Baustoff und Bauausführung
Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher

68

IMPRESSUM

77

Ab Ende Mai gelten die Datenschutz-Grundverordnung der EU und das novellierte Bundesdatenschutzgesetz Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen empfiehlt allen Mitgliedern prioritäre Einordnung des Datenschutzes

Weil seit dem 25. Mai 2018 bekanntlich die europäische Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) verpflichtend anzuwenden ist, hat die Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) ihren Mitgliedsbüros "dringend angeraten", das Thema Datenschutz prioritär einzuordnen und, sofern noch nicht geschehen, ab sofort einen – internen oder externen – eigenen Datenschutzbeauftragten zu ernennen. Für Unternehmen, in denen mehr als neun Personen berufstätig mit der automatisierten Verarbeitung personenbezogener Daten befasst sind, ist die Ernennung eines solchen Beauftragten ohnehin schon obligatorisch, aber nun sollten, so die Empfehlung der BVPI, „auch in kleineren Unternehmen Datenschutzbeauftragte benannt werden, damit das Thema fachgerecht bearbeitet werden kann“.

Die DSGVO ist Teil der EU-Datenschutzreform aus dem Jahr 2015 und trat bereits am 24.05.2016 in Kraft. Nach Ablauf einer zweijährigen Übergangszeit ist sie ab dem 25. Mai 2018 verpflichtend anzuwenden. Gleichzeitig tritt eine Neufassung des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) in Kraft, das auf die DSGVO abgestimmt ist. Ziel der DSGVO ist es, die Datenschutzrechte natürlicher Personen zu stärken und den freien Verkehr personenbezogener Daten zu erleichtern. Die DSGVO und das BDSG gelten für alle Unternehmen, die in der EU ansässig sind.

Anknüpfungspunkt von DSGVO und BDSG sind die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von personenbezogenen Daten. Solche Daten liegen vor, wenn sie eindeutig einer bestimmten natürlichen Person zugeordnet sind oder diese Zuordnung zumindest mittelbar erfolgen kann. Beispiele für personenbezogene Daten sind Name, Adresse, Geburtsort, Kontoverbindungen, aber auch Augenfarbe, IP-Adresse und Kfz-Kennzeichen.

Die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten war in Deutschland schon in der Vergangenheit als Verbotstatbestand mit Erlaubnisvorbehalt ausgestaltet, das heißt, dass alle datenrelevanten Maßnahmen rechtswidrig sind, solange kein gesetzlich normierter Erlaubnisgrund vorliegt. Erlaubnisgrund ist die Einwilligungserklärung der jeweiligen Betroffenen. Die DSGVO und das neue BDSG halten an dieser grundsätzlichen Ausrichtung fest und verschärfen darüber hinaus an vielen Stellen die Voraussetzungen für rechtmäßige datenschutzrelevante Maßnahmen.

So wird beispielsweise ein sogenanntes Recht auf Vergessenwerden definiert, das heißt, ein Recht auf Löschung personenbezogener Daten. Darüber hinaus wird ein Recht auf Datenübertragbarkeit festgelegt, und die formellen und materiellen Voraussetzungen für eine rechtmäßige Einwilligungserklärung werden deutlich angehoben. Auch die Bedingungen für unternehmensinterne, datenschutzrelevante Arbeitsabläufe werden deutlich ver-

schärft. Bei einer Verletzung der DSGVO oder des BDSG drohen empfindliche Strafen.

Vor diesem Hintergrund ist dringend anzuraten, das Thema Datenschutz in allen Unternehmen prioritär einzuordnen. Sofern noch nicht geschehen, sollten alle Unternehmen bis spätestens zum 25. Mai 2018 einen Datenschutzbeauftragten ernannt haben. Für Unternehmen, in denen mehr als neun Personen mit der automatisierten Verarbeitung personenbezogener Daten befasst sind, ist die Ernennung ohnehin obligatorisch. Aber auch in kleineren Unternehmen sollten Datenschutzbeauftragte benannt werden, damit das Thema fachgerecht bearbeitet werden kann.

In größeren Unternehmen empfiehlt sich gegebenenfalls die Ernennung eines internen Mitarbeiters zum Datenschutzbeauftragten. Dabei ist allerdings zu beachten, dass der Mitarbeiter oder die Mitarbeiterin ausreichend geschult werden und ihr Wissen auf einem aktuellen Stand gehalten werden muss. In kleineren Unternehmen sollte in der Regel die Benennung eines externen Datenschutzbeauftragten die bessere Lösung sein. Auch durch die Benennung eines Datenschutzbeauftragten wird die Unternehmensleitung nicht aus der Haftung entlassen, denn der Datenschutzbeauftragte ist in erster Linie beratend tätig. Auch mit einem Datenschutzbeauftragten bleibt das Thema Datenschutz damit ein wichtiges Thema der Unternehmensführung.

RA Henning Dettmer, BVPI

Tragwerksplaner-Seminare in Halle, Friedberg und Ratingen

Am 4. September, am 13. September und am 30. Oktober werden drei traditionelle Fortbildungsveranstaltungen für Beratende Ingenieure, Prüfsachverständige und viele andere fachlich interessierte Berufsträger stattfinden, und zwar:

- am 4. September das 32. Fortbildungsseminar Tragwerksplanung in Friedberg/Hessen,
- am 13. September in Halle an der Saale

das Ingenieurforum Tragwerksplanung Sachsen-Anhalt und

- am 30. Oktober in Ratingen bei Düsseldorf das 27. Bautechnische Seminar NRW.

Organisatoren und Veranstalter sind die jeweiligen Landesvereinigungen der Prüfsachverständigen für Baustatik, die jeweils Obersten Bauaufsichtsbehörden in den für das Bauen zuständigen Landesministerien, die ansässigen

Landesverbände des Verbandes Beratender Ingenieure und die Ingenieurkammern der jeweiligen Bundesländer.

Mit ihren Foren und Seminaren greifen die jeweiligen Veranstalter aktuelle Themen der Tragwerksplanung, die Anwendung der Eurocodes im konstruktiven Ingenieurbau und aktuelle landesbaurechtliche Themen in den jeweiligen Bundesländern auf.

BVPI und vpi-EBA mahnen Konkretisierungen für die neue Verordnung eisenbahnrechtlicher Vorschriften an

Im November 2017 hat das damalige Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) seinen Referentenentwurf zur Novellierung der 13. Verordnung zum Erlass und zur Änderung eisenbahnrechtlicher Vorschriften vorgelegt. Mit dieser Verordnung soll in den kommenden Jahren ein einheitliches nationales Regelwerk für Fahrzeugzulassungen und Infrastruktur im Bereich der Eisenbahnen geschaffen werden.

Wesentlicher Inhalt des Referentenentwurfs ist die neue Eisenbahn-Inbetriebnahme- genehmigungsverordnung (EIGV), die einerseits die bisherige Transeuropäische Eisenbahn-Interoperabilitätsverordnung (TEIV) ersetzen und andererseits die bisherigen nationalen Verwaltungsvorschriften im Bereich der Bahn-Infrastruktur (insbesondere die Verwaltungsvorschrift – VVBau) ablösen soll. Grund für den Referentenentwurf ist die mögliche Einleitung eines Vertragsverletzungsverfahrens

der EU-Kommission gegen die Bundesrepublik Deutschland wegen mangelhafter beziehungsweise zu großzügiger Umsetzung der Interoperabilitätsrichtlinie 2008/57/EU. Mit dem Erlass der EIGV will das Ministerium dieser Kritik entgegentreten und verhindern, dass die EU tatsächlich ein Klageverfahren vor dem Europäischen Gerichtshof einleitet.

Die Prüfsingenieure und Sachverständigen sind aufgrund der Einbeziehung der bisherigen nationalen Verwaltungsvorschriften im Bereich der Bahn-Infrastruktur in die Verbändeanhörung einbezogen worden. Deshalb haben die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) und die Vereinigung der Sachverständigen und Prüfer für Bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau (vpi-EBA) im Zuge dieser Anhörung in einer gemeinsamen Stellungnahme zu diesem Referentenentwurf textliche Konkretisierungen gefordert und angemerkt, dass aus ihm nicht ausreichend deutlich hervorgehe, in welchem

Umfang die Vorschriften der VVBau durch die EIGV ersetzt werden und welche Vorschriften der VVBau gegebenenfalls noch weiter fortgelten sollen. Ferner haben BVPI und vpi-EBA zahlreiche konkrete inhaltliche Änderungs- und Ergänzungsvorschläge zum Referentenentwurf eingebracht. Schließlich haben beide Verbände darauf hingewiesen, dass bei der EIGV die Regelungen der in der Ausarbeitung befindlichen Sachverständigenverordnung beachtet werden müssten.

Das BMVI hat eine ganze Reihe dieser Änderungs- und Ergänzungsvorschläge aufgenommen und will sie dem Vernehmen nach in eine überarbeitete Fassung des Referentenentwurfs einarbeiten.

Die weitere Zeitplanung des zuständigen Ministeriums sieht vor, dass der Referentenentwurf noch vor der Sommerpause in den Bundesrat gehen und auf jeden Fall noch im Jahr 2018 in Kraft treten soll.

Landesvereinigung der Prüfsingenieure Sachsen verlieh Günther-Grüning-Preis für besondere Projektarbeiten

Die Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik in Sachsen hat im vergangenen Herbst wieder ihren Günther-Grüning-Preis verliehen, den sie seit dem Jahr 2000 für hervorragende Projektarbeiten des 9. Semesters oder für Diplomarbeiten gestiftet hat.

Der Namensgeber dieses Preises war nach dem Zweiten Weltkrieg als Konstrukteur und Bauleiter beim VEB Stahl- und Walzwerk Riesa unter anderem für Brücken zuständig und war 1953 zum Professor für Technische Mechanik und Festigkeitslehre für Bauingenieure an die Technische Hochschule Dresden berufen worden, wo er bis zu seinem Tode im Juni 1962 tätig gewesen ist.

Der Günther-Grüning-Preis der sächsischen Prüfsingenieure ist mit insgesamt 1.500 Euro dotiert und wurde dieses Mal zu gleichen Teilen zwei Absolventen der TU Dresden verliehen, nämlich Dipl.-Ing. Niklas F. Schietzold für seine Diplomarbeit zum Thema: „Numerische Analyse von Holzstrukturen

unter Beachtung von Unschärfe“ und Dipl.-Ing. Michael Fink für seine Diplomarbeit zum Thema „Verformung infolge zyklischer

Bodenerwärmung und -abkühlung am Beispiel eines Erdbeckens zur Wärmespeicherung“.



Foto: © André Terpe

DIE BEIDEN PREISTRÄGER des diesjährigen Günther-Grüning-Preises der Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik in Sachsen, Michael Fink (2.v.l.) und Niklas F. Schietzold (2.v.r.) nach der Überreichung ihrer Urkunden durch den Vorsitzenden der sächsischen Landesvereinigung der Prüfsingenieure, Dipl.-Ing. Andreas Forner (r.) und den Leiter des Instituts für Geotechnik der TU Dresden, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle (l.).

Talenterter Bauingenieur, erfolgreicher Unternehmer und Ehrenpräsident der Bundesvereinigung der Prüfmgenieure

Das Wissen der Bauingenieure darf sich nicht auf die Anwendung statischer Berechnungsregeln beschränken

Er schmähte den „neurotischen Deregulierungswahn“, verurteilte die Privatisierung staatlicher Bau- und Überwachungsaufgaben, plädierte resolut für die Beibehaltung des Vier-Augen-Prinzips, und er öffnete Augen und Sinne der Prüfmgenieure und deren Geldbeutel für auch ihre unabwendbare berufspolitische Aufgabe, nämlich europäisch harmonisierte Bemessungsnormen nicht von anderen der wissenschaftlichen Theorie anpassen zu lassen, sondern selber aktiv auf die Baupraxis zu beziehen. Er tat dies mit immerzu diplomatischer Vehemenz, aus tiefster innerer Überzeugung und mit jeweils einleuchtenden Argumenten, denn Hans-Peter Andrä hat seine Gedanken und Gefühle, seine Gesinnungen und seine gewonnen Gewissheiten, wo immer er gefragt wurde, geradeheraus geäußert und offene Kritik niemals unterdrückt. Das wissen alle, die ihn kennen und seiner an seinem 70. Geburtstag gedachten.

- Als Präsident (von 2005 bis 2012) und heutiger Ehrenpräsident der Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik,
- als einer der Gründungsväter der Initiative Praxisingerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB, 2011),
- als Geschäftsführender Gesellschafter (1988) oder als Vorsitzender des Aufsichtsrats (seit 2013) des Stuttgarter Ingenieurunternehmens Leonhardt, Andrä und Partner (heute: LAP-Consult),
- als Mitglied des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton,
- als Mitglied des Sachverständigenausschusses für Bewehrungselemente des Deutschen Instituts für Bautechnik,
- als Autor zahlloser fachlich wegweisender Aufsätze und Bücher

immer wurde Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä als Bauingenieur und Prüfmgenieur von allen Kollegen als hochbegabt und hochtalentiert neidlos akzeptiert.

Mit klarem Ziel und solidem Sinn für Maß und Mitte hat er als Bauingenieur und Verbandspolitiker auch schwierige Probleme oh-



Hans Peter Andrä wurde 70 Jahre alt.

ne Umweg anvisiert, hat dabei Wichtiges von Marginalem unterschieden und ist so schnurstracks auf die jeweils einfachste Lösung losmarschiert, nämlich auf jene Lösung, die dem sogenannten gesunden Menschenverstand am ehesten entsprach; das aber nicht mit Schwert und Säbel, grob und derbe, sondern mit Florett und Degen, elegant und kultiviert.

Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä, diplomierte 1972 an der TH Stuttgart, avancierte 1975 zum Regierungsbaumeister in Baden-Württemberg und promovierte, nach einem Aufenthalt an der Universität Calgary, wo er den Master of Science erwarb, 1981 an der Technischen Universität Stuttgart zum Dr.-Ing.

1977 trat er in Stuttgart in das Büro Leonhardt, Andrä und Partner ein, das 1939 von Fritz Leonhardt gegründet und von diesem und Hans-Peter Andräs Vater, Wolfhardt Andrä, geführt worden war. 1988 wurde Hans-Peter Andrä Geschäftsführender Gesellschafter, 1989 Prüfmgenieur der Fachrichtung Massivbau in Baden-Württemberg, 1995 Sachverständiger des Eisenbahn-Bundesamts, 1999 Prüfmgenieur in Berlin und 2003 Leiter der LAP-Niederlassung Berlin.

Während dieser Zeit hat sich Hans-Peter Andrä vornehmlich mit dem Entwurf von Brücken, aber auch mit Hochbauten beschäftigt. Sein besonderes Interesse galt der Forschung und

Entwicklung. Andrä erwarb 26 Patente für die Weiterentwicklung von Vorspannsystemen, Lagern und Bauteilen zum Schubverbund (Dübel- und Schubleisten). Zuletzt befasste er sich verstärkt mit der Anwendung von Kohlefaserlamellen im Bauwesen. Eine eingehende Würdigung seiner ingenieurtechnischen und ingenieurwissenschaftlichen Leistungen erschien zu seinem 60. Geburtstag in mehreren Fachzeitschriften in Deutschland.

Seitdem hat Hans-Peter Andrä die Tragwerksplanung geleitet für:

- den Neubau des Blocks 9 des Großkraftwerks Mannheim, eines Steinkohlekraftwerks mit 900 MW Bruttoleistung,
- die Grimm-Bibliothek der Humboldt Universität, der größten Freihandbibliothek Deutschlands (mit Computer- und Medienservice),
- das Stadtquartier an der Europaallee in Zürich im Anschluss an das denkmalgeschützte Gebäude der alten Sihlpost,
- das Hackesche Quartier in Berlin, das eine der letzten großen Lücken im Kern der historischen Stadtmitte schließt,
- das Kinderhaus St. Hedwig in Stuttgart Möhringen mit einer Stahlbetonflachdecke auf schräg geneigten Holzstützen.

Die Entwurfsplanung hat er u.a. übernommen für:

- die Niedernfelder Brücken in Hamburg,
- die Homeyen Brücke und die Pauli Brücke über den Stadtkanal in Brandenburg a.d. Havel,
- eine Plattenbalken-Taktschiebebrücke über ein Landschaftsschutzgebiet mit Herstellung der Brückenpfeiler vor Kopf.

Die Fußgänger-Schräggabelbrücke in Weil der Stadt lag ihm besonders am Herzen. Von intensiver Überzeugungsarbeit im Gemeinderat bis zur Entwicklung des zigarrenförmigen, auf einer Stahlkugel gelagerten Stahlpylons hat er sich direkt sehr engagiert.

Als Prüfmgenieur und EBA-Sachverständiger prüfte er die erstmals in semiintegraler Bauweise erstellten großen Talbrücken der Neubaustrecken Ebensfeld-Erfurt-Leipzig/Halle der Deutschen Bahn AG, nämlich ▶

- die Unstruttalbrücke mit einer Länge von 2668 Meter, die zweitlängste Eisenbahnbrücke Deutschlands, bestehend aus einer Kette von 580 Meter langen fugen- und lagerlosen Rahmenbrücken aus Spannbeton,
- die Ilmtalbrücke mit einer Länge von 1681 Meter,
- die Froschgrundseebrücke mit einer Bogenspannweite von 270 Meter.

Auch die Waldschlösschenbrücke in Dresden wurde von ihm geprüft.

Er war auch an der Einführung der Nachrechnungsrichtlinien und an Nachrechnungen und Beurteilungen einer großen Zahl von Brücken, insbesondere in Berlin, beteiligt. In Köln war er Prüfsachverständiger für die Berge-Baugrube des eingestürzten historischen Stadtarchivs.

Allen seinen praktischen und theoretischen ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeiten und Reflexionen ist, wie alle seine Laudatoren immer wieder geschrieben und bestätigt haben, eines immer wieder anzusehen: die vollstän-

dige geistige und fachliche Durchdringung seines jeweiligen Sujets und seiner jeweiligen Materie. Dabei hat ihm wohl seine Vorliebe für eine Beschäftigung mit philosophischen Fragen geholfen. Sie gipfelte öffentlich in einem Aufsatz über die Frage „Was ist Kraft?“, der, wie sein Kollege Josef Seiler einmal schrieb, durchaus als Hinweis darauf verstanden werden könne, dass André die Aufgabe des Bauingenieurs als Planer und Konstrukteur ernster genommen hat, als das Wissen um die Anwendung statischer Berechnungsregeln. -kw-

BÜV-Mitgliederversammlung 2018 in München: Neuer Vorstand zieht nach zwei Jahren ein erstes Resümee

Nachdem er im Oktober 2016 in Wolfsburg von der Mitgliederversammlung neu in dieses Amt gewählt worden war und sich für die unmittelbare Zukunft seines Verbandes viel vorgenommen hatte, will der Vorstand des Bau-Überwachungsvereins (BÜV) nun, nach zwei Jahren im Amt, der diesjährigen Mitgliederversammlung ein erstes Resümee vorlegen und ihr über Erreichtes Bericht erstatten.

Diese Mitgliederversammlung wird stattfinden am Donnerstag, dem 15. November 2018, in der Hochschule in München, und zwar im Vorfeld der nächsten Fortbildungs-

veranstaltung des BÜV für Sachkundige Planer für die Instandhaltung von Betonbauwerken, die tags darauf durchgeführt wird (siehe auch unten).

Den Vorstand des BÜV, dessen Mitglieder den Bauherrn als Prüfengeure und unabhängige Experten im Sinne der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit von Bauwerken beraten, bilden Dr.-Ing. Christian Stettner (München) als Vorsitzender und Dr.-Ing. Olaf Drude (Hamburg) sowie Dr.-Ing. Ulrich Scholz (München) als dessen Stellvertreter. Sie werden, nach der Abarbeitung der notwendigen Verbandsregularien, ihren Mitgliedern auch darüber berichten,

inwieweit erreicht worden ist, was zu erreichen man als Verband vor zwei Jahren sich vorgenommen hatte.

Dazu gehören die sorgfältige und qualitativ hochwertig erweiternde Bearbeitung und Vervollständigung der Kompetenzfelder der Mitglieder des BÜV im bauordnungsrechtlich nicht geregelten Bereich, die erstklassige Ausbildung und anerkannte Zertifizierung Sachkundiger Planer für die Instandsetzung von Betonbauwerken und die zielgerichtet auf Kreise potentieller Auftraggeber ausgerichtete Information über die Vorteile der baubegleitenden Beauftragung der Experten innerhalb des BÜV.

BÜV-Fortbildungstermine für Zertifizierte Sachkundige Planer für die Instandhaltung von Betonbauwerken

Der Arbeitskreis Bauwerkserhaltung, -instandsetzung und -überwachung im Bau-Überwachungsverein (BÜV) hat sein Programm für die diesjährige Fortbildung sachkundiger Planer vorgelegt und verspricht seiner Klientel hochinteressante Themen.

Zunächst empfiehlt der BÜV allen von der DPÜ-Zertifizierstelle GmbH zertifizierten Sachkundigen Planern, sich den 16. November 2018, einen Freitag, als Termin vorzumerken, denn an diesem Tag wird an der Hochschule München (Karlstraße 6, 80333 München) die nächste eintägige Fortbildungsveranstaltung

über die zu erwartende Instandhaltungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) durchgeführt, die nach wie vor noch nicht veröffentlicht worden ist.

Der ursprünglich für das Frühjahr 2018 vorgesehene Zertifizierlehrgang des BÜV für Sachkundige Planer an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW in Berlin musste der BÜV dagegen wegen einer nicht ausreichenden Anzahl teilnahmeberechtigter Bewerber stornieren.

Letztlich ist als Termin für die Austragung des nächsten Zertifizierlehrgangs Sachkundiger

Planer für die Instandhaltung von Betonbauwerken die Zeit vom 18. bis zum 23. Februar 2019 festgelegt worden.

Zum ersten Mal wird sich dieser Ausbildungsteil auf fünf Werktagen erstrecken, ehe am sechsten Tag die schriftliche und mündliche Prüfung folgen. Diese Neuerung ist dem Umstand geschuldet, dass 2019 zum ersten Mal nach dem abgestimmten Lehr- und Ausbildungsplan ausgebildet wird, der vom Ausbildungsbeirat Sachkundiger Planer des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ) erarbeitet und herausgegeben worden ist.



Foto: Timan Robmöller/Pressant Münster

DER AASEE in Münster – im Hintergrund sind die Türme der Überwasserkirche, der Dom zu Münster und die Kirche St. Martini zu sehen – wird in diesem Jahr stets im Blick der Teilnehmer der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik (BVPI) liegen.

Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure vom 27. bis 29. September mit Vorstandswahlen in Münster

In einem renommierten Hotel am Aasee in Münster wird vom 27. bis 29. September 2018 die nächste Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik (BVPI) stattfinden. Vor den beiden traditionellen Tagen der Fachvorträge und der fachlichen Diskussionen wird dort am 27. September die Mitgliederversammlung 2018 der BVPI mit Vorstandswahlen abgehalten.

Neben den üblichen verbandstechnischen Regularien und strategischen berufspolitischen Diskussionen und Entscheidungen wird in dieser Sitzung die satzungsgemäße Wahl der Mitglieder des Vorstandes auf der Tagesordnung stehen. Dabei geht es nicht nur um die Wahl vieler neuer Vorstandsmitglieder, weil etliche langjährige bisherige Mitglieder des

Vorstandes nicht mehr zur Wahl stehen, sondern auch um die Wahl des künftigen Präsidenten der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik (BVPI).

Am frühen Samstagnachmittag (29. September) wird es einen Festvortrag geben, der sich mit den Unterschieden zwischen der Intelligenz des Gehirns des Menschen und der künstlichen Intelligenz der Wissenschaft beschäftigt. Referent wird Dr. Henning Beck sein, ein Neurowissenschaftler, der „Wissenschaft aus erster Hand“ vermittelt und mit diesem besonderen Thema einen aufschlussreichen Blick hinter die Kulissen der „Arbeit“ des menschlichen Gehirns werfen will, jener „fehlerhaftesten und gleichzeitig innovativsten Struktur auf der Welt“. Dabei will Beck Erkenntnisse der Hirnforschung auf alltägliche

Themen übertragen und zeigen, wie wir die Tricks des Gehirns für ein besseres Denken nutzen können. Folgende Fragen werden dabei im Mittelpunkt stehen:

- Was haben die neuronalen Netze im Gehirn künstlichen Systemen voraus?
- Wie kann analoges Denken mit Digitalisierung kombiniert werden?
- Was macht menschliches Denken besser als Algorithmen?
- Wie bleibt das menschliche Gehirn künstlicher Intelligenz überlegen und wie können wir es optimal einsetzen?

Neben dem Fachprogramm gibt es auf dieser Arbeitstagung natürlich auch wieder ein abwechslungsreiches und anregendes Rahmenprogramm für die Begleitpersonen.

Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure hält eine gründliche Revision der EU-Bauproduktenverordnung für zwingend Im Herbst Fortbildungsveranstaltungen für Baubehörden und Mitglieder über den Umgang mit Bauprodukten

Die Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik (BVPI) hat die EU-Bauproduktenverordnung (Verordnung EU Nr. 305/2011) einer gründlichen formal-inhaltlichen und baurechtlich-systemischen

Inspektion unterzogen und im Zuge des offiziellen Überprüfungsprozesses der EU bei der Kommission in Brüssel deutliche Detailkritik angemeldet und eine vollständige Überarbeitung

dieser Verordnung gefordert. Gleichzeitig hat die BVPI vier Fortbildungsveranstaltungen zur Bauproduktenverordnung angekündigt, die im Herbst durchgeführt werden sollen. ▶

Kernpunkt der Stellungnahme, die die BVPI bei der EU-Kommission hinterlegt hat, ist die Feststellung, dass die Bauproduktenverordnung in ihrer jetzigen Form in einer unverhältnismäßig scharfen Konkurrenz zu vielen bauordnungsrechtlichen Vorschriften stehe, die es in Deutschland für die Standsicherheit und für den Brandschutz in baulichen Anlagen zu beachten gelte. Diese für die Bauwerkssicherheit wichtigen Vorschriften dürften, so fordert die BVPI, von der Bauproduktenverordnung der EU nicht überlagert oder außer Kraft gesetzt werden. Darüber hinaus, so bemängelt die BVPI, leide die Bauproduktenverordnung noch unter erheblichen inhaltlichen Mängeln, die sich beispielsweise auf die Vielzahl unvollständiger harmonisierter europäischer Normen im Bauproduktenbereich (hEN) bezögen. Im Ergebnis habe, so schreibt die BVPI, die Bauproduktenverordnung zu einer erheblichen Marktverunsicherung sowie zu einem enormen Aufklärungs- und Fortbildungsbedarf für alle Marktakteure geführt. Eine Verbesserung gegenüber der Ausgangssituation sei aus Sicht der Prüferinnen und Prüferingenieure nicht erkennbar.

Anlass und Grund für die detaillierte fachliche und rechtliche Überprüfung der Bauproduktenverordnung und für die Abgabe einer ausführlichen Stellungnahme der BVPI gegenüber der EU-Kommission war der seit Herbst 2016 in ganz EU-Europa laufende

Überprüfungsprozess, mit dem die EU-Kommission die inhaltliche Richtigkeit und europaweit durchgehende Legitimationsfähigkeit der Bauproduktenverordnung überprüfen lässt. Hintergrund dieses Verifikationsprozesses sind die anhaltende Kritik und erhebliche Umsetzungs- und Akzeptanzprobleme der Bauproduktenverordnung in den EU-Mitgliedsstaaten.

Einer der Bausteine dieses Überprüfungsprozesses war eine erneute Konsultation der Mitgliedsstaaten zur Verordnung. Hierfür wurde von Januar bis April 2018 im Internetportal der EU ein Online-Fragebogen hinterlegt, mit dem die Einschätzung und Beurteilung der Marktteilnehmer in ganz Europa abgefragt wurde. An dieser Konsultation hat sich die BVPI mit ihrer ausführlichen Stellungnahme beteiligt und deutlich gemacht, dass sie eine grundlegende Überarbeitung der Verordnung für erforderlich hält.

Die EU will die Auswertung dieser Konsultation und der Ergebnisse des gesamten Evaluationsprozesses im Herbst dieses Jahres abschließen und dann entscheiden, wie es mit der Bauproduktenverordnung weitergehen soll.

Gleichwohl hat die Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) angekündigt, dass sie im Herbst 2018 für ihre Mitglieder, deren Mitarbeiter sowie für die Mit-

arbeiter und Mitarbeiterinnen der Baubehörden Fortbildungsveranstaltungen zur Bauproduktenverordnung durchführen wird.

Ziel dieser Veranstaltungen ist es, den Teilnehmern einen Überblick über den derzeitigen Inhalt der Bauproduktenverordnung zu geben und anhand von konkreten Beispielen den richtigen Umgang mit Bauprodukten in den Bereichen Massiv-, Stahl- und Holzbau und für den Brandschutz vorzustellen.

Nach derzeitiger Planung sollen die Fortbildungsveranstaltungen an folgenden Terminen stattfinden

- 17. Oktober in Berlin,
- 6. November in Frankfurt am Main,
- 22. November in Ulm und
- 29. November in Hamburg.

Die Bundesvereinigung empfiehlt als Veranstalterin allen an diesen Terminen Interessierten, sich bereits jetzt einen der Termine freizuhalten und sich nach dem Versand der Einladungen frühzeitig anzumelden.

Weitergehende Informationen über diese Veranstaltungen folgen in Kürze, und zwar öffentlich auf der Website der BVPI unter www.bvpi.de und mitgliederintern über den regelmäßig elektronisch versandten Infobrief der BVPI.

Thema: Realität – Modellierung – Tragwerksplanung: 22. Baustatik-Seminar der TU Dresden am 19. Oktober

Unter dem Generalthema „Realität – Modellierung – Tragwerksplanung“ veranstalten die Technische Universität Dresden (Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke der Fakultät Bauingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kaliske und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Graf), die Landesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik in Sachsen (Dipl.-Ing. Andreas Forner) sowie die Ingenieurkammer Sachsen (Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke) am 19. Oktober 2018 ihr 22. Dresdner Baustatik-Seminar, und zwar in der Comödie Dresden im dortigen World Trade Center. Anmeldungen zu dieser traditionellen fachlichen Veranstaltung der Bauingenieure nimmt die Universität bis zum 15. Oktober entgegen.



Foto: TU Dresden

DAS DRESDNER BAUSTATIK-SEMINAR der TU Dresden – hier ein Foto des Veranstaltungssaals des 21. Seminars im vergangenen Jahr – gehört zum festen Terminrepertoire vieler Bauingenieure in ganz Deutschland.

Deutlicher Aufschwung zweckdienlicher Aktivitäten des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung Neue Ziele sollen seine Interdisziplinarität sichern und seinen öffentlichen Bekanntheitsgrad erhöhen

Weil in Deutschland verschiedenen Schätzungen zufolge jedes Jahr vermeidbare Bauschäden und Baumängel in Höhe von bis zu 3,5 Milliarden Euro entstehen, hat das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ) kürzlich erneut auf die baubegleitenden Dienstleistungen und Funktionen seiner sachverständigen, unabhängigen Mitglieder hingewiesen, deren Aufgabe die „schadensvermeidende Überprüfung von Planung und Ausführung“ sei, die „gezielt dem Verbraucher dient“, eine „gesamtwirtschaftliche Relevanz“ besitzt und auch „für Versicherer und Kreditgeber von Bedeutung“ ist.

Im DPÜ sind eine große Anzahl freiberuflich tätiger Sachverständiger organisiert, die im Sinne der Sicherheit und des Verbraucherschutzes von interdisziplinärer Ebene aus umfassende Leistungsangebote baubegleitend und prüfend übernehmen. Im Bereich der Baugenehmigungsverfahren ist die Fremdüberwachung zum Beispiel durch die Prüfung der Tragwerksplanung und der dazugehörigen Ausführungskontrollen ein bekanntes und bewährtes Verfahren der Prävention.

Die DPÜ-Sachverständigen wirken partnerschaftlich mit den Planern und den ausführenden zusammen und leisten einen wesent-

lichen Beitrag zur Qualitätssicherung. Das DPÜ fördert die unabhängige baubegleitende Prüfung und Überwachung auf den Gebieten der technischen und bautechnischen Sicherheit.

Die Aktivität des DPÜ hat in den vergangenen zwei Jahren einen deutlichen Aufschwung genommen. Unter der Regie seines Präsidenten, des ehemaligen Universitätspräsidenten der TU Darmstadt und vormaligen Vorstandsvorsitzenden des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und jetzigen Generaldirektors der Europäischen Weltraumorganisation ESA, Professor Johann-Dietrich Wörner, ist beim DPÜ viel in Bewegung geraten. Vor allem positiv hervorzuheben ist, dass die DPÜ-Zertifizierstelle GmbH, eine einhundertprozentige Tochter des DPÜ, vor ungefähr drei Jahren von der deutschen Akkreditierungsstelle (DAKKS) die Akkreditierung als Personenzertifizierungsstelle gemäß DIN EN ISO IEC 17024 erhalten hat. Maßgeblichen Anteil am Erreichen dieses hohen Ziels hatte, neben dem Präsidenten Wörner, Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer, der bis Anfang 2017 die DPÜ-Zertifizierstelle geleitet und diese Aufgabe im vergangenen Jahr an Prof. Dr.-Ing. Hans-Werner Nordhues weitergegeben hatte. Nordhues ist Bauingenieur und Geschäftsführer einer Ingenieurgesellschaft.

Auch auf der berufspolitischen Schiene hat das DPÜ in den vergangenen zwei Jahren etliche neue und erfolgversprechende Aktivitäten entwickelt. Mit dem Ziel, die für das DPÜ charakteristische Interdisziplinarität zu erhalten und auszubauen, sind beachtliche Kontakte zu einschlägigen Verbänden hergestellt und im Rahmen gemeinsamer Vorstandssitzungen eruiert worden, wie sich eine Zusammenarbeit in Zukunft besser gestalten lassen könnte. Dabei konnten viele übereinstimmende und überlappende Nahtstellen und diverse Fachbereiche ausgemacht werden, die im Sinne einer synergetischen Nutzung für alle Beteiligte von großem Vorteil wäre.

Ein wichtiges Zukunftsthema des DPÜ ist die Mitgliederwerbung. Hier gilt es vor allem, dem Bau-Überwachungsverein (BÜV), der als Verband Mitglied des DPÜ ist, bei der Rekrutierung neuer Mitglieder zur Seite zu stehen.

Oberste Maßgabe des Vorstandes des DPÜ wird es aber bleiben, die Marke DPÜ sowie die Interdisziplinarität seiner Mitglieder einschlägig bekanntzumachen und nach außen zu transportieren. Auf diese Weise sollen nicht nur die Fachwelt, sondern auch die breite Öffentlichkeit, die Politik und die Wirtschaft die Kapazitäten des DPÜ in puncto Fachwissen und Erfahrung seiner Mitglieder vermittelt bekommen können.

Vorstandswahl der Landesvereinigung Niedersachsen: Duensing wiedergewählt, Laumann neu im Vorstand



NEU IM VORSTAND der Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure in Niedersachsen: Prof. Dr.-Ing. Jörg Laumann (Osnabrück)

Bei der Landesversammlung der vpi Niedersachsen Ende November 2017 stand eine Neuwahl des Vorstandes an, mit der unter anderem die Weichen für eine dauerhaft solide Aufgabenverteilung gestellt werden sollten.

Es kandidierten und wurden dann einstimmig gewählt die bisherigen Vorstandsmitglieder Dipl.-Ing. Jörg Duensing (Hannover) als Vorsitzender und Dipl.-Ing. Klaus Sellmann (Garbsen), Dr.-Ing. Günter Tranel (Ol-

denburg) und Dipl.-Ing. Wolfgang Wienecke (Braunschweig). Im Rahmen der Satzung der vpi Niedersachsen, die bis zu vier stellvertretende Vorsitzende vorsieht, und in Vorbereitung auf die künftige Personalentwicklung wurde außerdem Prof. Dr.-Ing. Jörg Laumann (Osnabrück) als weiteres Mitglied in den Vorstand gewählt. Die neue Amtszeit des Vorstands begann am 1. Januar 2018.

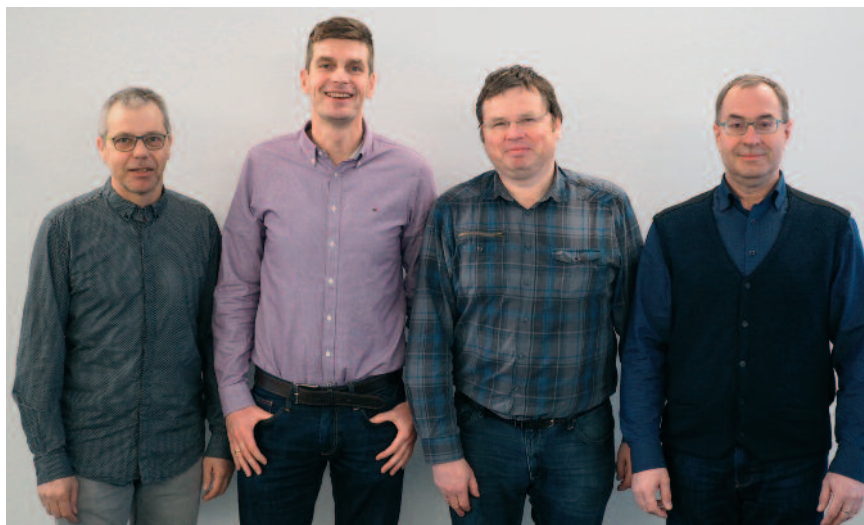
Dipl.-Ing. Wolfgang Wienecke

Landesvereinigung Mecklenburg-Vorpommern wählte Ralph Seehase zum neuen Vorsitzenden

Die Landesvereinigung der Prüfmgenieur für Baustatik in Mecklenburg-Vorpommern hat bei ihren jüngsten turnusmäßigen Vorstandswahlen den Prüfmgenieur Dipl.-Ing. Ralph Seehase (Wismar) zu ihrem neuen Vorsitzenden gewählt. Er ist seit acht Jahren Prüfmgenieur für Stahlbau und Massivbau, Schweißfachgenieur und Beschichtungsinspektor. Seehase löste Dipl.-Ing. Winfried Koldrack (Rostock) ab, der dieses Amt elf Jahre innehatte und mit großem Dank der Mitgliederversammlung verabschiedet wurde.

Als Stellvertreter Seehases wurden Prof. Dr.-Ing. Gert Geburtig (Ribnitz-Damgarten), Dipl.-Ing. Jörg Gustav (Neustrelitz) und Dipl.-Ing. Jörn Konow (Wismar) gewählt.

Winfried Koldrack hatte als scheidender Vorsitzender der Landesvereinigung Mecklenburg-Vorpommern die Mitgliederversammlung am 19. Januar 2018 in Dietrichshagen eröffnet und neben den Mitgliedern der Landesvereinigung selbst als Gäste Frau Ministerialrätin Dipl.-Ing. Ute Kühne von der Obersten Bauaufsichtsbehörde von Mecklenburg-Vorpommern begrüßt, die als Referatsleiterin Bautechnik im Ministerium für Energie, Infra-



Die Mitgliederversammlung der Landesvereinigung der Prüfmgenieure für Baustatik Mecklenburg-Vorpommern hat einen neuen Vorstand gewählt. Vorsitzender ist nun Dipl.-Ing. Ralph Seehase (2.v.l.), seine Stellvertreter sind Prof. Dr.-Ing. Gert Geburtig (r.), Dipl.-Ing. Jörg Gustav (l.) und Dipl.-Ing. Jörn Konow (2.v.r.).

struktur und Digitalisierung den Prüfmgenieuren des Landes einige fachlich wertvolle und praxisrelevante Informationen und Mitteilungen aus ihrem Geschäftsbereich im Ministerium vermitteln konnte. Denen steuernden Geschäftsführer Dipl.-Ing. Manfred Tiede-

mann und Rechtsanwalt Hennig Dettmer von der Bundesgeschäftsstelle der Landesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik (BVPI) aufschlussreiche und nützliche Details der Arbeit der BVPI auf Bundesebene bei.

Dr.-Ing. Günther Patzig

Vorstandswahl der Landesvereinigung Sachsen-Anhalt: Jörg-Peter Rewinkel zum neuen Vorsitzenden gewählt

Zum neuen Vorsitzenden der Landesvereinigung der Prüfmgenieure in Sachsen-Anhalt ist der Prüfmgenieur für Standsicherheit in den Fachrichtungen Metallbau und Massivbau, Dipl.-Ing. Jörg-Peter Rewinkel, gewählt worden. Er löst Dipl.-Ing. Ulrich Beyer ab, der dieser Vereinigung vor ihm neun Jahre lang vorgestanden hatte und ihr als Vorsitzender auch schon einmal von 1992 bis 2004 gedient hatte. Das unermüdliche Engagement Beyers und dessen Einsatzbereitschaft für die Belange der Prüfmgenieure waren dem Vorstand der Landesvereinigung Sachsen-Anhalt ein ganz besonderer Dank wert.

Rewinkel engagiert sich schon seit vielen Jahren im technischen Koordinierungsaus-

schuss der Landesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik (BVPI), und er ist nun auch im Vorstand der Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt ehrenamtlich für die Belange der Prüfmgenieure dieses Landes aktiv.

Der neue Vorstand der Landesvereinigung hat sich vorgenommen, wie sein neuer Vorsitzender nach seiner Wahl sagte, sich weiterhin „energisch für die Unabhängigkeit des Prüfmgenieurs und die hoheitliche organisierte Prüfung einzusetzen“. Gleichzeitig werde er ein Hauptaugenmerk auf die Einhaltung und Beibehaltung der hohen Qualifikationsanforderungen an die Bauwerke durch die Arbeit deutscher Prüfmgenieure richten. Hierzu sei es, nach Meinung des neuen Vorstands, unabdingbar, dass die Zusammenarbeit zwischen den Prüfmgenieuren für Standsicherheit und

den Prüfmgenieuren für Brandschutz besser organisiert wird. Die Sicherheit der Bauwerke, im Sinne des Verbraucherschutzes, müsse Vorrang vor marktpolitischen Gesichtspunkten haben. Die Berufsstandswahrung und Berufsstandstärkung im europäisierten deutschen Markt solle, so Rewinkel in einem kurzen Statement nach seiner Wahl, weiterhin priorisiert werden. Hierzu gehörten insbesondere die Einführung gezielter Maßnahmen für die Nachwuchsförderung.

Neben Rewinkel bilden den neuen Vorstand in Sachsen-Anhalt Dipl.-Ing. (FH) Marco Schmöller (Erster Stellvertretender Vorsitzender), Dipl.-Ing. Brit Bruckert (Kassenführerin), Dipl.-Ing. Thomas Beyer (Schriftführer), Prof. Dipl.-Ing. Dieter Beyer (Beisitzer) und Dipl.-Ing. Jörg Holl (Beisitzer).

Das digitalisierte Bauen kann Mängel und Fehler deutlich verringern und die Effizienz von Planung und Bau erhöhen

Wie wird BIM in die Praxis überführt und allen Prozessen des Planens, Bauens und Betreibens nutzbar gemacht?

Seit die britische Regierung vor zwei Jahren das digitalisierte Planen für öffentlich finanzierte Bauwerke zur Pflicht erhoben hat, wird in ganz Europa über die Digitalisierung des Bauens diskutiert. Weil überall die Erkenntnis dämmert, dass jeder, der sich der Digitalisierung seiner Arbeit nicht stellt, bald nicht mehr wettbewerbsfähig sein dürfte, ist jetzt die drängende Frage: Wie kann BIM schnell, reibungsfrei und komplikationslos eingeführt werden? Diese Frage hat die Strabag SE als einer der großen europäischen Technologiekonzerne für Baudienstleistungen für ihr eigenes Unternehmen mit BIM.5D[®] beantwortet. Dies ist eine Arbeitsmethode, die alle jene Planungs-, Bau- und Betreiberprozesse an alle Geometrien, Orte und Materialien eines Bauwerks digital anbinden und miteinander verknüpfen kann und per se automatisierten Berechnungen und Abfragen zugänglich macht. Diese Firmenstrategie scheint generalisierbar zu sein und dürfte deswegen von besonderem allgemeinen Interesse sein. Im folgenden Beitrag wird daher noch einmal kurz erklärt, was BIM heute nicht nur leisten und wie es zur praktischen Umsetzung reifen kann, sondern auch, wie, darüber hinaus, die BIM.5D[®]-Methodik der Strabag zum Vorteil aller am Projekt Beteiligten praktisch angewendet wird.



Dipl.-Ing. Konstantinos Kessoudis

studierte Bauingenieurwesen an der Universität Stuttgart und arbeitet seit 1993 bei der Ed. Züblin AG in Stuttgart, einer Tochtergesellschaft der Strabag SE; 2007 gründete er und leitet bis heute die dortige sogenannte 5D-Abteilung, welche die Weiterentwicklung und Umsetzung des digitalisierten Planens, Bauens und Betriebens innerhalb des Unternehmens betreibt; Kessoudis ist Vorsitzender der 5D-Initiative, die als produktunabhängige Task-Force innerhalb des Industrie-Forschungsnetzwerks European Network of Construction Companies for Research and Development (ENCORD) die Prozessdefinitionen und die Architektur von IT-Plattformen in der europäischen und internationalen Baubranche zu koordinieren sich als Aufgabe gestellt hat.

1 Einführung

Zuerst: Was ist BIM und wie verbessert BIM die Effizienz im Bauwesen?

In den 1990er Jahren wurde BIM in den USA als *Building Information Model* für die digitale Abbildung der Planung eines Bauwerks definiert. Ziel war es damals, die Planungsableitungen mit Hilfe eines zentralen 3D-Modells zu verbessern. In den folgenden Jahren entwickelte sich BIM zur digitalen Abbildung eines Bauwerks und seiner Eigenschaften in allen Phasen des Planens und Bauens. Das Ziel war es nun, mittels einer Verbesserung der Planungsprozesse auch die Bau- und Betreiberprozesse zu optimieren.

Bereits in den 1980er Jahren wurden digitale Planungsprozesse über 2D-CAD im Bauwesen allgemein eingeführt, sie sind heute Stand der Technik. Auch die Finite-Elemente-Methode in der Statik oder für Strömungssimulationen sind seit den 1990er Jahren im Bauwesen Standard und heute durchweg digital.

Was ist im Unterschied dazu nun die Digitalisierung des Bauwesens mit BIM?

BIM basiert auf der durchgehenden 3D-Darstellung der Bauwerksgeometrie. 2D Pläne werden aus dieser 3D-Darstellung in Form von Ableitungen erstellt. Unter Baufachleuten war diese 3D-Darstellung bisher nicht gebräuchlich. 3D existierte nur als Visualisierung für den Bauherrn in einem ersten Entwurf und wurde – zusätzlich zur Planung in 2D – als eher künstlerische Darstellung erstellt. Allerdings war diese Darstellung nicht mit der Planung und deren Änderungen im Verlauf der Planungs- und Bauphasen verbunden. Von der Projektskizze bis zur Ausführungsplanung beziehungsweise zur Ausführung und Übergabe des Bauwerkes an den Kunden wurde die Visualisierung des Entwurfs in der Regel nicht nachgepflegt.

Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten der damaligen digitalen Werkzeuge war eine 3D-Abbildung bis vor wenigen Jahren effizient auch nicht möglich. Die CAD-Systeme hatten (und haben zum Teil noch heute) einen Programmkern, der für die 2D-Darstellung optimiert ist und eine 3D-Konstruktion nur unvollständig und zusätzlich auf nur sehr umständlich zu realisierende Weise ermöglichte. Das hat sich mittlerweile geändert. Heute sind effiziente 3D-Darstellungen der Planung möglich, und sie sind deshalb auch gang und gäbe.

Aber das allein würde BIM noch nicht zum Motor und zur Grundlage der erweiterten Digitalisierung im Bauwesen machen. Es sind weitere Faktoren vorhanden, die BIM in Zukunft zwingend erforderlich machen:

- 3D ist eine eindeutige Darstellung der Geometrie. Es werden keine unterschiedlichen Darstellungen wie Grundriss, Schnitt oder Ansicht benötigt, um einen Körper eindeutig zu beschreiben. Im Gegenteil:

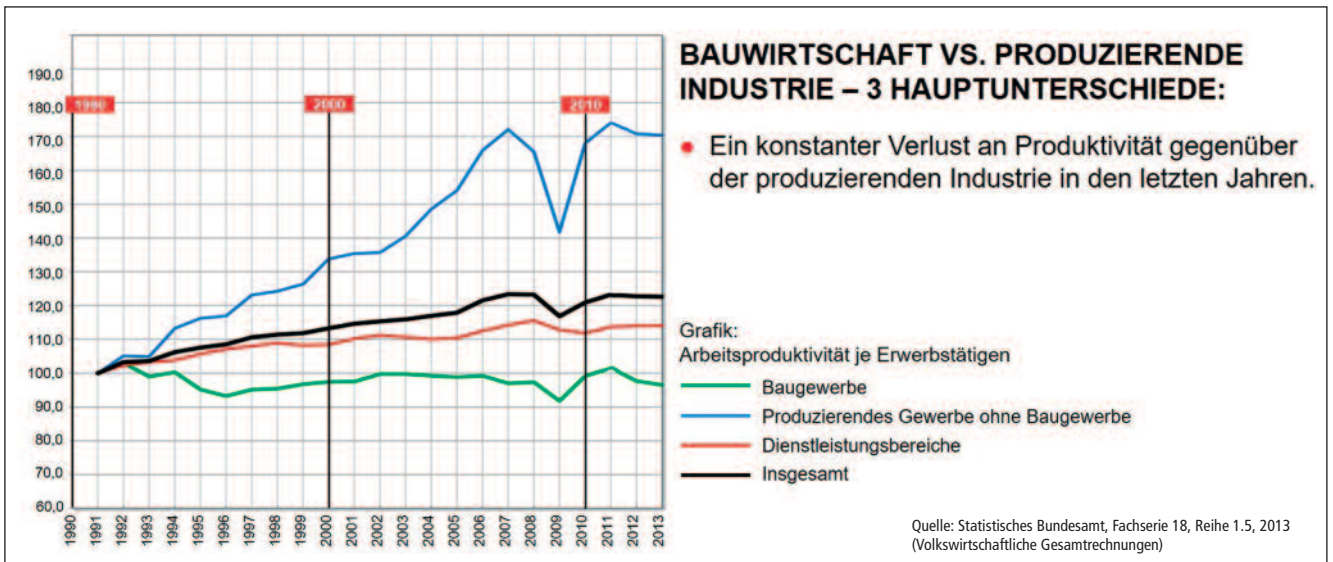


Abb. 1: Produktivitätsverlust der Bauwirtschaft im Vergleich mit der produzierenden Industrie von 1990 bis 2013

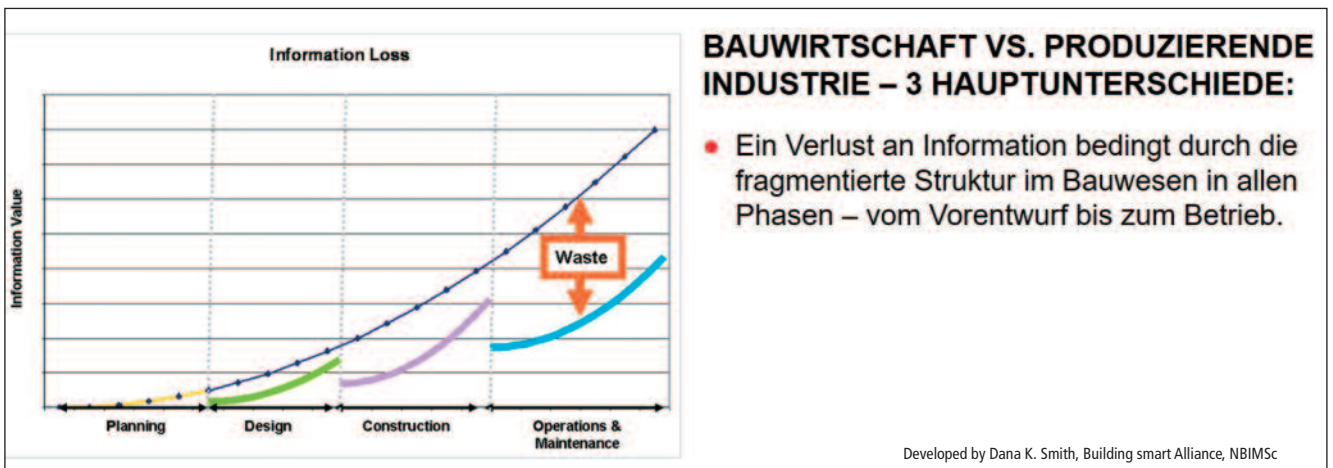


Abb. 2: Mit seiner fragmentierten Struktur zu begründender Informationsverlust des Bauwesens vom Vorentwurf bis zum Betrieb

Aus dieser eindeutigen 3D-Darstellung lassen sich die 2D-Planableitungen ihrerseits untereinander fehlerfrei ableiten. Sie können sich nicht mehr widersprechen.

- 3D ist eine Darstellung von Geometrie, die ein Computer auswerten kann – im Gegensatz zu einer 2D-Darstellung. Zum Beispiel: Welches Volumen hat eine Stütze? Diese Abfrage kann ein Computer aus einer 3D-Darstellung einfach, schnell und sicher beantworten; schneller und sicherer als es eine händische Auswertung je könnte. Die gleiche Abfrage kann ein Computer nicht automatisiert aus einer 2D-Darstellung beantworten. Es werden also automatisierte Abfragen und Auswertungen möglich.
- 3D legt auch die Lage der Bauobjekte im Raum eindeutig fest. Koordinaten im dreidimensionalen Raum können abgegriffen werden, die 3D-Objekte können auf ihre Kollision oder ihren Abstand hin untersucht werden. Auch dies ist nun automatisiert möglich, und nicht mehr, wie bisher in 2D, nur durch das menschliche Auge. Zum Beispiel: Welche Leitungsführungen kollidieren mit einer Wand? Auch hier ist ersichtlich, dass eine deutliche Effizienzsteigerung im Vergleich mit der bisherigen Arbeitsweise zu erzielen ist.

Die Bauplanung kann dadurch eindeutiger und digital auswertbar gemacht werden. Zusätzlich ist sie weniger fehleranfällig. Aber das ist erst das Fundament des weitaus größeren Effizienzhebels, der sich aus

der Anbindung des BIM-Modells an die Prozesse der Beschaffung, des eigentlichen Bauens und der digitalen Übergabe für den Betrieb ergibt. Erst durch die Anbindung einer digitalen Planung an diese Prozesse kann das Bauwesen die Effizienzschere schließen, die sich in den letzten Jahrzehnten im Vergleich mit dem produzierenden Gewerbe aufgetan hat.

Warum?

Die Konsumgüterindustrie konnte in den ersten Jahrzehnten des letzten Jahrhunderts ihre Produktivität durch den Einsatz uniformer Massenprodukte steigern, die vom Band liefen. Normierte Bauteile werden in normierten Prozessschritten zu Produkten montiert, eine Entwicklung, die das Bauwesen aufgrund seiner geometrisch und materiell immer voneinander abweichenden Produkte (Bauwerke) bisher nicht nachahmen konnte. Auch die zweite Effizienzsteigerung, nämlich die Verbesserung der Logistikprozesse und der digitalen Planung der Fabrikation (Montage), konnte analog zur Konsumgüterindustrie nicht auf das Bauwesen übertragen werden (Abb. 1 und Abb. 2), weil auch hierfür die erforderlichen Eingangswerte – zum Beispiel: wann wird welches Material wo und wann benötigt? Wie wird es verbaut? – nicht digital aus der Planung abgeleitet werden konnten. Anders als in der Konsumgüterindustrie hängen im Bauwesen die Beschaffung, die Lo-

BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

gistikplanung und die Bauausführung von der jeweiligen geometrischen und materiellen Beschreibung eines jedes einzelnen Bauwerks ab: Aus welchen Einzelbauteilen besteht ein Bauwerk? Wo wird welches Einzelbauteil eingebaut? Wann wird es benötigt?

Die Konsumgüterindustrie ist nicht – wie das Bauwesen – darauf angewiesen, solche Informationen für jedes zu produzierende Einzelstück aus einer immer anderen Planungsdarstellung abzuleiten.

An dieser Stelle ändern sich die digitalen Möglichkeiten für die Bauindustrie fundamental. Aus einer BIM-Planung – der digitalen (3D)-Abbildung des Bausolls, oder, vereinfacht, des Bauprodukts – können die für Kalkulation, Beschaffung und Logistik erforderlichen Daten computergestützt extrahiert werden; und zwar auch dann, wenn dieses Bauwerk geometrisch von allen anderen abweicht und an einem ganz anderen Standort steht.

Fügt man zu diesen 3D-Bauwerksobjekten die Zeiten (4D) und die Volumina (5D) für Lieferung, Produktion und Einbau hinzu, können, um sie vollständig verwertbar zu machen, diese Datensätze vielen anderen Arbeitsprozessen zur Verfügung gestellt werden; zum Beispiel, der Mengenermittlung für die Kalkulation, oder wenn die Daten der Waren und Produkte, die früher mit der Hand berechnet oder Stück für Stück in Leistungsverzeichnisse eingetragen werden mussten, nun digital wesentlich vielseitiger genutzt werden. Alle Mengen in Verbindung mit Einbauort und Baetermin können für eine digitale Logistikplanung genutzt werden. Diese Aufzählung ist beliebig und auf alle Bauprozesse übertragbar.

Diese Prozessanbindung hat Strabag als BIM.5D® definiert. BIM.5D® ermöglicht es, jene Planungs-, Bau- und Betreiberprozesse an die jeweils unterschiedliche Geometrie, den Ort und an die Materialien eines Bauwerks digital anzubinden, welche automatisierte Berechnungen und Abfragen möglich machen. Methodisch sind damit die Grundlagen der Digitalisierung des Bauwesens und der schrittweisen Schließung der Effizienzschere zu anderen produzierenden Industrien möglich. Die Unikate, die Bauwerke immer sind, sind jetzt digital auswertbar (die BIM.5D-Methodik wird weiter unten ausführlich besprochen).

2 Von der Theorie zur realen Umsetzung

Die Umsetzung neuer Methoden erfordert mehr als ihr theoretisches Durchdenken. Sie bedarf bestimmter Änderungen der Technologie (Werkzeuge) und des Anwendungswissens (Know-how). Dadurch werden aber auch bisher bewährte Arbeitsprozesse, Arbeitsteilungen und daraus resultierende Vertragsformen verändert oder müssen verändert werden, um Effizienzsteigerungen durch Digitalisierung zu ermöglichen.

Wenn die Digitalisierung in der Konsumgüterindustrie zur Reduktion der Produktstückkosten und der Planungszeiten für die Produkte geführt hat, wird sich diese Entwicklung auch im Bauwesen ergeben. Das Bauprodukt, also das Bauwerk, wird letztlich schneller gebaut werden, unter Reduktion überflüssiger Arbeiten und Steigerung der Qualität.

Es ist klar: ein Weiter so im Bauwesen wird es nicht geben, denn mittlerweile existieren erste Produkte der Softwareindustrie, die die Umsetzung von BIM unterstützen. Des Weiteren sind öffentliche und private Auftraggeber in Europa zunehmend von der Möglichkeit der Umsetzung und des volkswirtschaftlichen Nutzens von BIM überzeugt.

In einigen europäischen Ländern wurde die erste Nutzung von BIM für öffentlich finanzierte Bauwerke schon vor 2016 gefordert. Allerdings hat erst die verbindliche Einführung von BIM Level 2 in Großbritannien zum 01.01.2016 in ganz Europa eine heftige Diskussion über dieses Thema verursacht. Seit diesem Datum ist für öffentlich finanzierte Bauwerke in Großbritannien eine Planung auf Basis von 3D-Modellen und deren Austausch unter den Planern und anderen Beteiligten als Ergebnis der jeweiligen Fachplanung zwingend vorgeschrieben. Mit diesem ersten Baustein legte Großbritannien bewusst die Basis für einen Systemwandel im Bauwesen. Die Anbindung an die jeweiligen Prozesse wird den Projektbeteiligten freigestellt. Aber es ist offensichtlich: gibt es einmal ein 3D-Modell, das die Grundlage der Planung ist, ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich daraus auch Prozessanbindungen ergeben.

Will man einen systemischen Wechsel herbeiführen, wird man zuerst die technologischen Grundlagen legen und den Beteiligten die Zeit geben müssen, diese nachzuvollziehen, um daraus weitere Entwicklungen abzuleiten. Die Entwicklung wird also schrittweise erfolgen, um letztlich das Ziel der Effizienzsteigerung im Bauwesen zu erreichen. Großbritannien verspricht sich, je nach Quelle, bis zu 30 Prozent geringere Kosten in der Planung und Erstellung von Gebäuden. Eine durch BIM mögliche Simulation von Betriebskosten und die sich daraus ergebenden Optimierungspotentiale durch bessere Auslegung der Bauwerke für deren Nutzung ist dabei noch nicht eingerechnet. Aber – diese Hebung der Potentiale wird sich schrittweise ergeben und von erforderlichen Vorarbeiten und Veränderungen begleitet werden.

Es ist festzuhalten: BIM ist seit der Einführung des Level 2 in Großbritannien in Europa das Hauptthema in der Bauindustrie. Deutschland folgt dem Beispiel aus Großbritannien mit der Agenda 2020 des seinerzeitigen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), nach der Vergleichbares in Deutschland ab 2020 eingeführt werden soll. Andere Länder Europas folgen diesem Weg, letztlich wird es in allen Ländern früher oder später eingeführt werden – auch mit EU-weiten Verordnungen.

3 Hausaufgaben: Wie kann man BIM oder die Digitalisierung verwirklichen?

Die Digitalisierung des Bausektors erfordert die Schaffung neuer technischer und organisatorischer Grundlagen, die den Einzelnen genauso wie das Unternehmen, die Sektoren sowie die gesamte Industrie betreffen. Damit BIM überhaupt eingeführt werden kann, muss man anerkennen und ein tiefes Verständnis dafür entwickeln, dass BIM eine prinzipielle Änderung der Arbeitsweisen bedeuten wird – und diese grundlegende Änderung als Chance und Herausforderung sehen. Eine „Vogel-Strauß-Taktik“ wird aus den bereits angeführten Argumenten nicht funktionieren, denn BIM wird nicht einfach vergehen, sondern unser aller Engagement und Anstrengung verlangen. Anders formuliert: Diejenigen, die sich dieser Herausforderung nicht stellen, werden über kurz oder lang nicht mehr kompetitiv sein können.

Bei der Digitalisierung des Bauwesens muss man sich zwei Herausforderungen gleichzeitig stellen: der Digitalisierung des einzelnen Bauprojektes und der Digitalisierung der an der Wertschöpfungskette (Planen – Bauen – Betreiben) beteiligten Unternehmen, unabhängig von deren Größe.

Will man ein Bauprojekt durchgängig digital planen, bauen und betreiben, so hindert dabei das bisherige sequenzielle Beauftragen der Projektbeteiligten an der Durchführung einer digitalen Durchgängigkeit. Nacheinander werden die einzelnen Planungs- und Baufirmen beauftragt. Der Informationstransport erfolgt über den Austausch von Baubeschreibungen, Plänen und Listen. Diese werden zwar vom einzelnen Ersteller und Sender fast immer mit einem Computer erstellt, aber das weitergegebene Ergebnis kann von dem beim Empfänger eingesetzten Computerprogramm nicht digital ausgewertet werden. Deshalb sind hier allgemeine, normierte Datenaustauschformate hilfreich, die zumindest die Lesbarkeit der Daten sicherstellen können. Aber es wird gerne vergessen, dass es mindestens genauso wichtig ist, die nun lesbaren Daten auch mit einer einvernehmlich gefundenen, gemeinsamen Interpretation der Inhalte der jeweiligen Begriffe zu verwenden und, darauf aufbauend, auch eine gemeinsame Vorstellung und ein gemeinsames Verständnis davon zu haben, wann welche Datensätze zu welchem Zweck ausgetauscht werden. Man mag sich wundern, aber besonders die letzten beiden Prämissen für einen reibungslosen Datenaustausch sind bis heute in den einzelnen relevanten Programmen nicht so erfüllt, dass sie ohne Weiteres allgemeingültig eingesetzt werden können.

In einem BIM-Bauprojekt müssen vor dem Austausch von elektronisch organisierten Daten aber genau diese semantischen und inhaltlich-chronologischen Übereinkünfte geregelt werden. Da dieser Datenaustausch bisher weder genormt, noch allen am Planen, Bauen und Betreiben bisher Beteiligten geläufig ist, was und wie man solche Festlegungen im Projekt trifft, entsteht zumindest in der Übergangsphase ein neuer Beruf – der BIM-Manager.

Der BIM-Manager trifft in einem Projekt von Anfang an Festlegungen, wie das Projekt digital abgewickelt werden soll. Dabei muss er die Ziele formulieren, die mit der digitalen Bearbeitung des Projektes erreicht werden sollen, und deren Umsetzung durchsetzen – orientiert an den Möglichkeiten der Projektbeteiligten und der eingesetzten Software. Er bestimmt, welche Informationen wie benannt, wann sie erstellt und wie sie ausgetauscht werden. Des Weiteren gibt er vor, welche Informationstiefe zu welcher Phase des Projektes erforderlich ist.

Auf der anderen Seite sind alle Beteiligten im Bauwesen aufgefordert, die durch die Digitalisierung entstehenden Chancen zur Effizienzsteigerung der Prozesse im eigenen Unternehmen zu nutzen, um diese in ein BIM-Projekt einzubringen. Es reicht nicht aus, sich erst mit dem Thema BIM und Digitalisierung als beteiligtes Unternehmen zu beschäftigen, wenn der BIM-Manager in einem Projekt Forderungen stellt. Dies ist zu kurzfristig, um dann im eigenen Unternehmen effizient digitale Prozessabläufe zu organisieren und durchzuführen. Über kurz oder lang werden also BIM-Fähigkeiten und digitale Prozessketten ein Wettbewerbskriterium sein. Die größte Motivation für die Unternehmen sollte aber sein: Wie kann im eigenen Unternehmen mit BIM eine Effizienzsteigerung erreicht werden, ohne dass es eines Einflusses von außen bedarf?

Daraus ergibt sich dann die Frage, was man tun könnte, um das eigene Unternehmen auf diese Umstellung vorzubereiten? Die Grundlagen sind immer die gleichen: Welche Datensätze werden von jedem Prozessschritt im eigenen Unternehmen an welcher Stelle erzeugt? Wie werden diese Datensätze an den nächsten Prozessschritt so weitergegeben, dass sie dort direkt eingelesen (und verstanden) werden können? Und zwar zum jeweils richtigen Zeitpunkt? Der Unterschied dieser unternehmensbezogenen Verfahrensweise zu einem externen Pro-

jekt ist: Im Unternehmen hat man die Randbedingungen selbst in der Hand, nämlich: welche Software man verwendet und wie die Prozessschritte aufeinander abgestimmt werden. Allerdings, von der Hausaufgabe, diese Prozesse selbst zu analysieren und das Verständnis für die digitale Arbeitsweise im eigenen Unternehmen selbst zu definieren und herzustellen, wird kein Unternehmen befreit. Aber diese neuen, durchgängig digital unterstützten Prozesse mit neuem, digitalem Verständnis zu formulieren und mit einer Software auch umzusetzen, das ist die Herausforderung, der man sich stellen muss.

Mehr noch: Diese Aufgabe ist wichtig, damit sich jedes einzelne Unternehmen mit digitalen Prozessschritten in ein digitales Bauprojekt einbringen kann.

Wenn man sich vor Augen hält, wie kleinteilig und heterogen der Bau-sektor zusammengesetzt ist, dann liegt es, weil jedes Bauprojekt jeweils in anderer Konstellation geplant, gebaut und betrieben wird, auf der Hand, dass diese Grundlage der Digitalisierung sehr stark von zentraler Seite unterstützt werden muss. Hier sind neue Baunormen wichtig, aber vor allem sind die Verbände gefordert, eine allgemeine geltende digitale Grundlage zu definieren.

Konkreter: Welche Normen könnten damit gemeint sein? Zum Beispiel auf Seiten des Planers: Was ist die digitale Rolle des Planers? Welche Datensätze stellt er zur Verfügung? Welche erwartet er? Wie ist seine digitale Rolle intensiver Zusammenarbeit definiert, und zwar mit der Maßgabe, gemeinsam mit allen anderen Beteiligten arbeits- und informationsteilig eine digitale Abbildung des Bauproduktes und der digitalen Herstellungs- und Betreiberprozesse zu erreichen?

Oder: Wie sind Bauprodukte digital so zu definieren, dass sie sich je Produktgruppe einen gleichen digitalen Stamm teilen, mit dem herstellerunabhängig geplant und ausgeschrieben werden kann, um dann, nach der Vergabe, diese Datensätze mit der gewählten Lösung zu spezifizieren?

Oder am Beispiel des Bauunternehmens: Wie wollen Bauunternehmen, die bisherigen Bauprodukthersteller, ihrer Rolle im digitalen Zeitalter gerecht werden und dem Bauherrn frühzeitig ein digitales Abbild seines Produktes und die digital unterstützte Fertigung und Logistik über die Subunternehmerkette gewährleisten?

4 Wie ist der Stand bei BIM? Was geht? Und was geht nicht?

Der Anspruch von BIM und der Digitalisierung im Bauwesen allgemein ist die Abbildung eines digitalen Zwillinges, der sowohl das Bauprodukt als auch seine Herstellung und seinen Betrieb abbildet, bevor die einzelnen Prozesse real ausgeführt werden. An diesem digitalen Zwilling kann man die Funktion des Gebäudes sowie seine Errichtungs- und Betriebsprozesse vorweg simulieren beziehungsweise optimieren. Außerdem werden Synergieeffekte der Beschaffungs- und Logistikprozesse über viele Projekte hinweg möglich. Digitale Zwillinge eines Bauwerks können zudem als Teil ganzer Städte und Infrastrukturen bereitgestellt werden.

Dies könnte das Ziel einer vollständigen Digitalisierung sein, aber derzeit steht man noch am Anfang. Trotzdem lohnt sich die Digitalisierung mit dem, was möglich ist, bereits jetzt, sofern man – siehe oben – seine dafür erforderlichen Hausaufgaben erledigt hat.

BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

Beherrscht ein Planer die Fähigkeit, sein Gewerk komplett in 3D zu planen, um daraus seine 2D-Pläne abzuleiten, dann wird er seinen Aufwand für die Aktualisierung der unterschiedlichen Planansichten in 2D wesentlich reduzieren können. Des Weiteren können Widersprüche oder Unklarheiten in der Geometrie oder in den Materialangaben in den einzelnen Darstellungen komplett vermieden werden. Dazu muss der Planer aber seine internen Abläufe zur Planerstellung und Planprüfung umgestellt haben.

Dafür muss er zunächst ein 3D-Modell erstellen, das, anders als jeder 2D-Plan, einzeln von einem Mitarbeiter oder sequenziell in einem Plan nacheinander von mehreren Mitarbeitern parallel erstellt wird. Der Zugriff auf und die Zuständigkeit für dieses Modell müssen klar geregelt sein und das Miteinander einverständlich gelebt werden. Die Planableitung, die Bezeichnung der 3D-Objekte, die Materialien und die Darstellungstiefen je Planungsphase müssen vorab definiert sein, um später effizient ablaufen zu können. Die Software muss den Anforderungen entsprechend ausgewählt werden, und die Mitarbeiter müssen auf die Anwendung der Software und der neuen Arbeitsabläufe trainiert sein. Damit sollte das Planungsbüro aufgrund der Digitalisierung seine Planungsaufgabe effizienter erledigen können, woraus sich eine Steigerung der Qualität ergibt.

Das Planungsbüro stellt somit Anwendungen zur Verfügung, die der BIM-Manager in der digitalen Projektabwicklung einbauen kann. Er definiert, unter welchen Randbedingungen das Planungsbüro digitale Ergebnisse liefern kann.

Die digitale Planung eines Gewerkes ist somit gegeben, um auch die nächste Stufe zu ermöglichen, die digitale Abstimmung von unterschiedlichen Gewerken. Allerdings müssen auch hier alle beteiligten Planer mit BIM arbeiten.

Die einfachste Form der digitalen Abstimmung ist das Übereinanderblenden von 3D-Teilmodellen der Planer zu einem 3D-Gesamtplanungsmodell. Der BIM-Manager wird an dieser Stelle regeln, welcher Planer wann welche Abschnitte mit welchem Informationssystem- und Detaillierungsgrad wie bereitstellt. Einmal vereinbart, können diese Teilmodelle zu einem Gesamtsystem vereinigt werden, um nun automatisiert auf Inkonsistenzen überprüft zu werden. Kollisionen, zu geringe (oder zu große) Abstände, fehlende Materialbezeichnungen und so weiter können schnell und umfassend gefunden werden, um sie vor der Bauausführung korrigieren zu können. Viele Kollisionen konnten auf dem traditionellen Weg anhand von 2D-Plänen auch schon gefunden, korrigiert und neu durchgesehen werden, allerdings kann solch ein Prozess mit Computeralgorithmen schneller und präziser erledigt werden. Zum Beispiel können nach diesem Prozedere 40.000 abzustimmende Punkte bei einem 100-Millionen-Euro-Bauprojekt innerhalb von 15 Minuten gefunden werden, wenn die dafür notwendigen Abstimmungen getroffen worden sind.

Ein Planungskonsortium, das geübt ist in BIM und frühzeitig die Zusammenarbeit begonnen hat, erzeugt nicht in der Überprüfungsphase 40.000 abzustimmende Punkte, sondern vermeidet diese schon bei der Erstellung der Planung. Allerdings gilt auch hier: Wird die Zusammenarbeit erst mit dem Planungsstart begründet, werden die Chancen zur Durchführung im Projekt geringer, dann wird man die Kollisionen nachträglich finden und beheben müssen. Ist eine Zusammenarbeit also über die Grenzen eines Planungsbüros vorab abgestimmt und teilt man die gleichen Arbeitsweisen und Methoden in den Büros, so vermeidet man Kollisionen.

Eine digitale Planung ist derzeit schon möglich, auch wenn sie ein hohes Maß an Organisation und Koordination bedarf. Die meisten Planungsbüros planen noch in 2D, aber zunehmend steigen sie auf eine 3D-Planung um und definieren 3D-Planungsprozesse. Auch die Softwareunternehmen müssen noch an der Möglichkeit von standortübergreifender Erstellung von 3D-Modellen weiterarbeiten, um diese komfortabler und sicherer zu machen – aber sie ist erreichbar.

Findet eine Abstimmung der Planer bereits frühzeitig mit dem Bauunternehmen statt, so kann die Planung die vorgesehene Bauart (zum Beispiel: Fertigteile/Teilfertigteile/Ortbeton) berücksichtigen, ebenso wie die Einteilung der Bauakte, die Festlegung der erforderlichen Bauhilfsmaßnahmen und logistischen Flächen, Straßen und Zugänge. Durch diese Abstimmung kann auch das Planungsmodell an Kalkulations-, Terminplanungs-, Beschaffungs- und Logistikprozesse gekoppelt werden. Die Planung wird zusätzlich zur Eindeutigkeit und Fehlerfreiheit für den gewählten Herstellungsprozess bau- und auswertbar.

Der Herstellungs- und Logistikprozess wird anschaulich sichtbar, indem die zu bauenden Objekte und Arbeitsschritte visuell dargestellt werden. Ändert sich die Zuordnung zum Termin im Terminplan, ändern sich auch die Darstellungen im 3D-Modell und in der Logistikauswertung.

Auch hier gilt das bisher Gesagte: Eine Baufirma, die sich erst zu Beginn der Kalkulation Gedanken darüber macht, wann und wie sie welche Mengendaten braucht, um sie in welcher Leistungsverzeichnisstruktur zu kalkulieren, hat keine Chance, diesen Prozess digital effizienter zu gestalten, sie muss die Mengen per Hand aus den 2D-Plänen ermitteln, per Hand in ein getipptes Leistungsverzeichnis schreiben und dort die Positionen kalkulieren.

Ist das Bauunternehmen jedoch schon so aufgestellt, dass es seine internen Arbeitsprozesse digital durchdacht und abgebildet und die erforderlichen Definitionen getroffen hat, welche Attribute aus welchen Objekten abgeleitet und berechnet werden, kann ein Computer die digitale Planung daraufhin auswerten. Die erforderlichen Mengendaten werden berechnet und in dem vordefinierten Leistungsverzeichnis für die Kalkulation bereitgestellt. Die Baufirma kann auf dieser Grundlage den Planern mitteilen, welche Datensätze dafür erforderlich werden, kann Subunternehmen einbinden und weitere Prozesse digitalisieren wie Logistikplanungen, Leistungsmeldungen und Rechnungslegungen.

Werden die Daten während der Bauzeit nachgepflegt, sowohl geometrisch wie auch in den Beschreibungen der einzelnen Bauteile, entsteht eine digitale Abbildung des Gebauten – und nicht nur des Geplanten! Diese Datensätze helfen dem Betreiber des Bauwerkes, alle erforderlichen Informationen für den Betrieb des Gebäudes in strukturierter und verständlicher Form, den Bauobjekten zugeordnet, zu finden. Beispiel: Alle Türen, die bereits im Planungsprozess digital geplant, bemustert und bestellt worden sind, werden um Einbauprotokolle und Lieferantendaten ergänzt. Alle Eigenschaften, wie Lieferant, einzelne Komponenten, Betriebs- und Wartungsdokumente, sind der 3D-Abbildung zugeordnet. So lassen sich die erforderlichen Datensätze geometrisch lokalisieren und an der jeweiligen Tür, oder auch übergeordnet, abfragen: Wo sind alle Türen mit Brandschutzfunktion? – Eine Abfrage, die mit einem geordneten und gepflegten Datensatz auf einfache Weise gelingt.

Effizient ist eine solche Erfassung der für den Betrieb erforderlichen Daten erst, wenn die zu erfassenden Daten bereits zur Planung fest-

stehen und auf die für den Betrieb relevanten Informationen eingegrenzt werden. Dadurch sind die während der Bauzeit zu füllenden Datenfelder bekannt und werden dann sukzessive während der Ausführung ausgefüllt.

5 BIM.5D®: Umsetzung einer Strategie bei Strabag

Die Vision der digitalen Baustelle verfolgt Strabag bereits seit Ende der 1990er Jahre. Das Potenzial von BIM und die Notwendigkeit, dieses Potenzial mit allen Baubeteiligten zu realisieren, wurde früh erkannt. Seit 2006 beschäftigt sich die Abteilung BIM.5D® innerhalb der Zentralen Technik mit der Anwendung und Umsetzung von BIM.5D® innerhalb des Konzerns. Mittlerweile erstellen rund 55 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den Standorten Stuttgart, Duisburg und Wien Vorlagen und Anwendungsrichtlinien für die Anwendung von BIM.5D® durch operative Einheiten des Strabag-Konzerns, unterstützen BIM-Ausführungsprojekte weltweit, stellen BIM-Manager für Projekte und führen BIM-Schulungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch. Im Laufe der Jahre wurde BIM im Unternehmen unter der Bezeichnung BIM.5D® weiterentwickelt und wird mittlerweile in vielen Projekten angewendet; es ist Grundlage für die Digitalisierung der Unternehmensprozesse. (Abb. 3). Strabag leistet auch einen Beitrag für die allgemeine Definition von BIM durch Mitarbeit in den nationalen Gremien und Initiativen in Europa mit Schwerpunkten in Deutschland und Österreich.

Konkret bedeutet dies, dass von 2011 bis 2017 aus der Erfahrung mit über 650 ausgeführten Projekten die Basis geschaffen wurde, um eine fundierte Entwicklung des Unternehmens aufzusetzen. Die Abstimmung von Dateninhalten und Arbeitsweisen ist die Grundlage für die schrittweise Digitalisierung der Unternehmensprozesse. Sie ist die Basis, auf der die digitalen Arbeitsmittel ausgewählt sowie Vorlagen mit Inhalten und Anwendungswissen erarbeitet werden. Diese wiederum ermöglichen es zum einen, schnell und sicher zu arbeiten, sorgen aber

andererseits auch dafür, dass arbeitsteilig über Standorte und Unternehmenseinheiten hinweg gearbeitet werden kann. Über 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind in internen Schulungen, zugeschnitten auf ihren Arbeitsplatz, in der Anwendung dieser Arbeitsmittel und den Strabag-Vorlagen geschult worden. Diese Arbeitsmittel und Methoden werden kontinuierlich ausgebaut. Sie digitalisieren schrittweise die internen Unternehmensprozesse und werden gleichzeitig in BIM-Projekten angewandt.

Um den zunehmenden Bedarf an qualifizierten BIM-Managern zu erfüllen, hat Strabag die bestehende Ausbildung im Bereich BIM.5D® erweitert. Ab 2018 werden nun zusätzlich länder- und organisationsübergreifend BIM-Manager ausgebildet. Damit wird die Lücke geschlossen, die sich aus dem noch fehlenden Ausbildungsprogramm der Universitäten für dieses Berufsbild gebildet hat und Strabag kann Kunden proaktiv in BIM-Projekten beraten.

Parallel wird die IT-Infrastruktur bei Strabag zukunftssicher gestaltet. Mit der Definition und Einrichtung von BIM-Arbeitsräumen, die sowohl in einzelnen Standorten als auch an den Baustellen eingerichtet werden, können Arbeitsräume für gemeinsames Arbeiten und für die standortübergreifende Kommunikation bereitgestellt werden.

6 Anwendungsbeispiele für BIM.5D®

Eines der Strabag-Projekte, das frühzeitig BIM einsetzte, war das sogenannte BLOX-Projekt in Kopenhagen. Es umfasst ein sechsgeschossiges Multifunktionalgebäude auf einem ehemaligen Brauereigelände am Kopenhagener Hafen. Insgesamt 21 detaillierte Modelle, unter anderem die Statik (Stahl, Bewehrung und Betonfertigteile), die Baustelleneinrichtung, die einzelnen Bauphasen, temporäre Bauhilfsmittel (zum Beispiel Gleitschalungen und Gerüste), die Fassade und die technische Gebäudeausrüstung (beispielsweise Heizung, Lüftung, Klimatechnik, Gebäudetechnik oder Photovoltaik-Paneele) wurden im Laufe

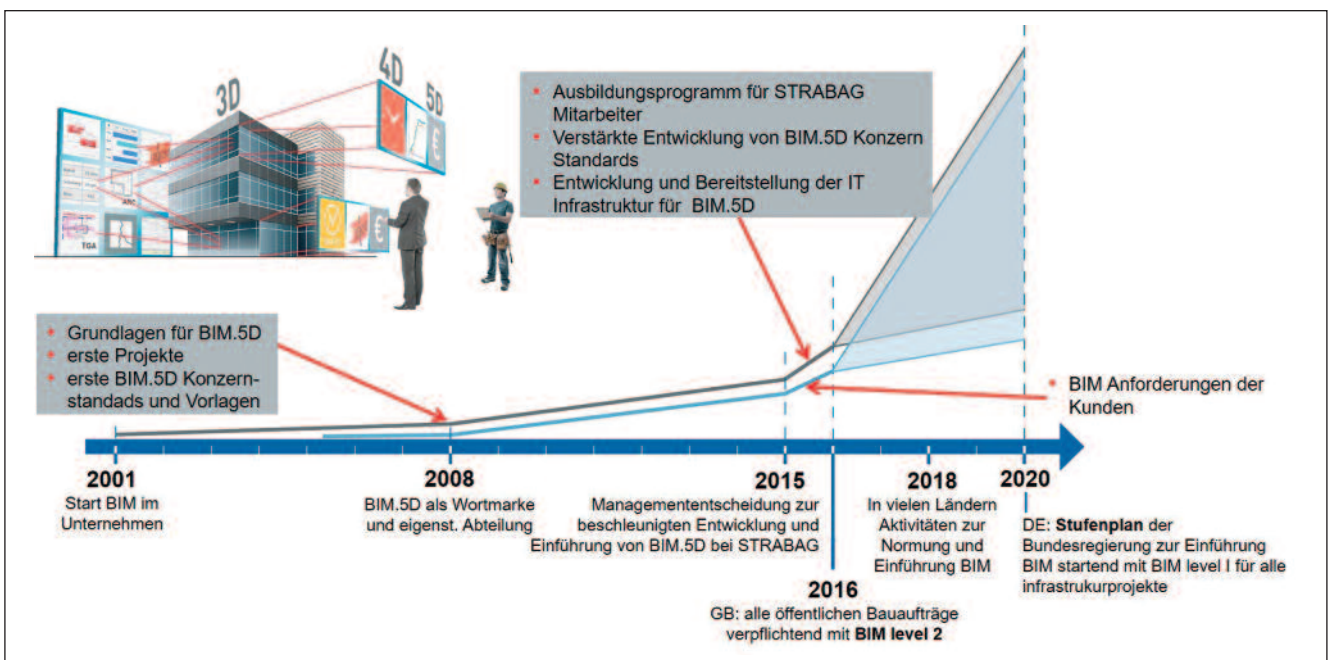
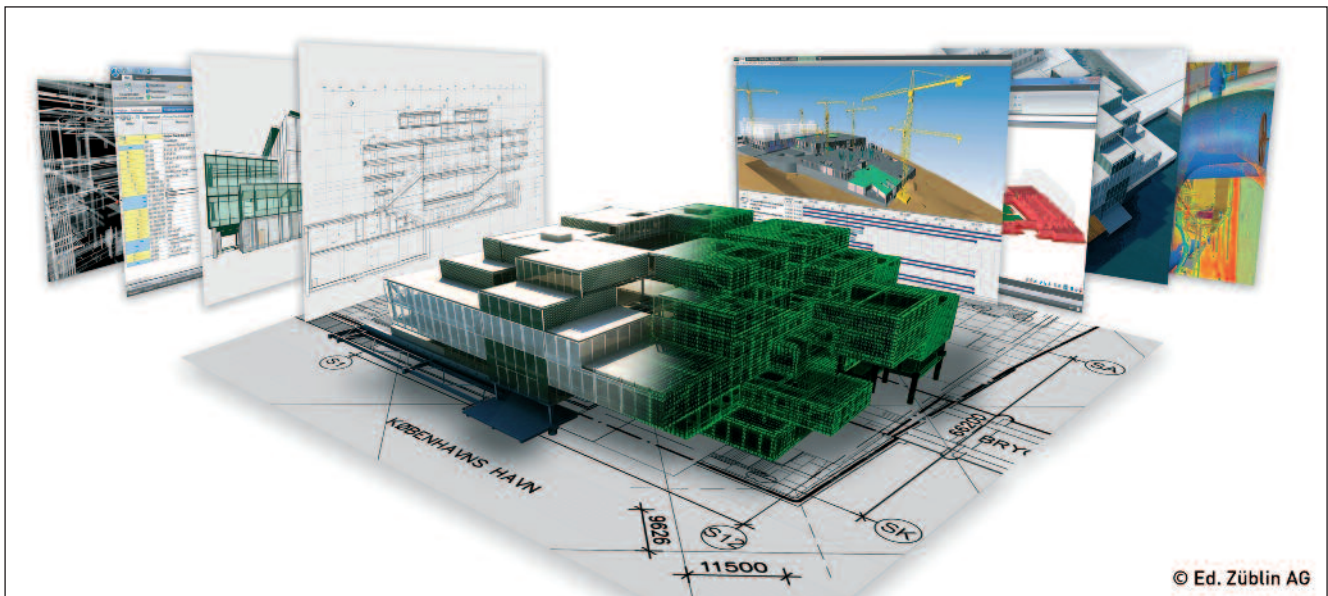


Abb. 3: Entwicklung der BIM-Anwendung bei Strabag von 2001 bis 2020. 55 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erarbeiten heute Vorlagen und Anwendungsrichtlinien für BIM.5D®, unterstützen BIM-Ausführungsprojekte weltweit, stellen BIM-Manager für Projekte und führen BIM-Schulungen durch.

BIM – BUILDING INFORMATION MODELING



© Ed. Züblin AG

Abb. 4: Bei BIM werden die gesamten Daten und Informationen eines Bauprojekts in einem mehrdimensionalen virtuellen Modell digital erfasst.

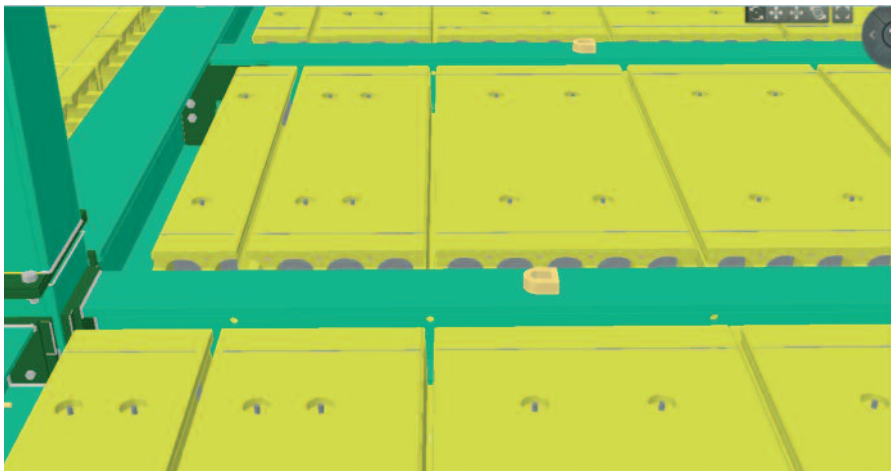


Abb. 5: Modellierung des Einbaus von Betonfertigteilen ...

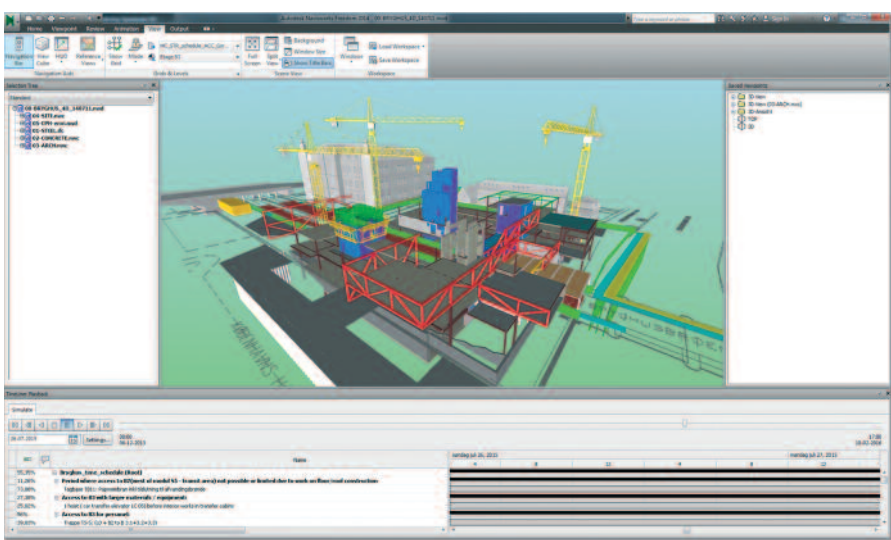


Abb. 6: ... und eines Zeitplans in 4D

der Projektbearbeitung von den Planern und Ausführenden erstellt und innerhalb der Projektteams geteilt. Strabag koordinierte frühzeitig über die Gestellung des BIM-Managers den zielgerichteten Einsatz von BIM in den Anwendungsfeldern Gewerkekoordination, modellbasierte Baustelleneinrichtung, Terminplanung und Auswertung der Mo-

delldaten für Mengen. Einige Anwendungsfälle sind in den **Abbildungen 4 bis 8** illustriert.

Durch die Koordination der Gewerke gelang es, die Kollisionspunkte zu minimieren, und durch die Integration der Ausführungs- in die Ferti-

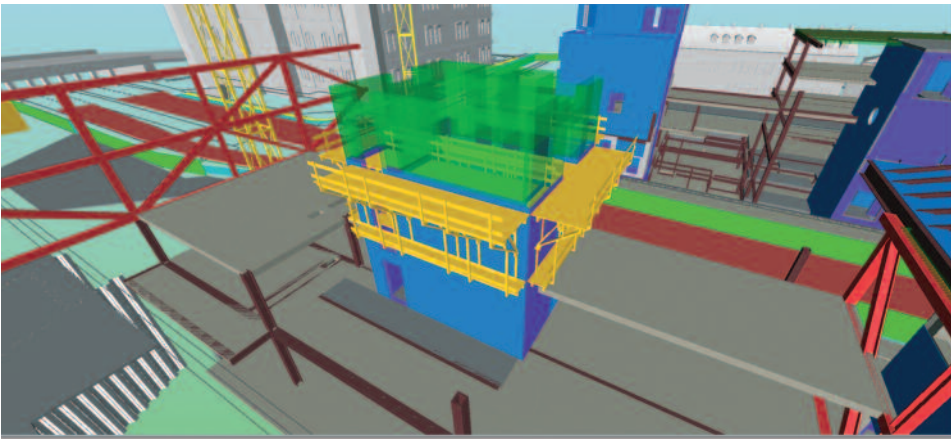


Abb. 7: Modellierung der Lager- und Montageplätze ...

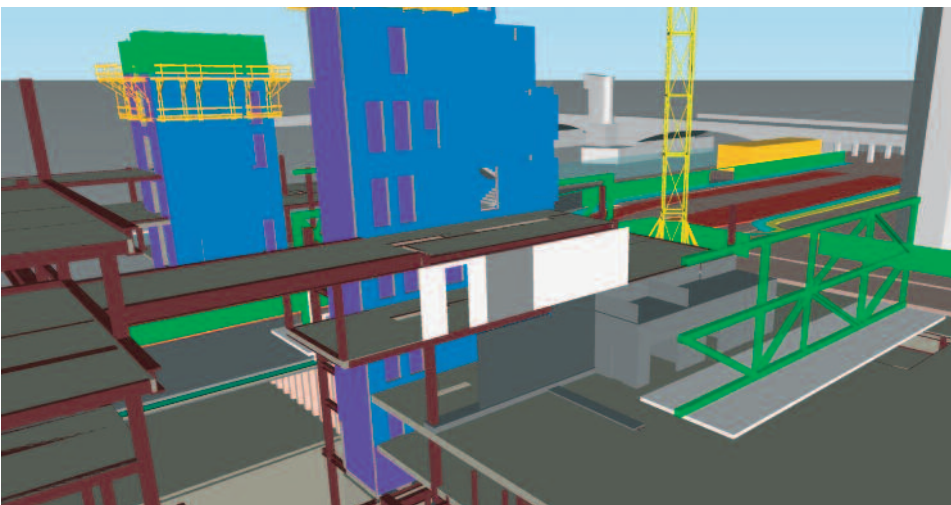


Abb. 8: ... und der Kletterschalung

gungsplanung konnten zusätzlich die Logistik- und Montageplanung verbessert werden; insbesondere unter den erschwerten Randbedingungen des Projektes: Eine Hauptverkehrsader der Stadt Kopenhagen verläuft durch das Baufeld, wird im Endzustand durch das Gebäude überbrückt und durfte in der Bauphase nicht unterbrochen werden. BIM.5D® hat damit wesentlich zum Projekterfolg beigetragen.

6 Wie geht es weiter mit BIM?

Der hier beschriebene Stand der technischen Möglichkeiten von BIM als Beginn der vollständigen Digitalisierung des Bauwesens ist alles andere als so vollständig, um alle Prozesse in einem Projekt zu erläutern. Er skizziert erst den Anfang dessen, was projektübergreifende Digitalisierung wirklich bedeutet. Dies liegt zum einen daran, dass die Software beziehungsweise die digitale Infrastruktur erst schrittweise entstehen, und zum anderen daran, dass die Ausbildung der Beteiligten im Bauwesen mit der technologischen Entwicklung Schritt halten muss. Es ist festzustellen, dass die Ausbildung der Beteiligten und die Reorganisationen der gemeinsamen Zusammenarbeit im Bauwesen in den nächsten Jahren der größte Engpass für die Umsetzung von BIM sein werden.

Solange der Angebotspreis die einzige Grundlage für die Vergabe von Planungs-, Bau- und Betriebsdienstleistungen ist, wird eine Digitalisierung nicht gelingen, die die Optimierung eines Produktes zum Inhalt hat. Denn die nach vermeintlich günstigem Einzelpreis getroffene Auswahl schafft nicht die Grundlagen für ein für alle Phasen, Beteiligten und Anwendungen gültiges vollständiges digitales Modell.

BIM schafft für einen Bauherrn frühzeitig Transparenz. Er kann fordern, dass sein Bauwerk mit BIM zu planen, zu bauen und zu übergeben ist. Denn die Anwendung von BIM verpflichtet die beteiligten Unternehmen zu einer engen Kooperation. Die Forderung nach einem Nachweis bereits vorhandener BIM-Anwendung stellt sicher, dass die beteiligten Unternehmen zumindest in ihren Teilprozessen digital arbeiten. Und der Bauherr kann das 3D-Bausoll und dessen Verknüpfungen mit Terminen und Kosten weitaus einfacher nachvollziehen beziehungsweise auf logische Fehler prüfen als das bisher der Fall war. Der digitale Zwilling gibt dem Bauherrn außerdem vorab die Sicherheit, dass die versprochene Leistung auch vertragskonform erbracht werden wird.

Zwingend für die Verbesserung der Möglichkeiten ist die Erledigung der oben erwähnten Hausaufgaben, die dazu führen müssen, dass die Digitalisierung der Arbeitsbereiche der am Bau Beteiligten aus eigenem Antrieb erfolgt, um die Prozesse im eigenen Unternehmen zu verbessern. Die digitale Zusammenarbeit muss in einer sehr frühen Phase beginnen und damit die Abstimmung der dafür erforderlichen gemeinsamen digitalen Inhalte, sei es im Unternehmen, der Branche oder in der ganzen Volkswirtschaft. Die frühestmögliche partnerschaftliche Zusammenarbeit aller Beteiligten hat die klare Aufgabe, nicht Teile einer Planung oder eines Bauwerkes an den Kunden zu übergeben, sondern ein gesamtheitliches Bauprodukt.

Mit der Agenda 2020 des BMVI, also mit den mit der *Initiative planen bauen 4.0* gebündelten Aktivitäten der Verbände, ist Deutschland auf einem guten Weg, die Digitalisierung des Bauwesens zu gestalten.

Professionelle Erfahrungen mit der Objektüberwachung Brandschutz beim Bau der Elbphilharmonie in Hamburg Die Aufgaben des Brandschutzsachverständigen sollten so früh und so eindeutig wie möglich definiert werden

Der Rückgang der Brandopfer in Deutschland ist nicht zuletzt denjenigen Fachleuten zu verdanken, die im und am Bau prophylaktische und praktische Brandvermeidung, Brandeindämmung und Brandbekämpfung betreiben, allen voran den bauüberwachenden Prüfsachverständigen und Prüfingenieuren für Brandschutz. Sie haben in den vergangenen Jahrzehnten einen enormen ingenieurtechnischen und praktischen Erfahrungsschatz angehäuft und tradiert und sich, vor allem bei signifikanten Großprojekten, Kenntnisse, Überblick und Routinen aneignen können, die sie nun individuell zu jedermanns Vorteil anwenden können und korporativ in Gesetze, Normen und Richtlinien zu überführen suchen. Ein derartiges Großprojekt ist auch die Elbphilharmonie in Hamburg, bei deren Planung und Bau der Brandschutz eine sehr bedeutende Rolle spielte. Mitten drin stand der Autor des folgenden Beitrages, der seit vielen Jahren für die Ausführungsplanung und für die Objektüberwachung Brandschutz dieses neuen Hamburger Wahrzeichens verantwortlich ist. Er hat hier eine informative Summe seiner fachlich womöglich motivierend wirkenden Erfahrungen gezogen, die er bei der Bauüberwachung beim Brandschutz gemacht hat. Ein wichtiges Fazit unter anderen: Es lohnt sich und ist äußerst wichtig, Art, Tiefe und Umfang der Aufgaben des Brandschutzsachverständigen so früh wie irgend möglich und möglichst genau und eindeutig zu definieren und zu beschreiben. Was das für seinen Vertrag mit seinen Auftraggebern und auf der Baustelle bedeutet, beschreibt er hier im Einzelnen.



Michael Juch

ist vom Europäischen Institut für postgraduale Bildung (EIPOS) der TU Dresden AG als Fachplaner für technische Brandschutzanlagen und als Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz anerkannt und seit 2014 als Prokurist der HAHN Consult Ingenieurgesellschaft für Tragwerksplanung und baulichen Brandschutz (Hamburg, Braunschweig) tätig, seit 2007 ist er Projektleiter für die Ausführungsplanung und die Objektüberwachung Brandschutz bei der Elbphilharmonie Hamburg; Dozent bei EIPOS und Buchautor „Fachbauleitung Brandschutz“, Verlag Feuertrutz.

1 Einführung

Eine Bauüberwachung kann nach drei Aufgabenstellungen unterschieden werden, wobei für ein Bauvorhaben nicht immer alle Positionen besetzt sein müssen. Folgende Unterteilung soll die Abgrenzung einzelner Aufgaben verdeutlichen:

- Von der Bauaufsicht mit der Prüfung der Übereinstimmung mit dem Brandschutznachweis beauftragte Bauüberwachung durch Prüf-sachverständige oder Prüfingenieure für Brandschutz,
- Bauüberwachung durch Sachverständige für Brandschutz zwecks Qualitätssicherung,
- Fachbauleitung Brandschutz (unmittelbar der Bauleitung unterstellt).

Zum Teil nehmen die Bauaufsichten die stichprobenartige Bauüberwachung noch selbst wahr, um die prinzipielle Übereinstimmung mit dem Brandschutznachweis zu prüfen. Die aktuelle Entwicklung zeigt jedoch, dass die Bauaufsichten die Prüfung von Brandschutznachweisen immer mehr den Prüfingenieuren für Brandschutz oder den Prüf-sachverständigen für Brandschutz übertragen. Hierzu gibt es die Vorgabe in Paragraph 85 Absatz 2 der Musterbauordnung (MBO), in dem die Übertragung dieser Aufgaben so beschrieben wird:

Die oberste Bauaufsichtsbehörde wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung Vorschriften zu erlassen über

- 1. Prüfingenieure und Prüfämter, denen bauaufsichtliche Prüfaufgaben einschließlich der Bauüberwachung und der Bauzustandsbesichtigung übertragen werden, sowie*
- 2. Prüfsachverständige, die im Auftrag des Bauherrn oder des sonstigen nach Bauordnungsrecht Verantwortlichen die Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen prüfen und bescheinigen.*

Da in der Regel diese Bauüberwachung des Prüfingenieurs oder Prüf-sachverständigen für Brandschutz mit einer überschaubaren Anzahl Begehungen erfolgt, ist es keine Seltenheit mehr, dass zur Aufgabe der Qualitätssicherung Brandschutz während der Bauphase zusätzlich Sachverständige für Brandschutz beziehungsweise eine Fachbauleitung Brandschutz bestellt werden. Diese Vorgehensweise resultiert aus den Erfahrungen, dass aufgrund der immer komplexer werdenden Sachverhalte die klassische Bauleitung ab einer bestimmten Objektgröße eine ausreichende Gründlichkeit und Verlässlichkeit für den Brandschutz nicht mehr mit eigenen Kräften sicherstellen kann.

Im Aufgabenbereich des Brandschutzsachverständigen zur Qualitätssicherung Brandschutz während der Bauphase gibt es vor allem auf Großbaustellen in der Projektabwicklung von Bauvorhaben deutliche Unterschiede in der Ausführungsplanung und Objektüberwachung. Je größer die Bauvorhaben werden, desto schwieriger ist es, die Aufgaben des Brandschutzsachverständigen über den gesamten Projektzeitraum genau zu definieren, dies gilt insbesondere für Art, Tiefe und Um-



Abb. 1: Die Elbphilharmonie Hamburg: 180 Meter lang, 20 bis 85 Meter breit, 110 Meter hoch

fang der Beratung in der Ausführungsplanung und in der Objektüberwachung durch den Brandschutzsachverständigen.

Neben dem eigentlichen Leistungsumfang des Brandschutzsachverständigen hat es sich, insbesondere bei Großprojekten, bewährt, für verschiedene Ausführungsbereiche bereits in der Planungsphase detailliertere Vorgaben auszuarbeiten und festzulegen. Dies gilt zum Beispiel für die Verlegung von Leitungen und die Ausführung von Abschottungen. Für den Brandschutzsachverständigen ist die vertragliche Festlegung der Leistungsstufe der Objektüberwachung entscheidend für den Projektverlauf.

Die Leistungstiefe ist von der Aufgabenstellung abhängig. In Heft 17 der „grünen Schriftenreihe“ des Ausschusses der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung (AHO) („Leistungsbild und Honorierung Leistungen für Brandschutz“, Stand 2015) werden drei Leistungstiefen in der Objektüberwachung beschrieben:

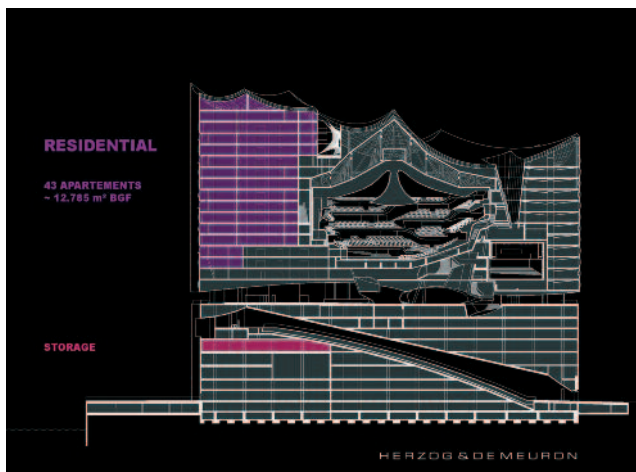
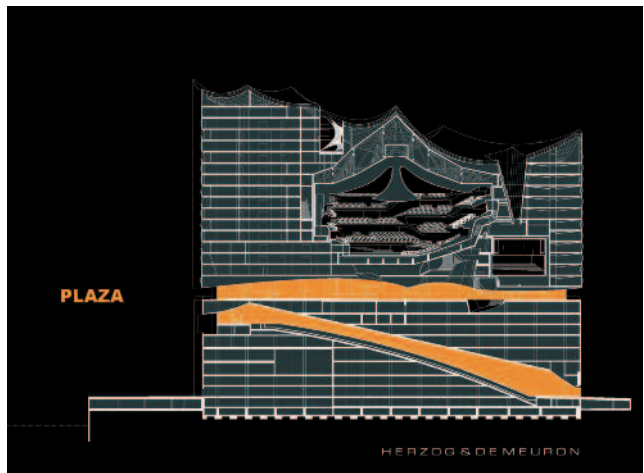
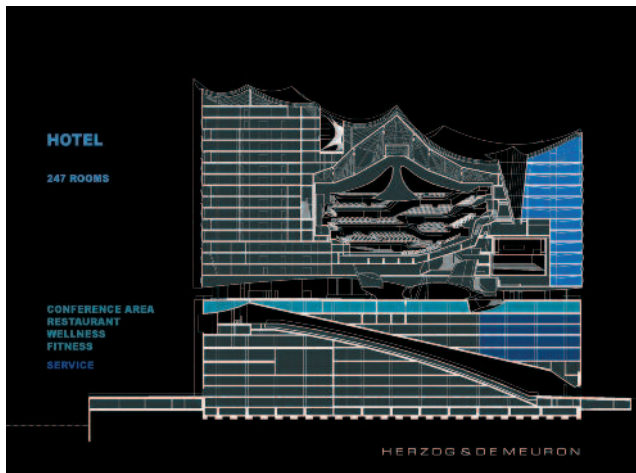
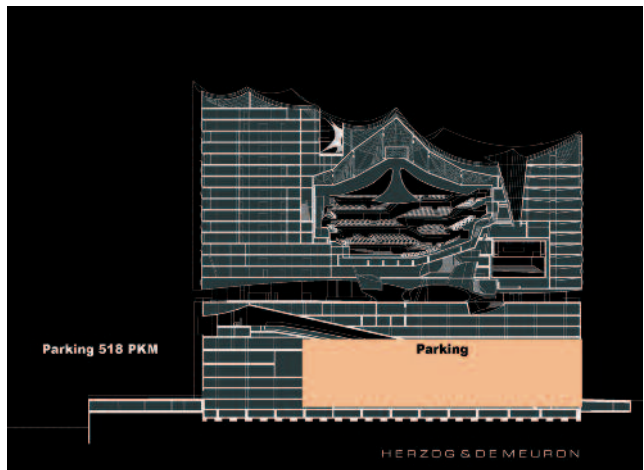
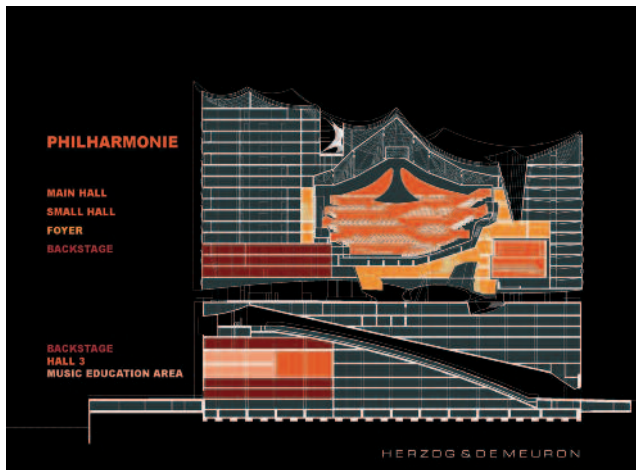
- Niveau 1: Prinzipielle Übereinstimmung als Grundleistung,
- Niveau 2: Systematische, stichprobenartige Kontrolle als Besondere Leistung,
- Niveau 3: Baubegleitende Qualitätssicherung als zusätzliche oder außergewöhnliche Leistung.

Die Leistungstiefe Niveau 3 bedeutet in der Regel eine ständige Anwesenheit vor Ort. Eine Dokumentation, wie bei den Niveaus 1 und 2 ge-

fordert, in denen eine Leistungsabgrenzung nachgewiesen wird, kann auf das Niveau 3 nicht übertragen werden. Hier stehen definitiv die Bauüberwachung, die Mängelverfolgung und die Koordination im Vordergrund. Eine Eigendokumentation ist nahezu nicht möglich.

Es gibt jedoch keine eindeutige Definition der Aufgaben einer Fachbauleitung Brandschutz und wie diese in eine normale Bauleitung integriert wird. Das liegt daran, dass auf Grundlage der Honorarordnung für Ingenieure und Architekten (HOAI) unter anderem der gesamte anlagentechnische Brandschutz der Fachbauleitung Technische Ausrüstung (TGA) unterstellt ist. Wichtig ist, dass mit der Funktion der Fachbauleitung Brandschutz die normale Bauleitung ihre ureigenen Aufgaben wahrnimmt. Im baulichen Brandschutz werden die Vorgaben für die Gebäudehülle, den Rohbau und den Ausbau letztendlich von den jeweiligen Fachbauleitern überwacht. Somit ist es innerhalb der Projektstruktur schwer zu vermitteln, welche genauen Aufgaben und Umfang eine Fachbauleitung Brandschutz erbringen muss.

Neben der Definition des Leistungsumfanges und der Aufgabenstellung für den Brandschutzsachverständigen selbst sollte auch die Schnittstelle zu anderen Sachverständigen aus anderen Fachbereichen festgelegt werden. Neben diesen Sachverständigen werden Sonderbauvorhaben auch von Sachverständigen für die Prüfung von technischen Anlagen begleitet und abgenommen, auch hier ist im Vorwege die Schnittstelle zum Brandschutzsachverständigen eindeutig festzulegen.



Bilder: ©Herzog & de Meuron

Abb. 2: Darstellung der Gebäudeunterteilung, die von unterschiedlichen Betreibern betreut werden.

Abgrenzung zu dem Leistungsbereich hinsichtlich des hochbaulichen und haustechnischen Brandschutzes durch diesbezüglich hochspezialisierte Ingenieurunternehmen und -büros.

Um bauablaufbedingt Mängel frühzeitig erkennen zu können, nehmen wir bei HAHN Consult zum Beispiel die Ausführung, insbesondere von Abschottungen von Leitungsanlagen, Brandschutzkanälen, Lüftungsleitungen mit einer Brandschutzbekleidung und den Einbau von Absperrvorrichtungen zerstörungsfrei auf offensichtliche Mängel in Augenschein. Grundsätzlich erfolgt diese Abnahme jedoch durch den Prüfsachverständigen für die Prüfung technischer Anlagen. Die Koordination der einzelnen Sachverständigen und insbesondere der Schnittstellen erfordert einen nicht zu unterschätzenden Aufwand.

2 Beschreibung der Elbphilharmonie Hamburg

Das Gebäude der Elbphilharmonie Hamburg (Abb. 1) wurde auf dem ehemaligen Kaispeicher A errichtet und weist einen annähernd dreieckigen Grundriss auf. Die Länge beträgt etwa 180 Meter, die Breite reduziert sich von 85 Meter auf der östlichen Seite auf 20 Meter auf der Westseite. Die Elbphilharmonie verfügt über zwei Untergeschosse, ein Erdgeschoss und 26 Obergeschosse. Die Gebäudehöhe erreicht bis zu 110 Meter an der östlichen Gebäudesseite. Die Bruttogrundfläche beträgt circa 100.000 Quadratmeter.

Durch die lange Bauzeit bedeutet bei Großprojekten die personelle Fluktuation in der Projektorganisation eine große Herausforderung für das gesamte Projekt. Insbesondere Veränderungen in der Bauleitung führen dazu, dass vielen Projektbeteiligten die Aufgabenstellung des Brandschutzsachverständigen nicht vermittelt wird. In Folge dieser Situation muss der Brandschutzsachverständige immer häufiger auch kommunikative und koordinierende Aufgaben innerhalb des Projektes übernehmen, wodurch der Zeitaufwand erheblich steigen kann.

Nach den meisten Bauordnungen der Länder sind im Rahmen der Baugenehmigung Prüfsachverständige in die Prüfung technischer Anlagen in einzelnen Bereichen einzubeziehen. Diese Prüfberichte bilden die

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Ingenieurgesellschaft für Tragwerksplanung und Baulichen Brandschutz mbH																		
1 HC_OG03, Stand: 02.03.2010																		
2	Raumnr	Raum-Bezeichnung	Achse	Raumk	Bauteil	Baustoff / Bauteil KURTZTEXT	Baustoff / Bauteil LANGTEXT	Verwendbarkeitsnachweis	Datum Fertigstellung	Status OK	Status Mangel / nicht fertig gestellte Leistung	Docma MM	Beobachtung KURZTEXT	Beobachtung LANGTEXT	Datum			
3	Schleuse		TB	Wand	W 3	Trockenbauwände			01.02.2010	X			B 01	Feststellung Bautenstand		Wanddurchbruch einseitig. Auswechslung und Lebung fachgerecht herstellen.		
4	Schleuse		ELT	Decken-hohlraum	ELT 4	Kapselung von brennbaren Leitungen (I-Kanäle)			01.02.2010	X			B 01	Feststellung Bautenstand		Ausweichbereich der Einbaue des I30-Kanals schwer zu realisieren, da direkt oberhalb der Substratblech-Führung querend. Es ist ein Konzept zum Einbau des I30-Kanals vorzulegen.		
5	Schleuse		SAN	Wand	R 1	Rohrabschottung, nichtbrennbare Rohre, Dämmung Mineralwolle			01.02.2010	X			M 03	Restspalt nicht verspachtelt				
6	Schleuse		SFR	Wand	R 6	Rohrabschottung nach LAR			01.02.2010	X			B 04	Abschottung entspricht den brandschutztechnischen Vorgaben (LD426)				
7	Schleuse		TB	Wand	W 3	Trockenbauwand			01.02.2010	X			M 15	Einzelkabel / Fehlböhrungen nicht verspachtelt				
8	Schleuse		SFR	Wand	R 6	Rohrabschottung nach LAR			01.02.2010	X			M 16	Formstabile Mineralwolle im WD verschoben		Formstabile Mineralwolle mögl. anordnen und Restspalt verspachteln.		
9	Schleuse		ELT	Decken-hohlraum	ELT 4	Kapselung von brennbaren Leitungen (alle)			01.02.2010	X			M 15	Wanddurchbruchabschottung fehlt				
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		

Abb. 3: Auszug aus einem Begehungsprotokoll

Legende möglicher Mängel / nicht fertiggestellter Leistungen Brandschutz leichte Trennwände	
M...	Trockenbauwände
	01 Ständerwerk nicht fachgerecht hergestellt
	02 Ständerabstand zu groß
	03 Auswechslung Ständerwerk nicht fachgerecht hergestellt
	04 Plattentyp entspricht nicht den brandschutztechnischen Vorgaben / Aufbau
	05 Plattenstöße nicht verspachtelt
	06 Plattenlage fehlt
	07 Stahlblecheinlage fehlt (Brandwände)
	08 Leibung Wanddurchbruch nicht fachgerecht hergestellt
	09 Leibung Wanddurchbruch nicht verspachtelt
	10 Gleitender Deckenanschluss nicht fachgerecht hergestellt
	11 Leitungsdurchführung zu dicht am gleitenden Deckenanschluss verlegt
	12 Wandbeplankung im Bereich gleitender Deckenanschluss nicht fachgerecht hergestellt
	13 Dämmung nicht fachgerecht hergestellt
	14 Rückseitige Abkofferung Steckdosen mangelhaft
	15 Einzelkabel / Einzelrohrdurchführung nicht ausreichend verspachtelt
	16 Erhöhte Kabelbrandlasten in der Wand nicht fachgerecht geschottet
	17 Wanddurchbruch bzw. Restspalt passt nicht zum Abschottungssystem TGA
	18 Im Wanddurchbruch Kombination der Abschottungssysteme nicht zulässig

Abb. 4: Beispiel für eine Typisierung von Mängeln an leichten Trennwänden

Die unterschiedlichen Nutzungen im Gebäude lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Garagen,
- Büro- und Verwaltung,
- Beherbergungsstätte mit Konferenzbereich,
- Gastronomie,
- Versammlungsstätte mit „Großem Saal“ für 2.300 Personen,
- öffentliche Aussichtsterrasse auf der Plaza (8. Obergeschoss),
- Wohnungen.

Diese Nutzungen wurden in einer Teilungserklärung verschiedenen Betreibern zugewiesen. So gibt es im Gebäude fünf Betreiber: Konzert (Philharmonie), Hotel, Wohnen, Parken und Allgemein. Wie aus den

einzelnen Segmenten der **Abb. 2** ersichtlich, sind die unterschiedlichen Nutzungen ineinander verschachtelt, und zum Teil werden dieselben Erschließungswege benutzt.

Die unterschiedlichen Nutzungsbereiche beziehungsweise Bauteilkonstruktionen, wie Rohbau und Gebäudehülle, wurden in der Projektorganisation in sogenannte Teilprojekte gesplittet. Für diese Teilprojekte wurden einzelne Teams gebildet, welche die Ausführungsplanung und die Bauüberwachung für jeweils ihr Teilprojekt umsetzen.

3 Bauüberwachung Brandschutz

HAHN Consult hat bei der brandschutztechnischen Bauüberwachung der Elbphilharmonie kontinuierliche, baubegleitende Begehungen ge-

BRANDSCHUTZ

werkeübergreifend durchgeführt. Die vorgefundenen Mängel beziehungsweise Restleistungen wurden in Begehungsprotokollen in Form von Excel-Tabellen aufgenommen (Abb. 3). Die Begehungsprotokolle basieren auf Prüflisten, in denen unter anderem typische Mängel an dem jeweiligen Bauteil aufgelistet werden. Abb. 4 zeigt einen Auszug aus der Prüfliste Brandschutz Trockenbau mit der Typisierung von Mängeln an leichten Trennwänden, die aus der Erfahrung unserer Objektüberwachung heraus entstanden ist. Sie dient dem besseren Verständnis zwischen Ausführung und Objektüberwachung, der eindeutigen Mängelformulierung in den Begehungsprotokollen und der Sensibilisierung der Fachbauleiter und der ausführenden Firmen.

Die festgestellten Mängel wurden neben der Darstellung in den Begehungsprotokollen in einem Mängelmanagement auf dem Projektserver erfasst.

Der Aufwand für eine Mängelnachverfolgung über eine spezielle Projektplattform kann dem Brandschutzsachverständigen als unverhältnismäßig erscheinen, weil nicht mehr nur das reine Ingenieurdenken im Vordergrund steht, sondern ein nicht unerheblicher Verwaltungsaufwand übertragen wird. Für eine bessere Auswertung und Transparenz der Mängelverfolgung hat sich im Laufe der Bauphase die Mängelbearbeitung über den Projektserver aber als sehr sinnvoll erwiesen. In dem Mängelmanagementsystem können Mängel nach ihrem Teilprojekt und nach Geschoss gefiltert werden. Des Weiteren kann der Bearbeitungsstatus eingesehen werden, und jeder Mangel zeigt einen Querverweis zum jeweiligen Punkt des zugehörigen Begehungsprotokolls.

Bei der Bauüberwachung Brandschutz ist es je nach Überwachungstiefe wichtig, die unterschiedlichen Ausbaustände zu prüfen und in Augenschein zu nehmen. Dazu gehört, dass zum Beispiel bei Trockenbauwänden diese mindestens halbseitig offen eingesehen werden können, um die fachgerechte Ausführung der Unterkonstruktion kontrollieren zu können. Dies stellt eine große Herausforderung bei Bauwerken einer gewissen Größe dar, wenn insbesondere mehrere Montageteams auf der Baustelle unterwegs sind und Wandbereiche tätlich geschlossen werden. Auch zum Beispiel zusätzliche Brandschutz-

Musterbegehung	Bauzwischenzustand	Schlussbegehung
Exemplarische Musterbegehung ausgewählter Bauteilschlüsse	Turnusmäßiger Rundgang im Rahmen der Aufgabenstellung der Bauüberwachung	Begehung von fertiggestellten Bereichen

Abb. 5: Definition von Begehungsarten

mMangelkategorie I	Mangelkategorie II
Mangel unmittelbar an dem Bauprodukt / Bauteil	Mangel an dem Bauprodukt / Bauteil durch Planungsvorgaben in der Gewerkeschnittstelle
Mangel kann dem Hersteller / Anwender direkt angezeigt werden	Mangelbehebung führt i.d.R zu einer baulichen Veränderung, entweder am Bauprodukt oder Bauteil selbst oder an den flankierenden Bauteilen

Abb. 6: Definition von Mangelkategorien

bekleidungen einer Stahlauswechslung von Brandschutztüren innerhalb von Trennwänden können nur bei einer offenen Wand geprüft werden.

Für die Vorbereitung und spätere Erstellung eines Berichtes ist es sinnvoll, die Art der Begehung zu definieren. Die Bauüberwachung kann in drei unterschiedliche Begehungsarten unterschieden werden (Abb. 5). Je nach Begehungsart kann dementsprechend eine unterschiedliche Dokumentation erstellt werden. Bei der im Rahmen der Objektüberwachung systematischen, stichprobenartigen Kontrolle ist es wichtig, die Bauteile in unterschiedlichen Bauzuständen zu prüfen und in Augenschein zu nehmen. Grundsätzlich sind Mängel hinsichtlich der Koordinierung in zwei Mangelkategorien zu unterscheiden (Abb. 6).

Wichtig ist, die Art der Dokumentation und Mängelnachverfolgung in der Schnittstelle zwecks eigener Qualitätssicherung der Bauleitung festzuhalten. Hier hat sich gezeigt, dass es sinnvoll ist, die jeweiligen Bauleiter in die Mängelbearbeitung und Freimeldung einzubeziehen. Wenn dies nicht frühzeitig festgelegt wird, führt dies dazu, dass der Sachverständige Brandschutz für jede noch so kleine Mangelfreimeldung auf die Baustelle gerufen wird. Hier sollten die Bauleiter und Fachunternehmer verstärkt mit eingebunden werden, um offensichtliche Ausführungsmängel vor einer Abnahmebegehung zu kontrollieren und die Abarbeitung zu koordinieren. Je nach Mangel hat es sich in der praktischen Arbeit bewährt, dass festgestellte einfache Mängel mit einer E-Mail- und Fotodokumentation durch die Bauleitung freigemeldet werden können.

Hier ist eine enge Abstimmung mit der Bauleitung erforderlich. Sie muss insbesondere regelmäßig über den Ausbaustand und darüber informiert werden, wann eine sinnvolle Begehung durch den Brandschutzsachverständigen erforderlich ist. Grundsätzlich muss festgelegt werden, wie die Begehungen durch den Sachverständigen zu dokumentieren sind. Hier muss sich der Brandschutzsachverständige auch seiner Verantwortung bewusst sein, dass eine Minstdokumentation auch für die eigene Qualitätssicherung notwendig ist. Eine ausschließliche Dokumentation mit einem sogenannten Negativbericht ist nicht mehr ausreichend.

Gerade bei der Montage leichter Trennwandkonstruktionen ist es auch wichtig, den Ausbaustand zu dokumentieren, zum Beispiel, ob Wände im offenen Zustand eingesehen werden konnten und ob hier Grundvorgaben stichprobenartig geprüft worden sind. Es sind die Bereiche in Übersichtszeichnungen zu markieren und der Ausbaustand zu dokumentieren, welcher durch den Brandschutzsachverständigen begangen wurde. Abb. 7 und Abb. 8 zeigen zwei Beispiele, bei denen der in Augenschein genommene Ausbaustand dokumentiert wurde.

4 Sonderkonstruktionen sind bei einem derartigen Projekt nicht zu vermeiden

Beim Bau der Elbphilharmonie waren aufgrund der hohen architektonischen Ansprüche bei der Ausführung für eine Vielzahl von Konstruktionen und Produkten in brandschutztechnischer Hinsicht Abweichungen von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) und von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen (abP) erforderlich. Nach den Bauordnungen der Länder sind in derartigen Fällen als Verwendungsnachweise Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) zu beantragen,

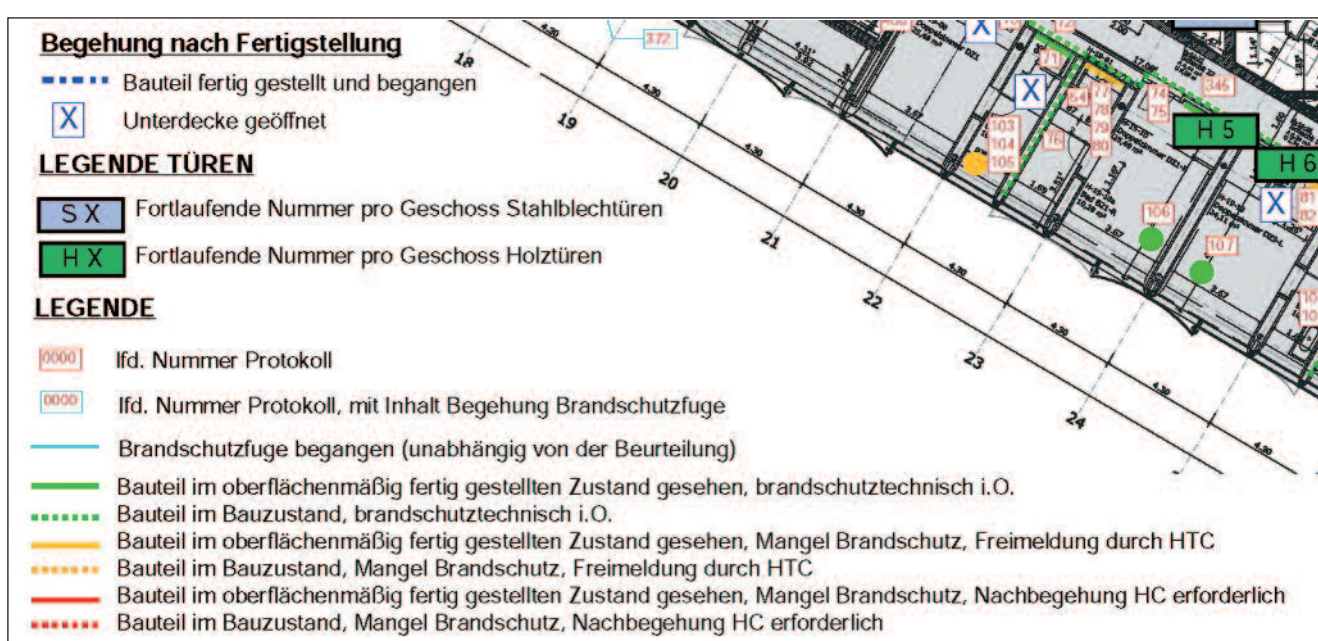


Abb. 7 und Abb. 8: Dokumentation der begangenen Bereiche

die von der obersten Bauaufsichtsbehörde erteilt werden. Um derartige Konstruktionen zu ermöglichen und frühestmöglich Planungssicherheit zu erreichen, wurden beim Bau der Elbphilharmonie regelmäßige Abstimmungsgespräche mit der obersten und unteren Bauaufsichtsbehörde geführt, um diese Abweichungen zu besprechen.

Die Bandbreite reicht von einzelnen Baustoffen im Verbund (zum Beispiel organischen Zuschlägen in Putzbekleidungen) bis hin zu umfangreichen Sonderkonstruktionen wie hochfeuerbeständigen Zugstützen oder der komplexen Ausführung der feuerbeständigen Brandschutzbekleidung des Sitzstufentragwerks (eines treppenartigen Fachwerksystems) im „Großen Saal“. Für diese Sonderkonstruktion haben wir gutachtliche Stellungnahmen erstellt, teilweise wurden als zusätzlicher Nachweis orientierende Brandversuche durchgeführt. Diese Brandversuche wurden unter anderem an einem Kleinprüfstand nach den Vorgaben der DIN 4102-8, Stand 1986-05 durchgeführt. Zwecks Verifizierung der Ergebnisse wurden diese Tests an mehreren Probekörpern durchgeführt, es wurden aber auch Einzelflammentests der Baustoffklassenprüfung B2 nach DIN 4102-1 Abschnitt 6.2 mit einem Brennkasten nach IDN 50050-1 absolviert.

Durch dieses Prozedere konnte das baurechtliche Verfahren zur Erteilung von Zustimmungen im Einzelfall in der Regel auf sechs bis zehn Wochen begrenzt werden. In Übersichtszeichnungen wurden, als Dokumentation zur Übergabe an den Betreiber, alle Sonderkonstruktionen schematisch dargestellt.

5 Beispiel Sonderkonstruktion Zughänger

In einigen Gebäudeachsen haben die Tragwerksplaner die Randstützen in den Geschossen über der Plaza-Ebene vom 9. bis 19. Obergeschoss durch Hängestützen ersetzt.

Diese Hängestützen werden als in der Regel über mehrere Geschosse verlaufende Stahlrohre, sogenannte Stahlhänger, geplant (Abb. 9).

Gemäß DIN 4102-4, Abschnitt 6.4, werden diese Rohre aufgrund des statischen Systems als Stahlzugglieder eingestuft, und formal sind die Bemessungsgrundlagen von Stahlstützen gemäß DIN 4102-4, Ab-

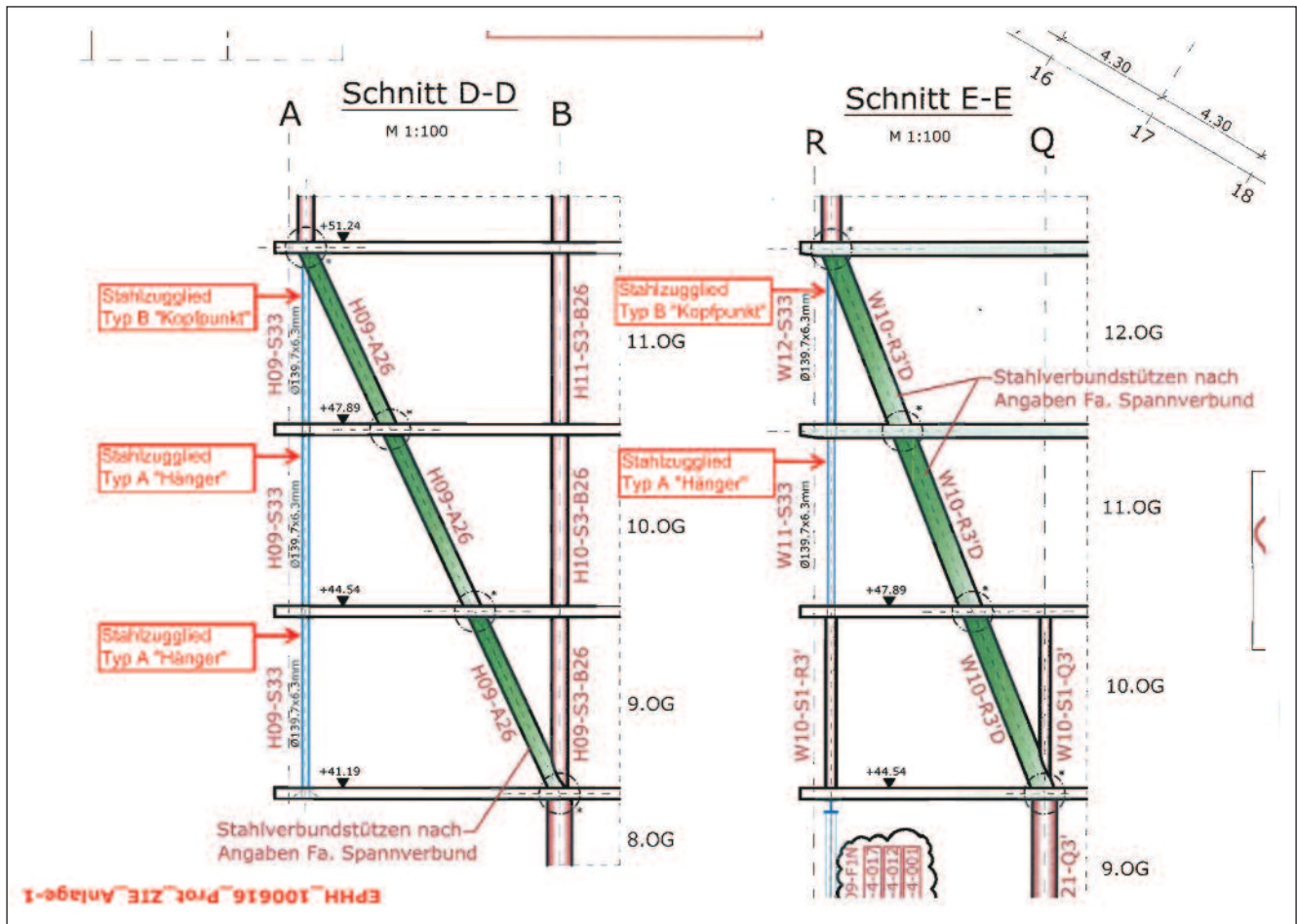


Abb. 9: Prinzipskizze der verschiedenen Geometrien der Hängestützen (Auszug aus dem Positionsplan der Tragwerksplaner WGG Schnetzer Puskas Ingenieure AG)



Abb. 10 und Abb. 11: Zughänger mit Mineralfaserspritzputz

schnitt 6.3, nicht übertragbar. Dementsprechend ist die direkte Anwendung von Prüfzeugnissen für Brandschutzbekleidungen in Verbindung mit Stahlstützen hinsichtlich der Einstufung nach DIN 4102-2, Abschnitt 7.3, auf Stahlzugglieder ausgeschlossen. Gegenüber den normalen Stahlstützen mit einer Brandschutzbekleidung, welche in Brandprüfungen mit einer kritischen Stahltemperatur (T_{crit} circa 500 Grad Celsius) geprüft werden, wird aufgrund von Prüferfahrungen



Abb. 12 und Abb. 13: Zughänger als Sichtstütze mit einer Brandschutzbekleidung aus vorgefertigten Halbschalen

mit Stahlzuggliedern eine Stahltemperatur auf Werte von ungefähr 300 Grad Celsius beschränkt, um neben den thermischen und elastischen Dehnungen auf den Bruchzeitpunkt Rücksicht zu nehmen. Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Systeme zum Einsatz gekommen: Ein Teil der Zugstützen wurde mit einem Mineralfaser-Spritzputz (Abb. 10 und Abb. 11) ausgeführt, die anderen Zugstützen sind mit Trockenbaukonstruktionen bekleidet worden, entweder

kastenförmig oder bei Sichtstützen mit vorgefertigten Halbschalen (Abb. 12 und Abb. 13).

Neben der grundsätzlichen Dimensionierung der Dicke der Brandschutzbekleidung mussten konstruktive Details eines Schiebepfeilers sowie Anschluss von Trockenbauwänden entwickelt werden.

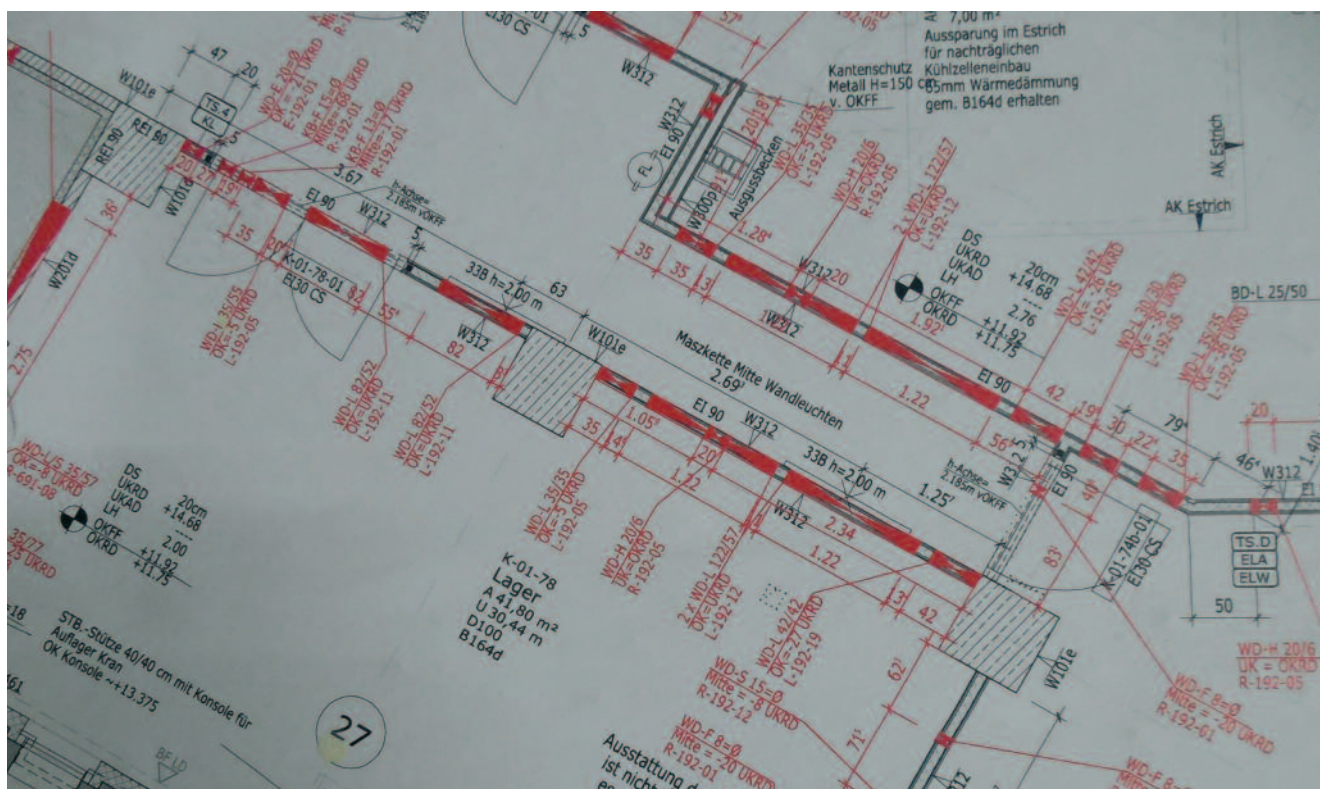


Abb. 14: Durchbruchsplanung einer leichten Trennwand mit vielen Durchbrüchen nebeneinander (Auszug aus der Ausführungsplan Herzog & de Meuron)

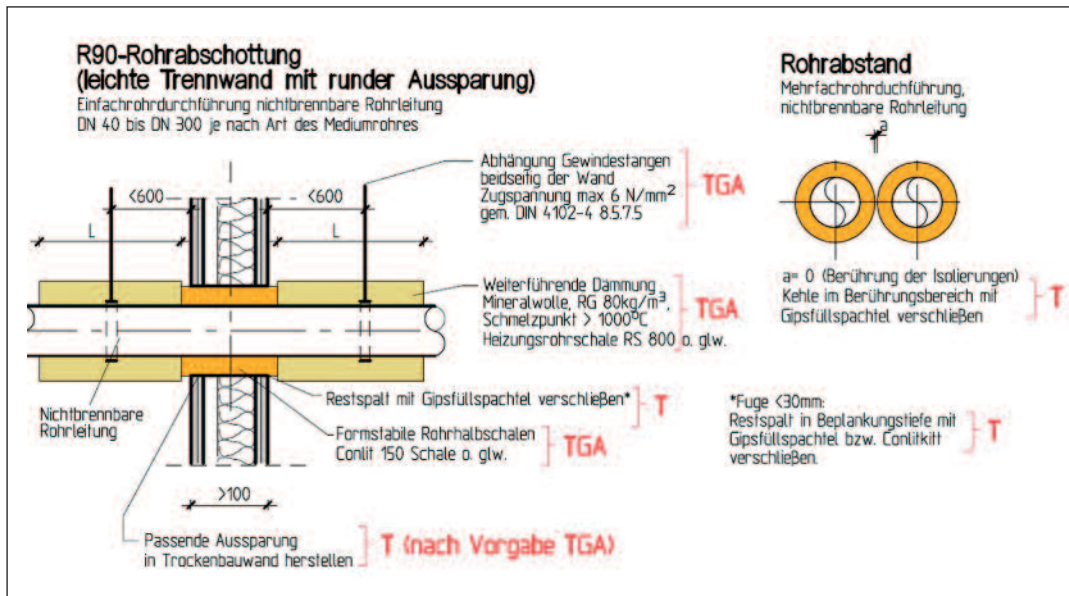


Abb. 15: Auszug Leitdetail Rohrabschottung in eckiger Aussparung mit Angabe der Gewerkeschnittstelle

6 Trockenbauwände und Brandschutz – Der Teufel steckt immer im Detail

Gemäß den bauordnungsrechtlichen Vorgaben müssen raumtrennende Bauteile öffnungslos ausgeführt werden. Werden dennoch, zum Beispiel durch Decken oder Wände, TGA-Installationen durch diese raumabschließenden Bauteile hindurchgeführt, so darf die raumschließende Wirkung des Bauteils nicht verlorengehen. Die Durchbrüche müssen entsprechend dem Feuerwiderstand der Wand beziehungsweise der Decke abgeschottet werden. Da ein Großteil der Technikzentralen und die Netzstation im sechsten und siebten Obergeschoß angeordnet sind, ergibt sich in diesem Bereich eine hohe Anzahl von großen Leitungsquerschnitten und dementsprechenden Wanddurchführungen, um eine Verteilung im gesamten Haus zu ermöglichen (Abb. 14).

Da in der Regel für leichte Trennwände keine Montageplanung erstellt wird, besteht in der Ausführung häufig das Problem, dass das erforderliche Ständerwerk nicht den geplanten Durchbrüchen angepasst ist. Dies kann bei Wänden mit einer nicht unerheblichen Anzahl an Wand-

durchbrüchen, wie in Abb. 14 dargestellt, zu Verschiebungen der Metallunterkonstruktion der leichten Trennwand führen. Speziell in solchen Bereichen beziehungsweise für solche Wände sind Begehungen während der Montage sinnvoll. Um nachträglich erforderlichen Umbaumaßnahmen zur fachgerechten Herstellung der Abschottungen und Wandkonstruktionen vorzubeugen, kann es von Vorteil sein, für derartige Wände eine Montageplanung zu erstellen, damit die Ausführung nicht erst nachträglich auf der Baustelle festgelegt wird.

Es hat sich in der Praxis bewährt, grundlegende Vorgaben zu Abständen von Abschottungssystemen mit Festlegung von Gewerkschnittstellen auszuarbeiten. Diese grundlegenden Vorgaben müssen in Abstimmung mit dem Auftraggeber und der Bauausführung erarbeitet werden und sollten dokumentiert werden, zum Beispiel in sogenannten Leitdetails (siehe Abb. 15).

Um eine Schnittstellenkoordinierung in der Durchbruchsplanung zu verdeutlichen, hat sich auch der Bau von sogenannten Musterwänden auf der Baustelle bewährt (Abb. 16 und Abb. 17). Solche Musterwände bieten den ausführenden Firmen die Möglichkeit, die fachgerechte Ausführung im Detail anzusehen.



Abb. 16 und Abb. 17: Erstellung von Musterwänden



Abb. 18: Auswechslung Brandwand in Trockenbauweise

Bei übergroßen Wanddurchbrüchen in Brandwänden muss der TGA-Planer auf die jeweilige Landesbauordnung eingeschworen werden, wo es klare Vorgaben gibt:

Öffnungen in Brandwänden sind unzulässig. Sie sind in inneren Brandwänden nur zulässig, wenn sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind; die Öffnungen müssen feuerbeständige, dicht- und selbstschließende Abschlüsse haben.

(HBauO, § 28, Abs. 8, Brandwände)

Hier stellt sich die Frage, inwieweit eine Trockenbauwand bei übergroßen Wanddurchführungen ihre Aufgabe als Brandwand erfüllt. Mit der Planung einer schweren Stahlbaukonstruktion zur Auswechslung des Wanddurchbruchs kann der Nachweis der Lastabtragung der mechanischen Stoßbeanspruchung der Brandwandkonstruktion erbracht werden (**Abb. 18**). Solche Nachweise und Konstruktionen werden in der Regel über die Beantragung einer Zustimmung im Einzelfall geführt. In derartigen Fällen muss in der Entwurfsplanung abgewogen werden, diese Wandabschnitte in Massivbauweise (Mauerwerk) zu errichten, da durch den schweren Stahlbau und die erforderlichen Nachweise der Vorteil einer Trockenbauwand nicht mehr gegeben ist.

7 Fazit

Im Rahmen der Vertragsverhandlungen muss die Aufgabenstellung des Brandschutzsachverständigen genau und eindeutig definiert werden. Eine ungenaue Leistungsbeschreibung führt schnell zu erheblichem Mehraufwand, der vom Brandschutzsachverständigen zu leisten ist. Je größer die Bauvorhaben werden, desto schwieriger ist es, die

Aufgaben des Brandschutzsachverständigen über den gesamten Projektzeitraum genau zu definieren, dies gilt insbesondere für Art, Tiefe und Umfang der Objektüberwachung durch den Brandschutzsachverständigen.

In allen Planungsphasen können mögliche Konflikte und Fehler in der Bauausführung minimiert werden. Es empfiehlt sich, am Projektanfang mehr Zeit zu investieren und die Aufgabenstellungen zu konkretisieren und projektspezifische Vorgaben schriftlich festzuhalten.

Durch Leitdetails und zum Beispiel mit eindeutigen Vorgaben für Abstandsregelungen von Abschottungssystemen in Kombination mit geplanten Wandkonstruktionen können Vorgaben eindeutig festgehalten werden. Diese Vorgaben sind mit allen Fachplanern während der Ausführungsplanung, insbesondere aber mit der Durchbruchplanung abzustimmen. Bei komplexen Wandabschnitten mit hoher Installationsdichte sollten Wandabwicklungen gezeichnet und mögliche Auswechslungen der Wandkonstruktion dargestellt werden.

Im Zuge der Bauausführung sind Abstimmungen mit den Bauleitern notwendig, um Begehungstermine effizient zu gestalten. Die Art der Dokumentation und Mängelaufnahme sowie die Mängelbearbeitung sind frühzeitig mit den Bauleitern festzulegen. Offensichtliche Ausführungsmängel sollten direkt von den Bauleitern erfasst und die Abarbeitung koordiniert werden.

8 Literatur (ohne Hinweise im Text)

- [1] Michael Juch: Praxishandbuch Fachbauleitung Brandschutz, Leitfaden für Bau- und Objektüberwachung, 2018, Verlag Feuertrutz, Köln; ISBN 978-3-86235-337-8
- [2] Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung (AHO): Leistungsbild und Honorierung, 3. Auflage Heft 17: Leistungen Brandschutz, Stand Juni 2015
- [3] Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) 2013
- [4] DIN 4102-4 (2016-05): Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [5] Musterrichtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (MLAR), Fassung 10.02.2015 (Redaktionsstand 05.04.2016)
- [6] Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen M-VVTB), Stand August 2017
- [7] Musterbauordnung (MBO), 2002
- [8] Musterbauordnung (MBO), 2016
- [9] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Referat P4: Hinweise für die Tätigkeit von Prüfstellen für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse (Fassung 02/2015)

MBO-Schnittstellen zwischen Prüfindingenieuren und Planern beim Tragfähigkeitsnachweis mit Naturbrandmodellen

Hinweise auf das Verfahren und dessen Rechtsgrundlagen und Erläuterungen der Berechnungen und deren Prüfung

Mit der Aufnahme der Brandschutz-Eurocodes in die Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern ist – wie in anderen Bundesländern auch – jetzt eine Bemessung der tragenden Bauteile in Gebäuden auf der Basis von Naturbrandmodellen möglich und wurde deshalb beim Neubau eines Hostels in Rostock-Warnemünde angewendet. Es handelt sich im baurechtlichen Sinne um eine Beherbergungsstätte (Gebäudeklasse 5), das in Modulbauweise erstellt worden ist. Der folgende Beitrag beschreibt die Bemessung eines Tragwerks für dieses Gebäude mit einer ungeschützten außenliegenden Stahlkonstruktion mittels Naturbrandmodellen und deren Prüfung durch die Prüfindingenieure für Brandschutz und Standsicherheit. Dabei wird insbesondere auf die Schnittstellen bei Planung und Prüfung eingegangen. Diese Nachweise führten schlussendlich zu einer Genehmigungsfähigkeit des Bauvorhabens für das ungeschützte außenliegende Stahltragwerk und seiner Realisierung.



Dr.-Ing. Jens Upmeyer

studierte das Bauingenieurwesen (Konstruktiver Ingenieurbau) an der Leibniz Universität Hannover, wo er auch promovierte und, nach mehrjähriger praktischer tragswerksplanerischer Tätigkeit, einen Lehrauftrag für „Brandschutz im Stahlbau“ erhielt, er ist Mitglied in verschiedenen nationalen Brandschutz-Gremien sowie in Normenausschüssen für den Industriebau, die DIN 18230-4 und für die Brandschutz-Eurocodes; Jens Upmeyer ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz (2007), Prüfindingenieur für Brandschutz (2008), Partner der Hagen Ingenieurgesellschaft für Brandschutz (2011), Gründer der Prüfgesellschaft Upmeyer und Partner – Prüfindingenieure für Brandschutz (2014) und Prüfindingenieur des Eisenbahn-Bundesamtes (2016).



Prof. Dr.-Ing. Frank Riesner

ist Bauingenieur und Prüfindingenieur für Brandschutz; 1991 promovierte er an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus auf dem Gebiet des Explosionsschutzes; in seiner Tätigkeit als Bausachverständiger erfolgte die Spezialisierung auf den Brandschutz mit dem Aufbau des eigenen Ingenieur- und Sachverständigenbüros; seit 1994 übernahm er Lehraufträge an der Universität Rostock und der Hochschule Wismar; 2012 wurde er in Wismar zum Honorarprofessor für Brandschutzplanung berufen; er ist Dozent beim Europäischen Institut für postgraduale Bildung (EIPOS) der Technischen Universität Dresden; an der Hochschule Wismar leitet er seit 2006 das Netzwerk Brandschutz mit dessen jährlich stattfindenden Brandschutztagen an der Küste.

1 Einführung

In Rostock-Warnemünde wurde 2017 der Neubau des Hostels „DOCK INN Warnemünde“ errichtet. Bei dem Gebäude handelt es sich baurechtlich um eine Beherbergungsstätte. Das Gebäude besitzt sechs oberirdische Geschosse. Das Erd- und das 1. Obergeschoss wurden in Massivbauweise als Stahlbeton-Konstruktion errichtet. Ab dem 2. Obergeschoss handelt es sich um ein Modulgebäude, welches aus einzelnen Raumzellen zusammengesetzt wurde. Diese Raumzellen sind Überseecontainer, die für diesen ungewöhnlichen Einsatzzweck aus statischen und brandschutztechnischen Gründen teilweise verstärkt werden mussten. Sie erhielten von innen eine feuerbeständige Brandschutzbekleidung. Aufgrund der Höhe des Gebäudes mussten die von üblichen Containern bekannte außenliegende Stahlkonstruktion durch weitere Stahlrahmen sowohl für Horizontal- als auch für Vertikallasten verstärkt werden (**Abb. 1**). Es handelt sich hierbei um außenliegende Stahlbauteile, die zwischen den einzelnen Raumzellen angeordnet wurden. Die vorgelagerten Laubengänge dienen als Rettungswege aus den Räumen. Sie bestehen aus Stahlbetondecken, deren Lasten durch Stahlkonstruktionen abgetragen werden. Die tragenden und aussteifenden Bauteile und die Decken des Modulgebäudes müssen entsprechend den geltenden Regelwerken feuerbeständig ausgeführt werden, um die Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse R 90 beziehungsweise REI 90 erfüllen zu können.

Die Brandschutz-Eurocodes bieten die Möglichkeit, zur Bauteilbemessung nicht nur normative Temperaturzeitkurven wie die Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) anzuwenden, sondern unter Berücksichtigung der Bauwerksgeometrien und der Gebäudenutzung sowie der brandschutztechnischen Infrastruktur auch objektspezifische Bemessungsbrände zu ermitteln. Mit Aufnahme des Eurocode 1 Teil 1-2 (DIN EN 1991-1-2) in die Liste der Technischen Baubestimmungen ist diese Möglichkeit des Nachweisverfahrens im Land Mecklenburg-Vorpommern im September 2015 [5] baurechtlich eingeführt worden. Dies erfolgte mit einzelnen Auflagen, die in der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern verankert sind und unmittelbar in das Bemessungsverfahren der DIN EN 1991-1-2 [1] durch Vorgabe von Berechnungsparametern eingreifen.

Anhand des außenliegenden Stahltragwerkes des Modulgebäudes für den Neubau des Hostels werden in dem vorliegenden Beitrag die Möglichkeiten des in DIN EN 1991-1-2 [1] beschriebenen Bemessungsverfahrens dargelegt. Es werden Lösungsmöglichkeiten zum Erreichen eines konservativen Sicherheitsniveaus vorgestellt. Die Untersuchungen basieren auf Brandsimulationen mit einem Feldmodell unter Berücksichtigung der Bemessungsbrände der DIN EN 1991-1-2 [1] und Bauteilnachweisen mit einem allgemeinen Berechnungsverfahren entsprechend DIN EN 1993-1-2 [3] für den Brandfall. Diese Berechnungen führten schlussendlich zu einer Genehmigungsfähigkeit des Bauvorhabens für das Stahltragwerk. Darüber hinaus werden die Schnittstellen der Planung und der Prüfung einschließlich deren Verantwortlichkeiten und Konse-



Abb. 1: Stahlbau- und Containermontage des Hostels „DOCK INN Warnemünde“

quenzen bei Anwendung von Naturbrandmodellen an dem realisierten Gebäude vorgestellt. Es wird dargestellt, dass die Anwendung von Naturbrandmodellen eine Abweichung von Paragraph 67 Absatz 1 der Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern (LBauO M-V) erfordert, die im Genehmigungsverfahren geprüft und bewertet werden muss.

2 Vorgehensweise beim Naturbrandnachweis

In der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern [5] sind mit den Brandschutz-Eurocodes Regelwerke enthalten, die dem Anwender die Möglichkeit geben, das Tragwerk der Gebäude auf der Basis von objektspezifischen Bemessungsbränden für eine konkrete Nutzung unter Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur im Brandfall zu bemessen. Die Einwirkungen im Brandfall können entsprechend DIN EN 1991-1-2 [1] in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1991-1-2/NA [2] sowie den zusätzlichen Anforderungen aus der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern [5] und die Bauteilnachweise entsprechend DIN EN 1993-1-2 [3] in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1993-1-2/NA [4] aufgestellt werden. Es handelt sich um eingeführte Technische Baubestimmungen.

Dabei dürfen die Temperaturen im Brandraum entweder auf Grundlage von vereinfachten Naturbrandmodellen nach DIN EN 1991-1-2/NA [2] oder durch Brandsimulationen mit allgemeinen Berechnungsverfahren wie Zonen- oder Feldmodellen berechnet werden. In einzelnen Fällen kann es durchaus erforderlich sein, zusätzlich einen lokalen Brand nach DIN EN 1991-1-2 [1] zur Bemessung einzelner Bauteile zu berücksichtigen. Grundlage der Ermittlung der Temperaturen bildet dabei die Wärmefreisetzungsrate des Brandes. In der Wärmefreisetzungsrate wird das Sicherheitskonzept der Brandschutz-Eurocodes über den Nationalen Anhang DIN EN 1991-1-2/NA [2] mit seinen Teilsicherheitsbeiwerten berücksichtigt. Über diese Regelungen hinaus

werden in Anlage 1.2/1 Ziffer 6 der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern [5] folgende weitere Parameter festgelegt, die bei einer Bemessung mit Naturbrandmodellen zu berücksichtigen sind:

- Werden typische Mischbrandlasten mit einem pauschalen Wert für die Verbrennungseffektivität χ zum Ansatz gebracht, dann beträgt diese $\chi = 0,8$.
- Die Brandlastdichte kann neben dem pauschalen Wert der DIN EN 1991-1-2/NA objektspezifisch ermittelt werden. Der ermittelte Wert darf jedoch nicht kleiner als der pauschale Wert sein.
- Bei Wohnungen oder ähnlichen Nutzungen schließt die Erforderlichkeit betrieblicher Brandschutzmaßnahmen eine Anwendung von Naturbrandmodellen grundsätzlich aus.
- Für die Ausfallwahrscheinlichkeit der öffentlichen Feuerwehr ist der Wert $P_{2,2} = 0,5$ anzusetzen. Das bedeutet, die Ausfallwahrscheinlichkeit der öffentlichen Feuerwehr ist mit 50 Prozent zu berücksichtigen.
- Sonderbauten, bei denen die Auswirkungen des Versagens oder der Funktionsbeeinträchtigung eines Tragwerks zu schweren Folgen für Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen führen können, sind der Schadensfolge „hoch“ zuzuordnen.
- Die Wärmefreisetzungsrate ist so zu wählen, dass die maximale Wärmefreisetzungsrate nach spätestens zehn Minuten erreicht wird.

Die Temperaturzeitkurven im Brandraum für den Naturbrand sind unter Zugrundelegung eines Vollbrandes zu ermitteln. Das vereinfachte Naturbrandmodell nach DIN EN 1991-1-2/NA [2] gilt für Brände in Räumen bis zu 400 Quadratmeter. Bei größeren Räumen liegen die berechneten Temperaturzeitkurven zunehmend auf der sicheren Seite. Für diese Fälle bieten sich die allgemeinen Berechnungsverfahren (Zonen- und Feldmodelle) an.

Mit den berechneten Temperaturzeitkurven im Brandraum erfolgt der Nachweis der Tragfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile

des Gebäudes. Dazu wird im ersten Schritt eine thermische Analyse der Bauteile unter Berücksichtigung der temperaturabhängigen thermischen Materialeigenschaften nach Abschnitt 3.2 der DIN EN 1993-1-2 [3] durchgeführt.

Als zweiter Schritt folgt der Tragfähigkeitsnachweis unter Berücksichtigung der mechanischen Materialeigenschaften nach Abschnitt 3.4 der DIN EN 1993-1-2 [3]. Bei dem Nachweis können die günstigen Lagerungsbedingungen, wie beispielsweise Einspannungen an den statischen Auflagern in kalte Bauteile, berücksichtigt werden. Als Imperfektionen können aufgrund fehlender Regelungen konservativ beispielsweise die Ansätze aus der Bemessung unter Normaltemperaturen verwendet werden. Beim Nachweis werden die mechanischen Einwirkungen entsprechend den Vorgaben für eine außergewöhnliche Lastfallkombination reduziert. Der brandschutztechnische Nachweis des Tragwerks erfolgt dann an Bauteilen, Teiltragwerken oder Gesamttragwerken mit vereinfachten oder allgemeinen Rechenverfahren. Die verwendeten allgemeinen Rechenverfahren sind anhand der Validierungsbeispiele der DIN EN 1991-1-2/NA abzuschließen.

Darüber hinaus ist entsprechend der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern für den Nachweis des Brandschutzes in den Bauvorlagen darzustellen, wie die nach Naturbrandmodellen bemessenen Bauteile des Tragwerks mit den erforderlichen klassifizierten raumabschließenden Bauteilen, wie beispielsweise Brand- und Trennwänden, Decken, Wänden notwendiger Treppenträume und Flure, zu einem geeigneten Brandschutzkonzept zusammengefügt werden sollen. Dazu gehören Aussagen über die Anschlüsse brandschutztechnisch unterschiedlich bemessener Bauteile. Die Berücksichtigung dieser Anforderungen führt dazu, dass Nachweise auf der Basis von Naturbrandmodellen nur im Zusammenhang mit einem Brandschutzkonzept erstellt werden sollen (vgl. DIN EN 1991-1-2/NA [2] und Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern [5]).

Die Anwendung von Naturbrandmodellen für die Bemessung des Feuerwiderstandes tragender und aussteifender Bauteile erfordert eine Abweichung von Paragraph 67 Absatz 1 der Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern (LBauO M-V), da das Ergebnis dieser Nachweise keine Klassifizierung in eine Feuerwiderstandsklasse (F90/R90) darstellt, sondern den Bauteilen oder Tragwerken einen Feuerwiderstand gegenüber Natur- beziehungsweise Bemessungsbränden zuweist. Diese Abweichung kann auch im Rahmen des § 51 LBauO M-V als Erleichterung zugelassen werden.

Während der Nutzung des Gebäudes dürfen die Eingangsparameter für die Ermittlung der Brandbeanspruchung im Rahmen der Nachweisleitung auf der Grundlage von Naturbrandmodellen nicht erhöht werden, da sie für diese Nutzungen begrenzt sind. Dies gilt insbesondere für die Brandlastdichten. Änderungen der genehmigten Nutzung beziehungsweise der genehmigten Brandlastdichten können zu einer höheren Brandbeanspruchung führen. Hierzu ist eine Überwachung des laufenden Betriebes durch einen Brandschutzbeauftragten durchzuführen. Nutzungsänderungen, die zu Änderungen der Brandlastdichten führen, sind genehmigungspflichtig. Entsprechend der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern [5] ist eine Überprüfung der Brandlastannahmen innerhalb des ersten Jahres nach Aufnahme der Nutzung und wiederkehrend in Abständen von drei Jahren durch einen Prüfingenieur für Brandschutz durchzuführen.

3 Festlegung des Bemessungsbrandes

Zur Festlegung des Bemessungsbrandes sind grundsätzlich drei Schritte erforderlich. Als Erstes wird in Abhängigkeit vom Nutzungskonzept die charakteristische Brandlastdichte ermittelt und festgelegt. Als Zweites wird unter Berücksichtigung des Sicherheitskonzeptes, das die Parameter der Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes, der Ausfallwahrscheinlichkeit der manuellen Brandbekämpfung, der vorhandenen brandschutztechnischen Infrastruktur und den Einfluss der Schadensfolgen eines möglichen Brandes berücksichtigt, der Teilsicherheitsbeiwert für die Brandeinwirkung bestimmt. Im dritten Schritt wird der charakteristische Wert der maximalen Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes ermittelt. Die Kombination dieser Parameter liefert in der Regel durch Produktbildung schlussendlich den Bemessungsbrand.

Der charakteristische Wert der maximalen Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes ist im Wesentlichen abhängig von der Brandlastdichte. Die Brandlastdichte kann pauschal über eine Brandlastklassifizierung entsprechend dem Nutzungskonzept oder im Einzelfall objektspezifisch ermittelt werden. Die Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall ist auch unter Berücksichtigung der Liste der Technischen Baubestimmungen [5] grundsätzlich möglich, allerdings dürfen hiernach die ermittelten Brandlastdichten nicht unterhalb der pauschalen Werte der Brandlastdichte liegen. Die Ermittlung der Brandlastdichte im Einzelfall ist somit nicht praxistauglich.

Der zeitliche Verlauf des charakteristischen Wertes der maximalen Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes gliedert sich in drei Phasen. In der Entwicklungsphase des Brandes nimmt die Wärmefreisetzungsrate quadratisch zu und steigt bis zu einem Maximalwert an. Während dieser Phase ist der Verlauf abhängig von der Brandausbreitungsgeschwindigkeit, welche Tabelle BB.2 aus [2] in Abhängigkeit von der Nutzung entnommen werden kann. Die Entwicklungsphase endet mit dem Erreichen der maximalen Wärmefreisetzungsrate, wonach der Übergang in die stationäre Phase des Vollbrandes erfolgt. Bei der Ermittlung der maximalen Wärmefreisetzungsrate ist zwischen dem brandlastgesteuerten Brand und dem ventilationsgesteuerten Brand zu unterscheiden. Für die Bemessung der tragenden und aussteifenden Bauteile ist ein brandlastgesteuerter Brand in jedem Fall als auf der sicheren Seite liegend zu betrachten. Die stationäre Phase endet, wenn 70 Prozent der zuvor bestimmten Brandlast aufgebraucht sind. An diesem Punkt befindet sich der Übergang zur Abklingphase, welche vereinfachend als linearer Verlauf angenommen werden kann. In **Abb. 2** ist für einen Raum der zeitliche Verlauf der maximalen Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes für die Nutzung Beherbergungsstätte dargestellt. Die einzelnen Phasen des Brandes sind deutlich zu erkennen.

Das Sicherheitskonzept der DIN EN 1991-1-2/NA [2] basiert, wie auch das aus der Tragwerksplanung bekannte Sicherheitskonzept der DIN EN 1990, auf einer Risikobetrachtung. Die wesentlichen Einflussfaktoren sind die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes p_{fi} und die zulässige Versagenswahrscheinlichkeit für Bauteile p_f . Die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes ermittelt sich aus der jährlichen Auftretenswahrscheinlichkeit eines Entstehungsbrandes, der Ausfallwahrscheinlichkeit der manuellen Brandbekämpfung und der Ausfallwahrscheinlichkeit der Brandbekämpfung durch automatische Löschanlagen. Die Ausfallwahrscheinlichkeit der manuellen Brandbekämpfung berücksichtigt die Brandbekämpfung durch die Nutzer im Gebäude und die Brandbekämpfung durch öffentliche Feuerwehren oder Be-

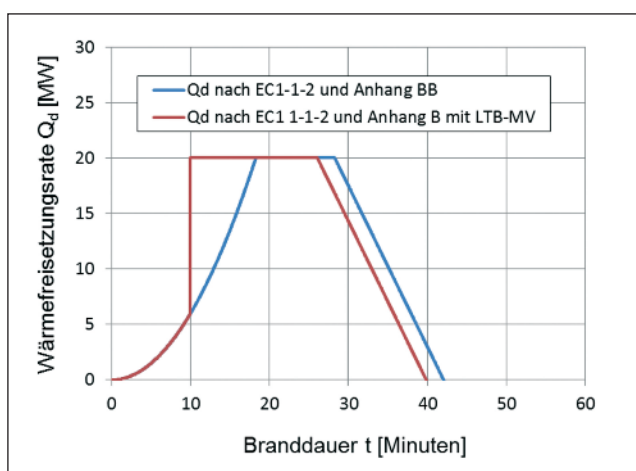


Abb. 2: Verlauf des Bemessungswertes der Wärmefreisetzungsrates für die Bemessung des außenliegenden Stahltragwerkes der Raumzellen des „Dock INN Hostel Warnemünde“ für die Obergeschosse (Beherbungsstätte) nach DIN EN 1991-1-2/NA

triebs- oder Werkfeuerwehren. Neu ist zu dem bisherigen Sicherheitskonzept die Berücksichtigung der Schadensfolge hinzugekommen.

Die zugehörigen Ausfallwahrscheinlichkeiten können Tabelle BB.4 aus [2] entnommen werden. Es ist jedoch zu beachten, dass für die Ausfallwahrscheinlichkeit der Brandbekämpfung durch die öffentliche Feuerwehr gemäß Liste der Technischen Baubestimmungen stets ein Wert von $p_{2,2} = 0,5$ anzusetzen ist. Die positiven Auswirkungen einer automatischen Brandmeldeanlage mit Alarmweiterleitung zur Feuerwehr haben dann rechnerisch keinen Einfluss. Hierbei handelt es sich um eine äußerst konservative Festlegung. Aus der zulässigen bedingten Versagenswahrscheinlichkeit können dann der erforderliche Teilsicherheitsbeiwert unter Ansatz einer Standard-Normalverteilung errechnet werden. Der so berechnete Teilsicherheitsbeiwert für die Brandeinwirkung liegt stets zwischen den Grenzwerten 0,68 und 1,43. Es bleibt abschließend festzuhalten, dass beim Ansatz der Naturbrandmodelle stets vom Vollbrand ausgegangen wird. Dies setzt voraus, dass jede brandschutztechnische Infrastruktur, welche die Entstehung eines Vollbrandes verhindern soll, ausgefallen ist. Der Einfluss der brandschutztechnischen Infrastruktur spiegelt sich ausschließlich im Teilsicherheitsbeiwert wider.

4 Tragfähigkeitsnachweise im Brandfall

Die Grundlage der Nachweise der Standsicherheit von Stahlkonstruktionen im Brandfall bildet die DIN EN 1993 Teil 1-2 [3]. Dort sind temperaturabhängige mechanische Werkstoffkennwerte wie Spannungs-Dehnungsbeziehungen und thermische Dehnungen als auch thermische Werkstoffkennwerte wie Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität und Dichte geregelt. Bei den Berechnungen wird der Einfluss der erhöhten Temperatur auf die Festigkeitseigenschaften von Baustahl hinsichtlich der Fließgrenze, der Proportionalitätsgrenze und des Elastizitätsmoduls durch Rechenwertfunktionen berücksichtigt. Dabei werden Abminderungsfaktoren für die Spannungs-Dehnungsbeziehungen von Stahl unter erhöhten Temperaturen für Fließgrenze, Proportionalitätsgrenze und Elastizitätsmodul nach Tabelle 3.1 aus [3] angesetzt. Die Nachweise der Stahlbauteile können alternativ sowohl mit vereinfachten Berechnungsverfahren auf Temperaturebene oder auf Tragfähigkeitsebene als auch mit allgemeinen Berechnungsverfah-

ren erfolgen. Beim Nachweis auf Temperaturebene, dem θ_{cr} -Verfahren, wird gezeigt, dass die höchste im Brandfall auftretende Stahltemperatur unterhalb der kritischen Stahltemperatur θ_{cr} bleibt. Die kritische Stahltemperatur θ_{cr} ist die Temperatur, bei der der Bauteilwiderstand gerade noch so groß ist, wie die Beanspruchung infolge mechanischer Lasten bei Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors von 1,0. Das θ_{cr} -Verfahren berücksichtigt weder Verformungen noch Stabilitätseffekte. Beim Nachweis auf Tragfähigkeitsebene wird im Brandfall der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt. Dabei können die Stabilitätseffekte berücksichtigt werden. Zusätzlich können beispielsweise Verformungen nachgewiesen werden, wenn das erforderlich wird. Der Nachweis auf Tragfähigkeitsebene erfolgt analog den Nachweisverfahren bei Raumtemperatur. Es wird jedoch berücksichtigt, dass sich die mechanischen und thermischen Werkstoffkennwerte infolge der erhöhten Temperaturen verringern. Beim Nachweis mit Hilfe von allgemeinen Berechnungsverfahren werden numerische Untersuchungen mit einem transienten, nicht-linearen, inkrementellen Computerprogramm durchgeführt, das Berechnungsmodelle für die thermische und die mechanische Analyse besitzt. Mit der thermischen Analyse werden die zeitabhängigen Temperaturfelder in den Stahlquerschnitten berechnet, während mit der mechanischen Analyse die Verformungen, Schnittgrößen und Steifigkeiten unter Berücksichtigung der thermischen Dehnung sowie der temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften ermittelt werden. In jedem Zeitschritt werden die Temperaturverteilungen im Bauteil (als thermisches Problem) und die damit verbundenen Spannungs- und Dehnungsverteilungen (als mechanisches Problem) berechnet. Tragwerksversagen kann entweder infolge Instabilität, Gleichgewichtsverlust oder Überschreiten der Materialbruchdehnung eintreten. Bei allen Berechnungen können Brandschutzkleidungen berücksichtigt werden.

5 Schnittstellen bei Naturbrandnachweisen

Im bauaufsichtlichen Verfahren werden die Nachweise der Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden Bauteile üblicherweise durch den Prüfingenieur für Standsicherheit geprüft (vgl. die Verordnung über die Prüfingenieurinnen, Prüfingenieure, Prüfsachverständigen und die Prüfung technischer Anlagen (Bauprüfverordnung – BauPrüfVO M-V) oder die Muster-Verordnung über die Prüfingenieure und Prüfsachverständigen nach § 85 Abs. 2 MBO (M-PPVO). Werden Nachweise der Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden Bauteile auf der Grundlage von Naturbrandmodellen geführt, dann muss der für die Prüfung dieser Nachweise beauftragte Prüfingenieur für Standsicherheit entweder zugleich Prüfingenieur für Brandschutz sein oder für die Beurteilung der Brandeinwirkungen einen mit derartigen Brandmodellen erfahrenen Prüfingenieur für Brandschutz hinzuziehen. Die Schnittstellen sind in **Abb. 3** für die Regelungen der Musterbauordnung dargestellt. Sie gelten gleichermaßen im Land Mecklenburg-Vorpommern.

Im Rahmen der Prüfung der Brandeinwirkung sind alle Eingangsparameter auf Vollständigkeit und Richtigkeit zu überprüfen; nur stichprobenartige Prüfungen oder Plausibilitätsprüfungen genügen nicht (vgl. Anlage 1.2/1 Ziffer 2 der Liste der Technischen Baubestimmungen des Landes Mecklenburg Vorpommern [5]). Die Schnittstelle bezüglich der Verantwortung der Prüfingenieure liegt zwischen den Nachweisschritten Prüfung der thermischen Einwirkungen einschließlich Berechnung der Brandraumtemperaturen und Prüfung der thermischen Analyse einschließlich der Temperaturverteilungen in den Bauteilen beziehungsweise in den Tragwerken mit Beurteilung der Tragfähigkeit und

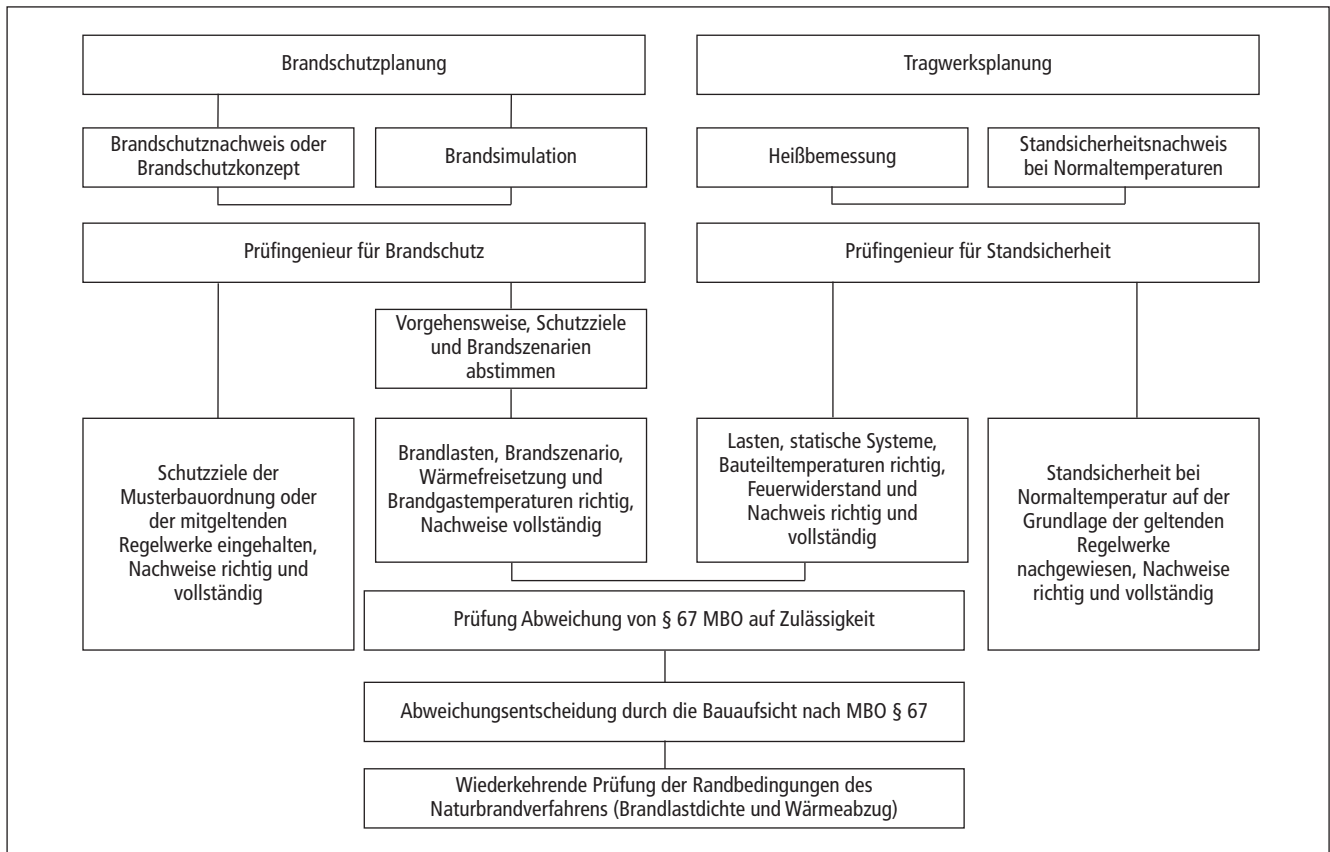


Abb. 3: Schnittstellen bei der Planung und der Prüfung von Naturbrandnachweisen auf der Grundlage der Musterbauordnung (MBO)

der Verformungen im Brandfall. In der Praxis erfolgt die Prüfung der Bauteiltemperaturen jedoch sehr oft durch den Prüfingenieur für Brandschutz aufgrund fehlender Software oder zu geringer Anwendungserfahrung. Dies bedeutet eine Verschiebung der Schnittstelle in Richtung des Prüfingenieurs für Brandschutz.

Über die Anwendbarkeit von Naturbrandmodellen ist dann durch beide Prüfingenieure im Rahmen einer Abweichung von § 67 Absatz 1 LBauO M-V zu entscheiden. Die Musterbauordnung enthält die gleiche Regelung. Vor der Entscheidung über die Abweichung ist die zuständige Brandschutzdienststelle im Hinblick auf die Belange des abwehrenden Brandschutzes zu hören, da die Feuerwiderstandsfähigkeit des Tragwerks für die Durchführung wirksamer Löscharbeiten von wesentlicher Bedeutung ist.

6 Praxisbeispiel: Neubau Hostel „DOCK INN Warnemünde“

Der Neubau des Hostels ist in die Gebäudeklasse 5 und gemäß Paragraph 2 Absatz 4 Nummern 3, 6 und 8 der Landesbauordnung M-V als Sonderbau einzustufen. Die maßgebliche Sonderbaueinstufung resultiert aus der Nutzung als Beherbergungsstätte mit circa 190 Betten und als Gaststätte mit rund 90 Gastplätzen. Darüber hinaus liegt die Grundfläche des Gebäudes bei ungefähr 2.200 Quadratmetern, und es gibt Räume, die einzeln für eine Nutzung durch mehr als 100 Personen bestimmt sind.

Das Gebäude ist nicht unterkellert und verfügt über sechs oberirdische Geschosse, wovon das Erd- und 1. Obergeschoss aus Stahlbeton und das 2. bis 5. Obergeschoss modular aus einzelnen Raumzellen (Über-

seecontainer) errichtet wurden. Das Erd- und 1. Obergeschoss nehmen in zwei geschossübergreifenden Hallen das Foyer mit der Lobby und dem Restaurant sowie, baulich davon abgetrennt, eine Boulderhalle auf. Die insgesamt 61 Beherbergungsräume verteilen sich auf die weiteren Obergeschosse mit den Raumzellen, wobei im 5. Obergeschoss noch ein Wellnessbereich vorhanden ist.

Nahezu mittig wird das circa 82 Meter lange und bis zu 27 Meter breite Gebäude in allen Geschossen durch eine innere Brandwand in zwei Brandabschnitte unterteilt. Die vertikale Erschließung erfolgt über drei notwendige Treppen an den beiden Giebelseiten und in der Gebäudemitte, die sowohl in Treppenträumen als auch in Form von Außentrep-pen angeordnet sind. In den vier Beherbergungsgeschossen verbinden offene Gänge (Laubengänge) mit jeweils zwei Fluchrichtungen die drei Treppen miteinander, so dass die Rettungswege für alle Beherbergungs- und Aufenthaltsräume regelkonform nachgewiesen werden. (Abb. 4).

Neben den umgesetzten Vorgaben der Beherbergungsstättenverordnung (BstättVO M-V) beim Anlagentechnischen Brandschutz verfügt das Hostel über eine automatische Brandmeldeanlage gemäß DIN VDE 0833 und DIN 14675 in der Kategorie 1 (Vollschutz) mit einer Aufschaltung zur Leitstelle der Feuerwehr sowie über Löschwasserleitungen - Steigleitungen "trocken" - bei allen Treppenaufgängen.

Der vom Ingenieurbüro Rössel Brandschutz aus Berlin erstellte Brandschutznachweis [16] beinhaltet eine Abweichung von der Leitungsanlagen-Richtlinie (LAR) nach § 3 Abs. 3 LBauO M-V und drei Erleichterungen nach § 51 LBauO M-V. Mit Bezug auf Punkt 4 der LAR in Verbindung mit § 40 Abs. 1 LBauO M-V wurde mit Detaillösungen die feuerbeständige Abschottung der Leitungsdurchführungen durch die Son-



Abb. 4: Brandschutztechnische Visualisierung des 2. bis 5. Obergeschoss aus [16]



Abb. 5: Vorder- und Rückansicht des Hostels „Dock INN Warnemünde“ mit großzügigen Öffnungsflächen in Form von Fenstern in den Modulgeschossen vom 2. bis 5. Obergeschoss

derdecken der Modulbauweise mit einer anderen Lösung in gleichem Maße hinreichend nachgewiesen. Zu den Erleichterungen beim Baulichen Brandschutz gehören die Brandabschnittslänge im Erdgeschoss mit bis zu circa 46 Meter und in den Obergeschossen mit bis zu 41 Meter anstatt zulässig von höchstens 40 Meter und die ungeschützten Deckenöffnungen zwischen dem Erdgeschoss und 1. Obergeschoss innerhalb von Nutzungseinheiten mit einer Fläche von mehr als 400 Quadratmeter anstatt nicht mehr als 400 Quadratmeter. Den Schwerpunkt bei den Erleichterungen bilden die Tragkonstruktionen im 2. bis 5. Obergeschoss mit der Modulbauweise und den Laubengängen.

Die tragenden und aussteifenden Bauteile der Überseecontainer und der Laubengänge bestehen ab dem 2. Obergeschoss aus außenliegenden ungeschützten Stahlbauteilen. Diese Stahlbauteile müssen die Anforderungen an feuerbeständige Bauteile erfüllen (Abb. 4). Für eine Brandbeanspruchung innerhalb der Überseecontainer sind diese Stahlbauteile im inneren mit feuerbeständigen Brandschutzplatten bekleidet worden. Demnach erfolgt die höchste Temperaturbeanspruchung für die außenliegenden ungeschützten Stahlbauteile entweder durch einen Brand außerhalb des Gebäudes oder bei einem Herausbrand aus den Öffnungen (Abb. 5).

Um dennoch das baurechtlich geforderte Schutzziel von einem Feuerwiderstand von mindestens 90 Minuten zu erreichen, wurde eine Lö-

sung entwickelt, bei der die ungeschützte außenliegende Stahlkonstruktion (Abb. 6) auf der Grundlage von Naturbränden mittels Heißbemessung nachgewiesen wurde. Dabei wurde für die Ermittlung der Brandraumtemperaturen als Grundlage der Heißbemessung ein Naturbrandmodell verwendet.

Abb. 7 zeigt exemplarisch die Brandlastdichte der Beherbergungsstätte und die Öffnungsflächen in Form von Fenstern in der Fassade. Hier-



Abb. 6: Ungeschützte Stahlkonstruktion der Laubengänge mit Stahlbetondecken



Foto: Dr. Riesner und Partner, Wismar

Abb. 7: Exemplarische Darstellung der Brandlastdichte der Beherbergungsräume und der Öffnungsflächen in Form von Fenstern in der Fassade

bei handelt es sich um eine atypische Beherbergungsstätte mit sehr strukturierter und begrenzter Brandbelastung eines Hostels. Die Brandlastdichten in dem Gebäude sind deutlich geringer als in üblichen Beherbergungsstätten. Dennoch wurde konservativ mit dem pauschalen Wert für die Brandlastdichte aus DIN EN 1991-1-2/NA [2] von 431 MJ/m^2 gerechnet.

Bei der Festlegung des Bemessungsbrandes gab es einige Besonderheiten: Die Anforderung, dass die maximale Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes nach spätestens zehn Minuten erreicht werden muss, wurde umgesetzt, obwohl sich diese bei den vorliegenden Randbedingungen des Bauvorhabens physikalisch nicht einstellen kann. Diese Anforderung soll den schlagartigen Beginn des Vollbrandes durch den „flash-over“ abdecken. Bei der Berechnung des Teilsicherheitsbeiwertes für die Brandeinwirkung wurde die Ausfallwahrscheinlichkeit für die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr mit 0,5 angesetzt, obwohl dies bei der Leistungsfähigkeit der Berufsfeuerwehr Rostock nicht erforderlich gewesen wäre. Da es sich um einen Sonderbau handelt, wurde bei der zulässigen Versagenswahrscheinlichkeit eine hohe Schadensfolge berücksichtigt. Die Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes ist **Abb. 2** zu entnehmen. Die maximale Wärmefreisetzungsrate des Bemessungsbrandes betrug circa 20 MW.

Die Berechnung der Brandraumtemperaturen wurde mit dem Feldmodell Fire Dynamics Simulator (FDS) durchgeführt (**Abb. 8**). Das FDS-Modell wurde in einzelne Zellen mit einer Größe von $10 \times 10 \times 10$ Zentimeter aufgeteilt. Hieraus ergibt sich für die Berechnung eines Modells

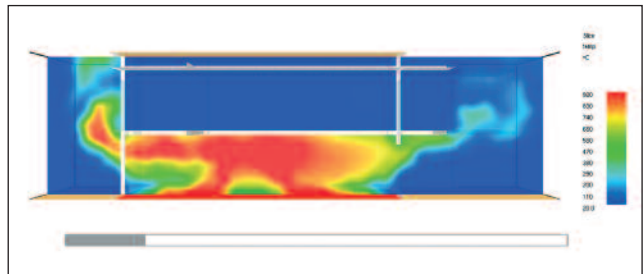


Abb. 8: Berechnete Gastemperaturen für das 2. Obergeschoss für den Bemessungswert der Wärmefreisetzungsrate aus Abbildung 2 nach 26 Minuten aus dem Feldmodell FDS (Fire-Dynamic-Simulator)

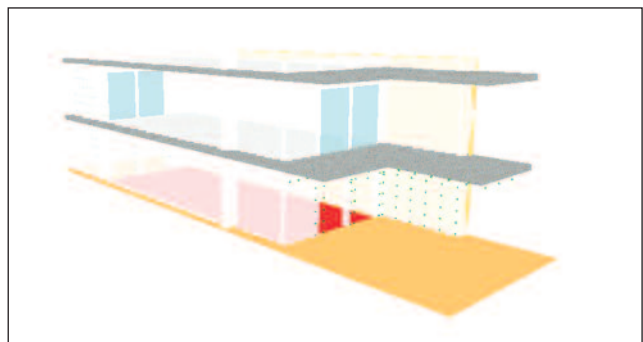


Abb. 9: Computermodell für die aus Überseecontainern gebildeten Raumzellen des 2. Obergeschoss mit davorliegenden Laubengängen aus dem Feldmodell FDS (Fire-Dynamic-Simulator)

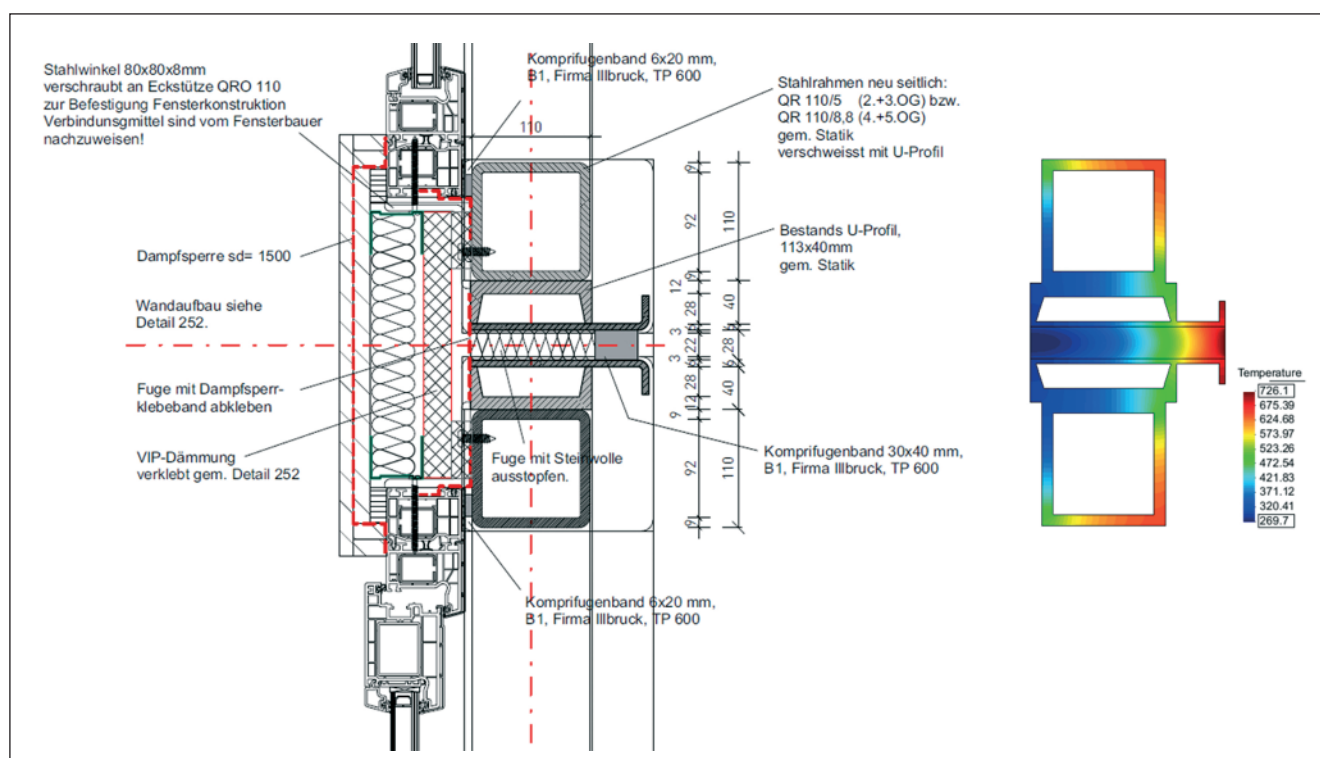


Abb.10: Ergebnisse der Temperaturfeldberechnungen im Brandfall für das außenliegende Stahltragwerk der Raumzellen, hier für die Stütze im Bereich der Fenster

bestehend aus einem Überseecontainer eine Gesamtzahl von 98.000 Zellen (Abb. 9). Die Simulationsdauer betrug 90 Minuten. Die Temperaturen wurden an den außenliegenden ungeschützten Stahlbauteilen ermittelt. Diese so ermittelten Temperaturzeitkurven dienen als Eingangsparameter für die Stahlbemessung.

Anhand der ermittelten Temperaturzeitkurven wurden die Temperaturverläufe innerhalb der ungeschützten außenliegenden Stahlbauteile ermittelt. Die berechneten Stahltemperaturen betragen für die Träger der Überseecontainer (maßgebend ist der Sturz über den Fenstern) maximal 700 Grad Celsius und für Stützen der Überseecontainer (maßgebend ist die Stütze vor den Fenstern) maximal 650 Grad Celsius. Die Stahltemperatur für die Träger der Laubengänge betrug maximal 670 und für Stützen maximal 725 Grad Celsius. Diese Stahltemperaturen dienen als Eingangswerte für die Bemessung des Stahltragwerks im Brandfall.

Abb. 10 enthält die Temperaturverteilung für die Stahlstütze vor dem Fenster der Überseecontainer. Mit der maximalen Ausnutzung der Stahlstütze wurde für diese nachgewiesen, dass das Tragwerk für die geforderte Branddauer von 90 Minuten gegenüber den Einwirkungen im Brandfall standsicher ist und somit das definierte Schutzziel erreicht wird. Der gleiche Nachweis wurde für alle anderen Stahlbauteile positiv geführt.

Abb. 11 zeigt das statische System für den Ausfall einer Stahlstütze des Laubenganges für einen Brand in einem Überseecontainer im 2. Obergeschoss. Die maximale Ausnutzung des Tragwerks wurde berücksichtigt. Durch diese Berechnung wurde nachgewiesen, dass das Tragwerk für die geforderte Zeit von 90 Minuten gegenüber den Einwirkungen im Brandfall standsicher ist und somit das definierte Schutzziel erreicht wird, obwohl eine Stahlstütze ausfällt, aufgrund der Temperaturbeanspruchung durch Umlagerung zu kälteren Bauteile.

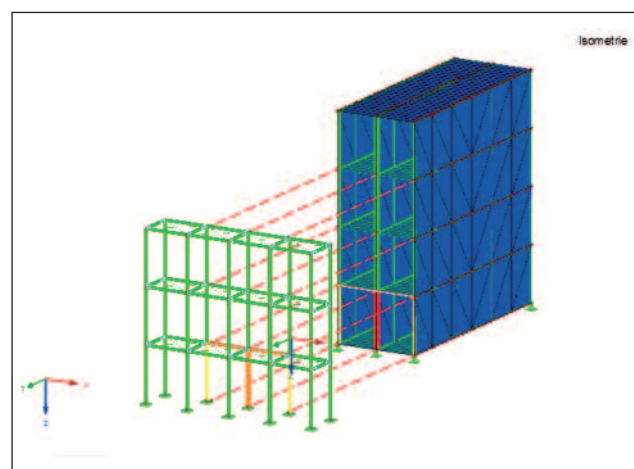


Abb. 11: Statisches System für den Nachweis der Tragfähigkeit (keine kinematische Kette) der ungeschützten Stahlkonstruktion der Laubengänge

An dem Projekt waren für den Brandschutz neben dem Entwurfsverfasser Holzer Kobler Architekturen der Brandschutznachweisersteller Rössel Brandschutz und die Ingenieurbüros für Tragwerksplanung Leipold und Hippe beteiligt. Die Naturbrandnachweise wurden durch die Hagen Ingenieure für Brandschutz erstellt. Prüfingenieure waren Dr. Binder aus Schwerin (Standisicherheit) und Prof. Dr. Riesner aus Wismar (Brandschutz). Das Gebäude fällt in den Zuständigkeitsbereich der Bauaufsicht der Hansestadt Rostock und der Berufsfeuerwehr Rostock.

7 Literatur

- [1] DIN EN 1991-1-2: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-2, Allgemeine Einwirkungen, Brandeinwirkungen auf Tragwerke, 12/2010
- [2] DIN EN 1991-1-2/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-2/NA: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke, 12/2010
- [3] DIN EN 1993-1-2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall, 12/2010
- [4] DIN EN 1993-1-2/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-2/NA: Allgemeine Einwirkungen - Tragwerksbemessung für den Brandfall, 12/2010
- [5] Liste der Technischen Baubestimmungen 2015, Bekanntmachung des Ministeriums für Wirtschaft, Bau und Tourismus - V 540 - 516-00000-2015/031 - VV Mecklenburg-Vorpommern, Gl. Nr. 2130-15, 30. September 2015
- [6] E VDI/BV-BS 6206: Gebäude aus vorgefertigten wiederverwendbaren Raumzellen in Stahlrahmenbauweise, Blatt 3: Brandschutz, VDI-Richtlinie, 11/2017
- [7] Upmeyer, J.: Nachweis der Brandsicherheit von kammerbetonierten Verbundbauteilen über Grenzbrandlasten, Schriftenreihe des Institut für Stahlbau Nr. 19, Shaker Verlag, Institut für Stahlbau, Universität Hannover, Dissertation, 2001
- [8] Hosser, D.: vfdb-Leitfaden - Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Technisch-Wissenschaftlicher Beirat der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., 2013
- [9] Upmeyer, J.: Prüfung von Ingenieurmethoden des Brandschutzes im Dialog zwischen Fachplaner und Prüfmgenieur, in: DER PRÜFINGENIEUR, Heft 44, Mai 2014
- [10] Zehfuß, J.: Die Brandschutzteile der Eurocodes als neue Regelnorm für die Brandschutzbemessung von Bauteilen und Tragwerken – Welche Prämissen sind für die Brandschutzbemessung mit Naturbrandmodellen sinnvoll und wie werden sie geprüft?, in: DER PRÜFINGENIEUR, Heft 46, Mai 2015
- [11] Hosser, D.; Zehfuß, J.; Upmeyer, J.; et. al.: Brandschutz in Europa – Bemessung nach Eurocodes: Erläuterungen und Anwendungen zu den Brandschutzteilen der Eurocodes 1 bis 6, Beuth Kommentar, 3. Auflage, 2017
- [12] Upmeyer, J.; Spille, J.: Zur Feuerwiderstandsfähigkeit des Stahltragwerkes eines ehemaligen Heizkraftwerks in München unter Naturbrandbeanspruchung, Tagungsband Workshop 2015 - Heißbemessung, Braunschweiger Brandschutztag, 2015
- [13] Upmeyer, J.; Windelberg, M.: Untersuchungen zur Feuerwiderstandsfähigkeit von Raumzellen, Tagungsband Workshop 2016 - Heißbemessung, Braunschweiger Brandschutztag, 2016
- [14] Statische Berechnung für das Bauvorhaben „Neubau eines Hostels“, Zum Zollamt 4, Rostock-Warnemünde - Containertragwerk, Ingenieurbüro Leipold, Berlin, 2014
- [15] Statische Berechnung für das Bauvorhaben „Neubau eines Hostels“, Zum Zollamt 4, Rostock-Warnemünde - Laubengänge, Ingenieurbüro Hippe, Essen, 2014
- [16] Brandschutznachweis für das Bauvorhaben „Neubau eines Hostels“, Zum Zollamt 4, in Rostock Warnemünde, Rössel Brandschutz, Berlin, 2014

Bauüberwachung Brandschutz: Was unterscheidet den Prüflingenieur vom Brandschutz-Sachverständigen? Bearbeiten beide analoge Aufgaben oder ergänzen sich ihre ungleichen Leistungen sinnvoll und notwendig?

In vielen Bundesländern erfolgt die Prüfung des Brandschutzes durch Prüflingenieure für Brandschutz oder – vergleichbar – durch Prüfsachverständige für Brandschutz. Bestandteil dieser Prüftätigkeit ist eine Bauüberwachung. Unabhängig von dieser Tätigkeit und zusätzlich führen vielfach Brandschutzsachverständige, die zumeist auch die Ersteller des Brandschutzkonzeptes sind, projektbegleitende Kontrollen der Bauausführung durch und beraten die Projektbeteiligten zum Brandschutz. Für diese Tätigkeit wird häufig der Begriff „Fachbauleitung Brandschutz“ verwendet. Handelt es sich hier um eine Dopplung von Aufgaben? Oder ergänzen sich beide Tätigkeiten? Im vorliegenden Fachbeitrag soll diese Frage beantwortet werden. Es wird dargelegt, worin die beiden Tätigkeiten bestehen, welche Ziele verfolgt werden, wo Gemeinsamkeiten bestehen und wo Unterschiede festzustellen sind.

1 Bauüberwachung durch Prüflingenieure für Brandschutz

Die Aufgaben der Prüflingenieure für Brandschutz werden durch Gesetzen, Verordnungen und ergänzend durch Verwaltungsvorschriften geregelt. Die Vorgaben unterscheiden sich in den einzelnen Bundesländern sowohl grundsätzlich – hoheitliche Prüfung oder privatrechtliche Prüfung –, als auch im Detail. Nachfolgend wird beispielhaft auf die Regelungen in Sachsen Bezug genommen. Für Ableitungen in anderen Bundesländern sind die dort geltenden Regelungen maßgebend.

Die Aufgaben des Prüflingenieurs für Brandschutz sind in Paragraph 30 Absatz 1 der Durchführungsverordnung zur Sächsischen Bauordnung (DVOSächsBO) [1] definiert:

Prüflingenieure für Brandschutz prüfen die Vollständigkeit und Richtigkeit der Brandschutznachweise unter Beachtung der Leistungsfähigkeit der örtlichen Feuerwehr. Sie haben die für den Brandschutz zuständige Behörde zu beteiligen und deren Anforderungen bezüglich der Brandschutznachweise zu würdigen. Prüflingenieure für Brandschutz überwachen die ordnungsgemäße Bauausführung hinsichtlich der von ihnen geprüften Brandschutznachweise.

Hinsichtlich des Inhalts und Umfangs der Bauüberwachung werden in der DVOSächsBO keine weiteren Vorgaben gemacht. Hier ist zunächst die Sächsische Bauordnung (SächsBO) [2] heranzuziehen, die in Paragraph 81 Vorgaben zur Bauüberwachung enthält:

(2) Die Bauaufsichtsbehörde überwacht nach näherer Maßgabe der Rechtsverordnung nach § 88 Absatz 2 die Bauausführung bei baulichen Anlagen

1. nach § 66 Absatz 3 Satz 1 und 2 hinsichtlich des von ihr bauaufsichtlich geprüften Standsicherheitsnachweises und

2. nach § 66 Absatz 3 Satz 3 hinsichtlich des von ihr bauaufsichtlich geprüften Brandschutznachweises.

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4, ausgenommen Sonderbauten sowie Mittel- und Großgaragen im Sinne der Verordnung nach § 88 Absatz 1 Nummer 3, ist die mit dem Brandschutznachweis übereinstimmende Bauausführung vom Nachweisersteller oder einem anderen Nachweisberechtigten im Sinne des § 66 Absatz 2 Satz 4 oder von einer als Prüflingenieur für Brandschutz anerkannten Person zu bestätigen.

(3) Im Rahmen der Bauüberwachung können Proben von Bauprodukten, soweit erforderlich, auch aus fertigen Bauteilen zu Prüfzwecken entnommen werden.



Dipl.-Phys. Monika Rosemann

Master of Engineering (MEng) Vorbeugender Brandschutz, vom Eisenbahn-Bundesamt akkreditierte Prüferin für bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau, Beratende Ingenieurin der Ingenieurkammer Sachsen (Tätigkeitsschwerpunkte: Brandschutzkonzepte, Ingenieurmethoden: Brandsimulation, Heißrauchversuche und Tunnel-Brandversuche); Geschäftsführerin der Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH (Leipzig)

(4) Im Rahmen der Bauüberwachung ist jederzeit Einblick in die Genehmigungen, Zulassungen, Prüfzeugnisse, Übereinstimmungszertifikate, Zeugnisse und Aufzeichnungen über die Prüfungen von Bauprodukten in die CE-Kennzeichnungen und Leistungserklärungen nach der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 sowie, in die Bautagebücher und andere vorgeschriebene Aufzeichnungen zu gewähren.

In Paragraf 81 Absatz 2 der Sächsischen Bauordnung wird festgelegt, dass eine Bauüberwachung durchgeführt wird, in den Absätzen 3 und 4 werden Hinweise zur inhaltlichen Ausgestaltung der Bauüberwachung gegeben.

Paragraf 88 Absatz 2 SächsBO ermächtigt die oberste Bauaufsichtsbehörde durch Rechtsverordnung über Prüferingenieure und Prüferämter Vorschriften zu erlassen, denen bauaufsichtliche Prüfaufgaben einschließlich der Bauüberwachung und der Bauzustandsbesichtigung übertragen werden.

Eine weitere Untersetzung der Forderungen aus der SächsBO findet sich in der Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Sächsischen Bauordnung (VwVSächsBO) [3] Nr. 81:

81.1.1 Notwendigkeit, Umfang und Häufigkeit der Bauüberwachung richten sich nach der Schwierigkeit der Bauausführung unter Berücksichtigung möglicher Folgen, die sich aus der Nichtbeachtung von Bauvorschriften für die Anlage ergeben könnten. Die Bauüberwachung soll sich auch auf die Ausbauphase in Gebäuden erstrecken. [...]

81.2 Soweit mit der Prüfung der bautechnischen Nachweise ein Prüferingenieur beauftragt war, obliegt diesem auch die Bauüberwachung (§ 15 Abs. 3 DVOSächsBO).

81.4 Auf der Baustelle sollen bei der Bauüberwachung die Verwendbarkeitsnachweise überprüft werden, die vom Unternehmer nach § 55 Abs. 1 Satz 2 auf der Baustelle bereitzuhalten sind. [...]

Die Überprüfung der Verwendbarkeit der Bauprodukte und der Anwendbarkeit der Bauarten kann stichprobenartig erfolgen, es sei denn, es gibt konkrete Hinweise, dass unrechtmäßig oder entgegen den Bestimmungen der §§ 17 ff. nicht gekennzeichnete Bauprodukte verwendet oder Bauarten ohne die nach § 21 erforderliche Zulassung oder Zustimmung angewendet werden. [...]

In Abschnitt VI der Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern über die bautechnische Prüfung von Bauvorhaben (VwVBauPrüf) [4] werden unter der Nummer 3 präzisierend Vorgaben zur Bauüberwachung gemacht:

Wird die Bauüberwachung auf Stichproben beschränkt, müssen diese ausreichenden Einblick in die Bauarbeiten geben und ein frühzeitiges Eingreifen bei mangelhafter Sorgfalt des Unternehmers und bei unzureichender Überwachung durch den Bauleiter ermöglichen. Es ist besonders darauf zu achten, dass Übereinstimmung mit den geprüften Unterlagen besteht und die erforderlichen Verwendbarkeitsnachweise oder Anwendbarkeitsnachweise vorliegen, sowie die Bauprodukte entsprechend gekennzeichnet sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Aufgaben einerseits relativ gut beschrieben sind, andererseits aber keine konkreten Vorgaben

zum Umfang und zur Intensität der Prüfung enthalten sind. Es lässt sich allerdings ableiten, dass keine Komplettüberwachung gefordert ist (Stichproben sind zulässig). Eine Begrenzung des Umfangs der Bauüberwachung ergibt sich auch aus der Gebührenordnung. Nach den derzeit geltenden Regelungen in Sachsen können für die Bauüberwachung maximal 200 Prozent der Prüfgebühr für die Prüfung des Brandschutznachweises berechnet werden. Gerade bei kleineren und mittleren Bauvorhaben, bei denen auch die Reisezeiten bedacht werden müssen, sind daher maximal ein bis zwei Bauüberwachungen möglich.

Ausgehend von der Stellung des Prüferingenieurs für Brandschutz sind seine Aufgaben rein prüfender Natur, er plant und berät nicht.

Grundsätzlich hat die Bauüberwachung des Prüferingenieurs für Brandschutz zwei Zielstellungen:

1. Wurde konzeptionell so gebaut, wie geplant? Das heißt: entspricht das Bauvorhaben hinsichtlich Lage, Abmessungen und Anordnung von Bauteilen und technischen Anlagen dem geprüften Brandschutznachweis?
2. Sind die einzelnen Bauprodukte (soweit erforderlich) gekennzeichnet? Liegen die notwendigen Verwendbarkeitsnachweise vor? Sind sie entsprechend ihrem Verwendbarkeitsnachweis richtig eingebaut?

Zu 1. sind beispielhaft folgende Einzelfragen zu prüfen:

- Sind alle raumabschließenden Bauteile in der jeweils geforderten Qualität vorhanden (Trennwände, Decken, Türen)?
- Sind alle Durchführungen von Leitungen durch raumabschließende Bauteile brandschutztechnisch gesichert?
- Sind die im Brandschutznachweis beschriebenen Rettungswege (Flure/Treppenträume, Ausgänge) vorhanden sowie gekennzeichnet? Entsprechen die Abmessungen den Vorgaben aus dem Brandschutznachweis?
- Sind die Zufahrten und Flächen für die Feuerwehr vorhanden und gekennzeichnet?
- Sind Löschwasserentnahmestellen (zum Beispiel Hydranten) vorhanden und gekennzeichnet?
- Sind die laut Brandschutznachweis geplanten sicherheitstechnischen Anlagen (zum Beispiel Brandmeldeanlagen, Löschanlagen, Entrauchungsanlagen, Sicherheitsbeleuchtung, Sicherheitskennzeichnung, Feuerlöscher ...) vorhanden und betriebsbereit?

Anmerkung: Soweit die Prüfung sicherheitstechnischer Anlagen durch einen nach Bauordnungsrecht anerkannten Prüfsachverständigen erfolgt, übernimmt dieser die Verantwortung für die Betriebssicherheit der von ihm geprüften Anlagen. Durch den Prüferingenieur für Brandschutz erfolgt keine weitere Wertung der Prüfergebnisse der Prüfsachverständigen.

Sind sicherheitstechnisch relevante Anlagen vorhanden und es erfolgt keine Prüfung durch einen nach Bauordnungsrecht anerkannten Prüfsachverständigen, dann muss der Prüferingenieur für Brandschutz im Einzelfall festlegen, welche Nachweise er fordert und in welchem Umfang er sich von der Funktionsicherheit und Wirksamkeit der Anlage überzeugt.

Zu 2. sind folgende Aufgaben zu erledigen:

- Prüfung, ob alle erforderlichen Verwendbarkeitsnachweise (einschließlich zugehöriger Einbau- und Montageanleitungen) vorliegen; *Hinweis:* Die Verwendbarkeitsnachweise sind dem Prüferingenieur rechtzeitig vor Beginn der Bauüberwachung zur Verfügung zu stellen. Beim

Nichtvorliegen der Verwendbarkeitsnachweise kann der Prüfenieur die Bauüberwachung verweigern!

- Stichprobenartige Prüfung, ob das jeweilige Bauprodukt entsprechend dem Verwendbarkeitsnachweis ausgeführt/gebaut wurde;
- stichprobenartige Prüfung, ob das jeweilige Bauprodukt entsprechend dem Verwendbarkeitsnachweis gekennzeichnet ist;
- Prüfung, ob alle erforderlichen Übereinstimmungsnachweise/Übereinstimmungszertifikate und Fachunternehmererklärungen/Fachbauleitererklärungen vorliegen.

2 Bauüberwachung durch Brandschutzsachverständige

Eine Bauüberwachung durch Brandschutzsachverständige kann (und wird) zum Teil freiwillig durch den Bauherrn beauftragt werden. Es gibt allerdings zunehmend auch die Forderungen von Bauaufsichten in der Baugenehmigung, dass ein „Fachbauleiter für Brandschutz“ zu bestellen ist. Die entsprechenden Forderungen in den Baugenehmigungen sind in unterschiedlichem Maße konkret. Zum Teil wird gefordert, dass „die Umsetzung des Brandschutzkonzeptes zu bescheinigen ist“.

Diese Forderung wird sowohl bei Bauvorhaben mit Beteiligung eines Prüfenieurs für Brandschutz als auch ohne dessen Beteiligung erhoben.

Hinweis: Die Bauüberwachung durch Nachweisberechtigte für Brandschutz, die in einigen Bundesländern zum Beispiel bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 gefordert wird, ist als Sonderfall nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung.

2.1 Begrifflichkeiten/Definitionen

Es wird vielfach der Begriff „Fachbauleitung Brandschutz“ oder „Fachbauleiter Brandschutz“ verwandt. Dieser Begriff ist unzutreffend und irreführend. Bauleiter und Fachbauleiter haben die unterschiedlichsten Aufgaben. Gemeinsam ist den Bauleitern und Fachbauleitern, dass sie neben der rein fachlichen Kontrolle Termine und Kosten kontrollieren und überwachen und ein Weisungsrecht gegenüber den ausführenden Firmen haben.

Bei der Überwachungstätigkeit durch Brandschutzsachverständige handelt es sich um eine fachliche, baubegleitende Maßnahme zur Sicherung der Bauqualität bezüglich des Brandschutzes. In Abgrenzung von den sonst üblichen Aufgaben eines Bauleiters besteht keine Weisungsbefugnis gegenüber Ausführungsfirmen oder anderen Fachbauleitern, und es findet keine Termin- und Kostenkontrolle statt.

Es wird daher dafür plädiert, anstelle des Begriffs „Fachbauleiter Brandschutz“ den Begriff „Bauüberwacher Brandschutz“ zu verwenden oder von einer „qualitätssichernden Baubegleitung Brandschutz“ zu sprechen.

2.2 Inhalt und Gegenstand der Bauüberwachung durch Brandschutzsachverständige

Inhalt und Gegenstand der *Bauüberwachung Brandschutz* durch Brandschutzsachverständige sind privatrechtlich zu vereinbaren, wobei Inhalt und Umfang dieser Tätigkeit sehr stark variieren können.

Wesentliche Unterschiede zur Tätigkeit des Prüfenieurs für Brandschutz bestehen in folgenden Aspekten:

Der Brandschutzsachverständige kann bei entsprechender Beauftragung nicht nur stichpunktartig, sondern umfassender kontrollieren. Prüfumfang und Prüftiefe sind vorab vertraglich zu vereinbaren. Insbesondere dann, wenn die „Umsetzung des Brandschutzkonzeptes zu bescheinigen ist“, ergibt sich die Notwendigkeit einer systematischen baubegleitenden Prüfung.

In der Baupraxis treten immer wieder Fälle auf, in denen erst bei der Bauausführung festgestellt wird, dass eine systematische baubegleitende Prüfung entsprechend den Verwendbarkeitsnachweisen technisch nicht möglich ist. In einem solchen Fall ist es Aufgabe des Brandschutzsachverständigen, an der Lösungsfindung mitzuwirken. Das bedeutet, dass der Brandschutzsachverständige berät und auch plant, beziehungsweise an der Planung beteiligt ist. Dies kann und darf der Prüfenieur nicht leisten!

Zusätzlich zur Phase der Bauausführung liegt ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeit des Brandschutzsachverständigen in der Phase der Ausführungsplanung. Die Verantwortung für eine fachgerechte Planung liegt beim Architekten und den Fachplanern. Im Detail und an Schnittstellen kann der Brandschutzsachverständige sein spezielles Fachwissen einbringen, um bei der späteren Bauausführung eine norm- und zulassungsgerechte Ausführung zu ermöglichen.

Eine Einbeziehung des Prüfenieurs für Brandschutz in der Phase der Ausführungsplanung wäre zwar zur vorgezogenen Prüfung der geplanten Lösungen wünschenswert, bevor also bauliche Tatsachen geschaffen werden, ist aber vom Gesetzgeber nicht vorgesehen.

Eine Ausnahme besteht lediglich dann, wenn es im Zuge der Ausführungsplanung zu Änderungen der Planung kommt, die Fortschreibungen des Brandschutznachweises erfordern. Diese Fortschreibungen sind durch den Prüfenieur für Brandschutz zu prüfen. Honorarrechtlich handelt es sich für den Ersteller der Fortschreibung sinngemäß um eine Wiederholungsleistung im Rahmen der Phase IV HOAI (beziehungsweise Phase IV gemäß Leistungsbild Brandschutz, Heft 17 AHO).

Ziele und Aufgaben einer *Bauüberwachung Brandschutz* durch Brandschutzsachverständige können beispielhaft wie folgt formuliert werden:

- Örtliche Besichtigungen der Baustelle und Prüfung, ob die Bauausführung hinsichtlich des genehmigten Brandschutzkonzeptes und der genehmigten Bauantragspläne erfolgte. Es wird dabei das grundsätzliche Vorhandensein der einzelnen brandschutztechnischen Bauteile und Anlagen bewertet. Das Ergebnis dieser Überwachungstätigkeit wird in Begehungsprotokollen dokumentiert. Seitens des Auftraggebers werden vor Beginn der Bauüberwachung die geprüften und genehmigten Bauvorlagen einschließlich des Prüfberichtes des Prüfenieurs für Brandschutz und des Brandschutzkonzeptes und etwaiger Nachträge und Fortschreibungen zur Verfügung gestellt.

- Soweit bei der Bauüberwachung eine von den geprüften und genehmigten Bauvorlagen einschließlich des Brandschutzkonzeptes abweichende Bauausführungen festgestellt werden, wird der Auftraggeber über die erforderliche Mängelbeseitigung informiert.

Hinweis: Wenn sich aus den festgestellten Abweichungen notwendigerweise Fortschreibungen des Brandschutzkonzeptes ergeben, wird der Auftraggeber/Bauherr auch darüber informiert, dass es in seiner Verantwortung liegt, die erkannte planungs- und genehmigungsrechtlichen Lücke zu schließen.

BRANDSCHUTZ

■ Durch den Auftragnehmer wird eine Übersicht über die wesentlichen erforderlichen Verwendbarkeitsnachweise für die brandschutzrelevanten Bauteile sowie über die Übereinstimmungsbestätigungen oder Fachunternehmererklärungen sowie Prüfberichte zur Prüfung der brandschutztechnisch relevanten Anlagen erstellt und dem Auftraggeber übergeben.

■ Seitens des Auftraggebers werden vor Beginn der örtlichen Besichtigung des Auftragnehmers und vor dem Einbau der jeweiligen Bauprodukte die Verwendbarkeitsnachweise als weitere Grundlage seiner Kontrolltätigkeit übergeben. Soweit weitere, in der Übersicht nicht aufgeführte brandschutzrelevante Bauprodukte oder Bauarten eingebaut werden, sind auch für diese Verwendbarkeitsnachweise zu übergeben. Liegen bei der Bauüberwachung Verwendbarkeitsnachweise nicht vor, so können die entsprechenden Bauprodukte/Bauarten nicht bewertet werden. Dieser Sachverhalt wird im Begehungsprotokoll beschrieben.

■ Der Auftragnehmer führt, je nach Auftragstiefe, eine stichprobenartige beziehungsweise systematisch stichpunktartige Überwachung durch. Er überprüft, ob die einzelnen brandschutzrelevanten Bauteile entsprechend ihren Verwendbarkeitsnachweisen eingebaut wurden. Die Prüfung erfolgt entsprechend dem Baufortschritt zu verschiedenen Zeitpunkten in Abstimmung mit dem Bauleiter des Auftraggebers. Eine vollinhaltliche Prüfung der Einbausituation nach Vorgabe des Verwendbarkeitsnachweises erfolgt nicht.

■ Die Bauüberwachung erfolgt durch Inaugenscheinnahme. Liegen Anzeichen einer mangelhaften Ausführung vor, kann eine Öffnung von Bauteilen verlangt werden (zerstörende Prüfung).

■ Das Ergebnis der Bauüberwachung wird schriftlich in Form eines Begehungsprotokolls dokumentiert.

■ Soweit eine Prüfung von brandschutzrelevanten Anlagen durch bauaufsichtlich anerkannte Sachverständige erfolgt, obliegt diesen die Prüfung aller Bestandteile der betreffenden Anlagen. Insofern ist eine Prüfung der Ausführung dieser Anlagen vom Leistungsumfang des Brandschutzsachverständigen ausgenommen. Sieht die Beauftragung auch die Übergabe „einer Bescheinigung der Umsetzung des Brandschutzkonzeptes“ vor, so sind hierfür auch Prüfberichte der bauaufsichtlich anerkannten Sachverständigen ohne wesentliche Mängel zur Verfügung zu stellen.

■ Vom Auftraggeber werden rechtzeitig vor der Innutzungnahme die von den ausführenden Unternehmen auszustellenden Übereinstimmungserklärungen beziehungsweise Fachunternehmererklärungen sowie die Prüfberichte zur Prüfung der brandschutzrelevanten technischen Anlagen übergeben. Der Auftragnehmer sichtet diese Unterlagen auf sachliche Richtigkeit. Das Ergebnis der Prüfung wird dem Auftraggeber schriftlich mitgeteilt.

Soweit die Unterlagen unvollständig oder inhaltlich mangelhaft sind, wird der Auftraggeber schriftlich informiert. Der Auftraggeber übernimmt die Beschaffung der fehlenden oder nachzubessernden Unterlagen.

Soweit sich bei der Bauüberwachung herausstellt, dass ein norm- und zulassungsgerechter Einbau einzelner Bauteile nicht möglich ist und Sonderlösungen erforderlich werden, kann der Auftragnehmer in beratender Tätigkeit an der Erarbeitung von Lösungen mitwirken, soweit dies vertraglich vereinbart worden ist.

■ Soweit die Bauausführung entsprechend dem genehmigten Brandschutzkonzept erfolgte, festgestellte Mängel beseitigt wurden und alle

erforderlichen Nachweise vorliegen, kann eine Bescheinigung zur Umsetzung des Brandschutzkonzeptes erstellt werden.

2.3 Dokumentation der Leistungen des Brandschutzsachverständigen bei der Bauüberwachung

Der Bauüberwacher führt üblicherweise Baustellenbegehungen durch. Die Feststellungen werden in Mängelprotokollen dokumentiert. Soweit vertraglich vereinbart oder in der Baugenehmigung gefordert, wird nach Vorliegen der Voraussetzungen eine „Bescheinigung zur Umsetzung des Brandschutzkonzeptes/Brandschutznachweises“ erstellt.

Hinweis: Der teilweise in der Praxis vorkommende Begriff „Konformitätsbescheinigung“ ist nicht eindeutig und sollte nicht verwendet werden.

2.4 Das Zusammenwirken der Prüfengeure für Brandschutz und Brandschutzsachverständigen in der Bauüberwachung

Ein Widerspruch zwischen den Leistungen des Prüfengeurs Brandschutz und Brandschutzsachverständigen bei der Bauüberwachung wird nicht gesehen, im Gegenteil: so können die Tätigkeiten abgestimmt, oder, zum Beispiel, Entscheidungen schneller und rechtssicher getroffen werden. Aus der Sicht des Prüfengeurs schafft der Brandschutzsachverständige Entscheidungsgrundlagen durch qualifizierte Lösungsvorschläge bei Problemfällen. Veranlasst der Brandschutzsachverständige eine rechtzeitige und qualifizierte Zusammenstellung aller erforderlichen Verwendbarkeitsnachweise, Übereinstimmungserklärungen, Prüfberichte und so weiter, schafft der Brandschutzsachverständige die Voraussetzung dafür, dass durch den Prüfengeur für Brandschutz der abschließende Prüfbericht termingerecht erstellt werden kann.

2.5 Forderung durch den Prüfengeur für Brandschutz nach einer Bauüberwachung

Es ist strittig, ob ein Prüfengeur für Brandschutz auf der Basis des Paragraphen 51 der SächsBO (Sonderbauten) eine Bauüberwachung fordern kann. Zulässig ist es auf jeden Fall, eine Empfehlung auszusprechen. Übernimmt die Bauaufsicht diese Forderung in die Baugenehmigung, wird die Empfehlung verbindlich.

Rechtsgrundlage für ein Forderung nach einer Bauüberwachung einschließlich der Forderung nach einer „Bescheinigung zur Umsetzung des Brandschutznachweises bei Sonderbauten ist Paragraph 51 SächsBO:

An Sonderbauten können im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 Absatz 1 besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf. Die Anforderungen und Erleichterungen nach den Sätzen 1 und 2 können sich insbesondere erstrecken auf

19. [...]

20. weitere zu erbringende Bescheinigungen;

21. die Bestellung und Qualifikation des Bauleiters und der Fachbauleiter;

22. [...]

Eine entsprechende Empfehlung nach einer Bauüberwachung Brandschutz in einem Prüfbericht zur Prüfung des Brandschutznachweises könnte wie folgt formuliert werden:

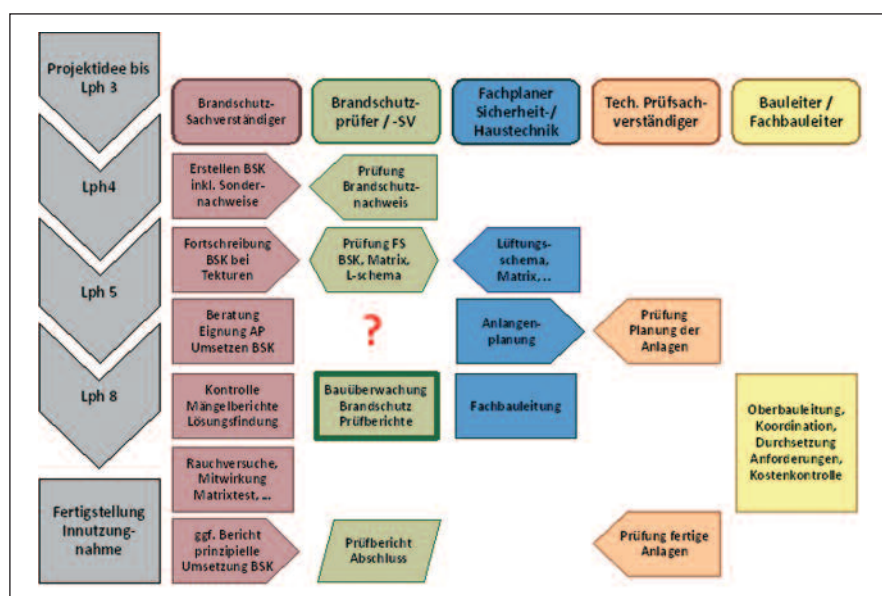


Abb. 1: Die fachlichen, koordinierenden und (über)prüfenden Mechanismen verschiedener Tätigkeiten, die, vor allem bei Sonderbauten, mit dem Brandschutz zusammenhängen und zusammenwirken, sind sehr vielfältig und heterogen. Klarheit tut Not ...

Es handelt sich um ein komplexes Bauvorhaben, bei dem eine Vielzahl von Brandschutzmaßnahmen umzusetzen ist. Die Sicherung des Brandschutzes ist hier in besonderem Maße von der Qualität der Bauausführung aller Brandschutzdetails und dem gesicherten Zusammenwirken der technischen Brandschutzmaßnahmen abhängig. Dies erfordert aus der Sicht des Prüflingenieurs für Brandschutz eine spezielle und zusätzliche Bauüberwachung durch einen Sachverständigen für Brandschutz.

Mit der Anzeige zur Fertigstellung des Bauvorhabens ist eine Sachverständigenerklärung über die ordnungsgemäße Ausführung des Brandschutzes, wie er im Brandschutzkonzept und dessen Fortschreibungen geplant ist, vorzulegen.

Der Sachverständige ist der Bauaufsicht vor Baubeginn zu benennen.

Eine derartige Forderung kann auf der Basis des § 51 Nr. 20 und 21 SächsBO erhoben werden.

Anmerkung: Die v. g. Leistung ist sowohl von ihrem Umfang her als auch von den Inhalten unabhängig von der Tätigkeit des Prüflingenieurs für Brandschutz im Rahmen von dessen Bauüberwachung.

3 Prüfer des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA)

Im derzeitigen Regelwerk des Eisenbahn-Bundesamtes ist eine Bauüberwachung durch Prüfer für den vorbeugenden Brandschutz nicht ausdrücklich vorgesehen. In der Praxis werden derartige Leistungen sinnvollerweise zunehmend beauftragt.

Die im vorliegenden Fachartikel getroffenen Aussagen und Empfehlungen können vollumfänglich auch für die Tätigkeit der „EBA-Brandschutzprüfer“ herangezogen werden.

4 Zusammenfassung

Prüflingenieure für Brandschutz führen ihre Bauüberwachung im Wesentlichen stichprobenartig durch. Sie prüfen und sie beraten, sie planen aber nicht – sie sind also keine „am Bau Beteiligten“.

Brandschutzsachverständige führen die Bauüberwachung umfassender durch, sie erarbeiten Lösungen, sie beraten und sie planen – sie sind also „am Bau Beteiligte“. Brandschutzsachverständige können ihr Fachwissen im Unterschied zu den Prüflingenieuren für Brandschutz bereits in der Ausführungsplanung mit einbringen.

Werden die Leistungen beider untereinander abgestimmt, kommt es zu keinen Dopplungen. Entscheidungen können schneller und rechtssicherer getroffen werden (vergleiche **Abb. 1**).

Eine Bauüberwachung durch Brandschutzsachverständige kann durch Prüflingenieure angeregt und durch die Bauaufsicht angeordnet werden.

Ist bei komplexeren Bauvorhaben kein Prüflingenieur tätig, sollte immer eine Bauüberwachung durch Brandschutzsachverständige durchgeführt werden.

5 Literatur

- [1] DVOSächsBO: Durchführungsverordnung zur SächsBO in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. September 2004 (SächsGVBl. S. 427), die zuletzt durch am 05.03.2018 (SächsGVBl. S. 42) geändert worden ist
- [2] SächsBO: Sächsische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Mai 2016 (SächsGVBl. S. 186), die durch Artikel 3 des Gesetzes vom 27.10.2017 (SächsGVBl. S. 588) geändert worden ist
- [3] VwVSächsBO: Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Sächsischen Bauordnung vom 18. März 2005 (SächsABl.SDr. S. S 59; SächsABl. S. 363), die zuletzt durch die Verwaltungsvorschrift vom 20. April 2017 (SächsABl. S. 635) geändert worden ist
- [4] VwVBauPrüf: Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums des Innern über die bautechnische Prüfung von Bauvorhaben vom 30. August 2005 (SächsABl. S. 890), die durch Ziffer XXIII der Verwaltungsvorschrift vom 1. März 2012 (SächsABl. S. 336) geändert worden ist, enthalten in der Verwaltungsvorschrift vom 1. Dezember 2015 (SächsABl.SDr. S. S 348)

Verwendung von Messergebnissen zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen in statischen Nachweisen

Statistisch abgesicherte Messgrößen beschreiben dem Prüferingenieur die tatsächlich ausgeführte Konstruktion

Zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfPBau-Verfahren) sind auch im Bauwesen stets an praxisrelevante Prüfaufgaben gekoppelt. Die Ermittlung beispielsweise eines Ist-Zustandes im Vorfeld einer Betoninstandsetzung oder die Ermittlung von Schadensursache und Schadensumfang als Folge wiederkehrender Untersuchungen von Brücken nach DIN 1076 sind etablierte Anwendungsgebiete der ZfPBau. Mit der Einführung der Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken im Jahr 2011 [1] hat die Nachfrage nach ZfPBau-Dienstleistungen einerseits stark zugenommen, andererseits eröffnet sie Möglichkeiten, in statischen Nachweisen die tatsächlichen Eigenschaften bestehender Konstruktionen rechnerisch anzusetzen. Dazu aber müssen Messergebnisse statistisch bewertet werden können. Dies geschieht durch eine einheitliche Ermittlung der Messunsicherheit, mit der die Voraussetzungen geschaffen werden, um Messergebnisse von ZfPBau-Verfahren in statischen Berechnungen verwenden zu können. Im folgenden Beitrag wird gezeigt, wie Messgrößen der ZfPBau als (stochastische) Basisvariablen in probabilistische Nachweise zur Berechnung der Zuverlässigkeit einfließen können, indem Grenzzustandsgleichungen modifiziert werden. Mit dieser Vorgehensweise sind weitere Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen möglich.



Prof. Dr.-Ing. Alexander Taffe
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin,
Fachgebiet Baustoffkunde, Bauwerksdiagnose
und zerstörungsfreie Prüfung



M.Sc. Stefan Küttenbaum
Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung, Fachbereich 8.2 „Zerstörungsfreie
Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren“



Dr.-Ing. Stefan Maack
Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung, Fachbereich 8.2 „Zerstörungsfreie
Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren“

1 Einführung: Leistungsvermögen und Genauigkeit der ZfPBau

Wer ein Verfahren anwendet, möchte wissen, wie leistungsfähig es ist, wo seine Grenzen liegen und wie genau es ist. Diese Bereiche wurden im Zuge der Validierung von ZfPBau-Verfahren erforscht [2]. Dabei sind zwei Arten von Prüfaufgaben zu unterscheiden:

- Qualitative Prüfaufgaben: Das Messergebnis ist eine Aussage „ja“ oder „nein“, zum Beispiel, ob die Detektion eines Hüllrohrs oder einer Fehlstelle gelingt oder nicht.
- Quantitative Prüfaufgaben: Das Messergebnis ist quantifizierbar und kann eine Laufzeit, Schallgeschwindigkeit oder Bauteildicke sein. Als Ausdruck für die Präzision der Messung wird dem Ergebnis eine Messunsicherheit zugeordnet.

Bei den qualitativen Prüfaufgaben geht es darum, festzustellen, unter welchen Randbedingungen zum Beispiel ein Bewehrungsstab oder ein Hüllrohr noch detektiert werden können. Eine solche Bewertung der Detektionsgrenze (**Abb. 1**) eines Verfahrens ist zu einem gewissen Grad subjektiv, da der Betrachter bewerten muss, bis in welche Tiefe er ein Objekt erkennen kann oder nicht [3]. Dabei spielt die Erfahrung eine wesentliche Rolle. Um diese subjektiven Faktoren auszuschalten, wurde von *Feistkorn* die im Bereich der US-amerikanischen Luftfahrt entwickelte POD(a)-Analyse ([4], [5]) im Bauwesen erstmals auf Radaruntersuchungen zur Detektion von Bewehrungsstäben in Betonbauteilen angewendet und eine Strategie zur Ermittlung der *probability of detection* (POD) in [6] veröffentlicht.

Werden alle Schritte aus [6] durchgeführt, kann die Wahrscheinlichkeit der Ortung eines Spanngliedes mit Radar in Abhängigkeit von seiner Tiefenlage in einer POD(a)-Kurve wie in **Abb. 2** dargestellt werden. Dem linken Teil dieser Abbildung kann entnommen werden, dass die zuverlässige Detektionstiefe für das verwendete Radarsystem $a_{90/95}$ rund 27 Zentimeter beträgt. Dies bedeutet, dass in einer Tiefe von ungefähr 27 Zentimeter ein Spannglied mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent in 95 von 100 Versuchsdurchführungen zuverlässig geortet werden kann. Vergleicht man dieses Ergebnis der POD(a)-Analyse mit einem beispielhaften Radargramm (rechter Teil von **Abb. 2**), wird ersichtlich, dass die objektive Ermittlung der zuverlässigen Detektionstiefe $a_{90/95}$ mit der subjektiven Wahrnehmung übereinstimmt. Das zeigt, dass die POD(a)-Analyse plausibel und darüber hinaus objektiv ist. Dies ist aber nur der erste Schritt, der die Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens bei der jeweiligen Prüfaufgabe aufzeigt.

Wenn sichergestellt ist, dass ein Verfahren geeignet ist, eine Prüfaufgabe zu lösen, dann stellt sich die Frage nach der Genauigkeit des Verfahrens. Die Genauigkeit setzt sich aus den Komponenten Richtigkeit und Präzision zusammen, was am Beispiel des Zielscheibenmodells in **Abb. 3** veranschaulicht wird.

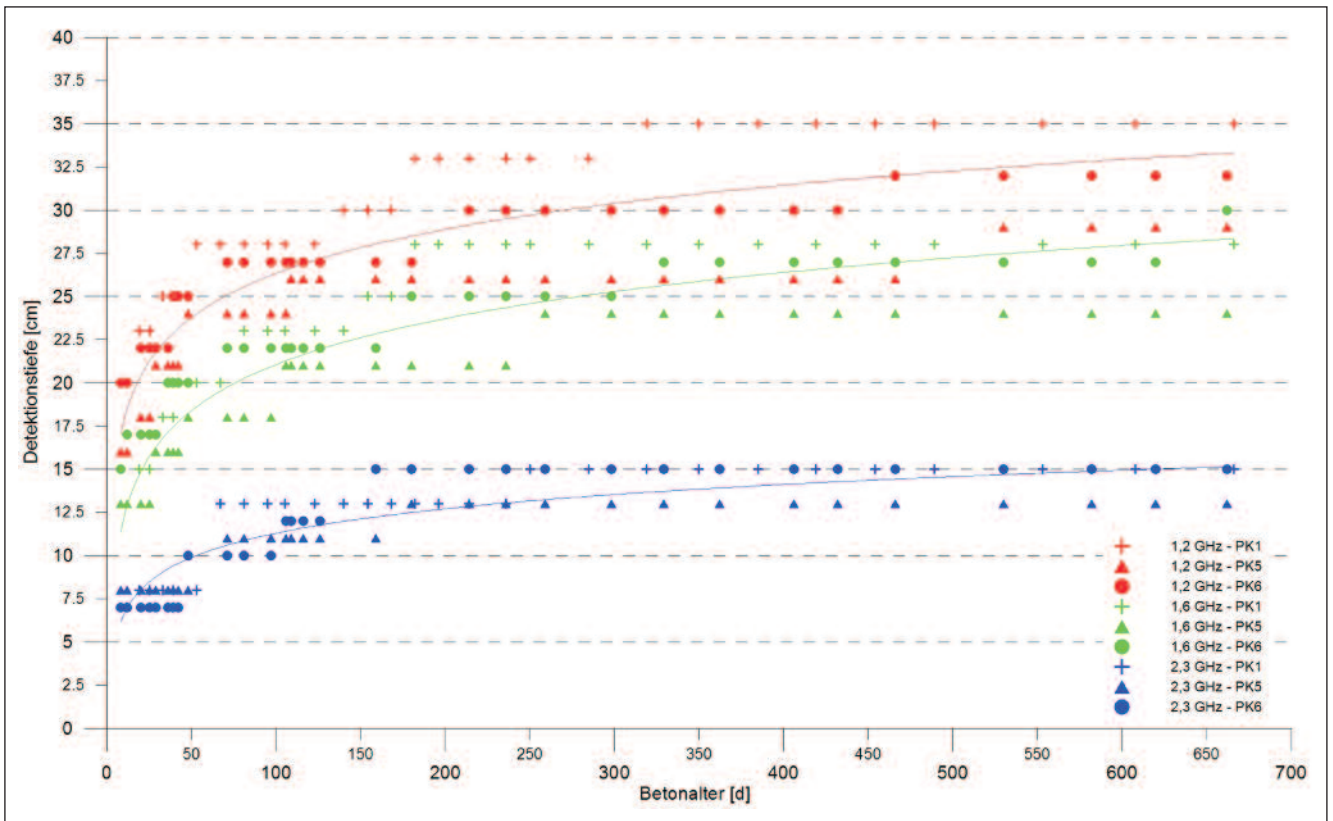


Abb. 1: Entwicklung der aus Radargrammen visuell ermittelten Detektionstiefen von Bewehrungsstäben in Abhängigkeit vom Betonalter, der Antennennennfrequenz und der Betonsorte bis zu einem Betonalter von rund 22 Monaten (aus [3])

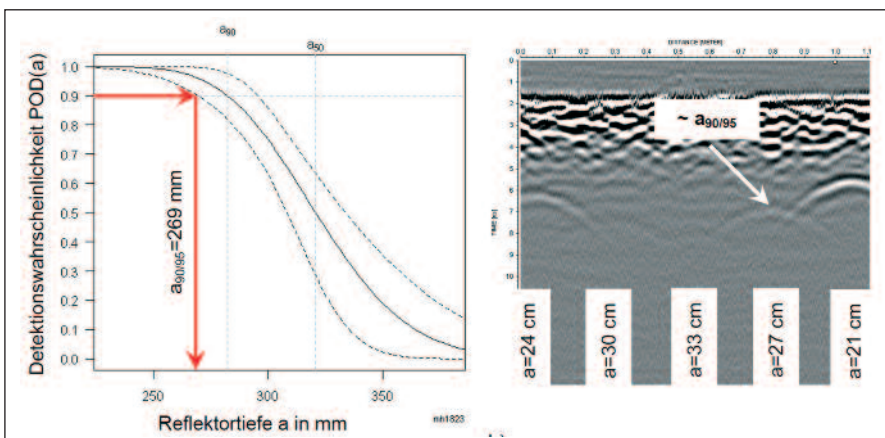


Abb. 2: Beispiel für ein Ergebnis der POD(a)-Analyse für ein Radarprüfsystem, aufgezeichnet an einem Testkörper mit einem Stabdurchmesser von 28 mm (welcher das Spannglied simulieren soll) in einem Betonalter von 203 Tagen (aus [7])

Die Richtigkeit eines Verfahrens wird durch das korrekte Einstellen des Messgeräts sichergestellt. Dazu zählen zum Beispiel die Festlegung des richtigen Durchmessers der Bewehrung bei einer Betondeckungsmessung oder das Kalibrieren der Schallgeschwindigkeit bei Ultraschallechomessungen. Um derartige Voraussetzungen für eine richtige Messung zu erfüllen, ist Sachkunde des Prüfers erforderlich. Entsprechende Schulungen, wie die der Bauwerksprüfer nach DIN 1076, oder internationale Workshops der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) werden seit mehreren Jahren angeboten [8].

Die Präzision eines Verfahrens wird durch die Ermittlung der Messunsicherheit nach dem Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen ([9]) angegeben. Dieser als GUM bezeichnete Leitfaden war in deutscher Sprache als DIN V ENV 13005 erhältlich und steht derzeit als ISO/IEC Guide 98-3 in Englisch zur Verfügung. Er ist sehr allgemein formuliert und daher gut für eine Anpassung an Prüfaufgaben im Bauwesen geeignet. Die Grundidee des GUM besteht nun darin,

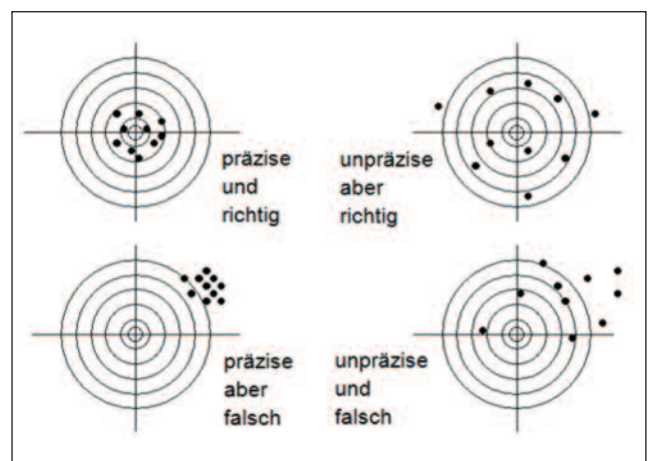


Abb. 3: Genauigkeit eines Verfahrens als Zielscheibenmodell in Abhängigkeit von Richtigkeit und Präzision (aus [7])

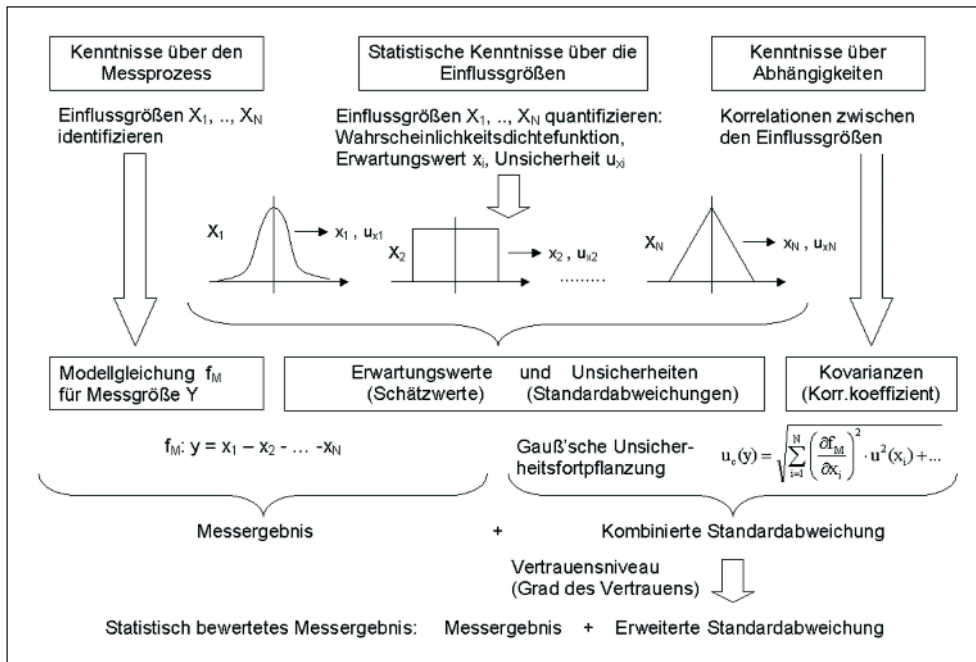


Abb. 4: Zusammengefasstes Ablaufschema nach GUM [9] in Anlehnung an Sommer [11]: Die vorliegenden Kenntnisse aus dem Messprozess über Größen, die das Messergebnis beeinflussen, werden quantifiziert, so dass am Ende ein statistisch bewertetes Ergebnis vorliegt, das zuverlässige Schlussfolgerungen erlaubt.

vorliegende Kenntnisse über das Messverfahren quantitativ auszudrücken und zu einer kombinierten beziehungsweise erweiterten Gesamtunsicherheit zusammenzufassen. Dieses Konzept wird von Sommer in [10] und [11] ausführlich beschrieben. In Abb. 4 ist das Ablaufschema nach dem GUM zusammengefasst, mit dessen Hilfe am Ende ein statistisch bewertetes Ergebnis vorliegt, aus dem zuverlässige Schlussfolgerungen gezogen werden können. So wird beispielsweise eine ermittelte Bauteildicke mit einer Gesamtstandardabweichung

chung versehen. Ein Tragwerksplaner, der mit dieser gemessenen und statistisch bewerteten Bauteildicke einen statischen Nachweis führen muss, kann das Vertrauensniveau seiner in der Statik verwendeten Dicke, zum Beispiel: „Mittelwert minus doppelte Standardabweichung ergibt ein Vertrauensniveau von rund 95 Prozent“ nun transparent und eindeutig angeben.

Daher kommt es bei der bildgebenden Darstellung der Ergebnisse weniger auf die Wahl einer von vielfältigen Möglichkeiten der Visualisierung an, für die Abb. 5 zwei Arten zeigt. Es ist künftig für statische Berechnungen vielmehr von Bedeutung, dass die Bauteildicke sowie die Tiefenlage von Bewehrung und Spannglied mit der zugehörigen Messunsicherheit eingezeichnet werden, zum Beispiel mit einer kombinierten oder erweiterten Standardabweichung. Mit Heft 574 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAFStb) [2] steht eine Vorgehensweise zur Ermittlung der Messunsicherheit auf der Basis des GUM [9] zur Verfügung, mit deren Hilfe Messergebnisse von zerstörungsfreien Prüfverfahren zur weiteren Verwendung in statischen Nachweisen statistisch abgesichert werden können.

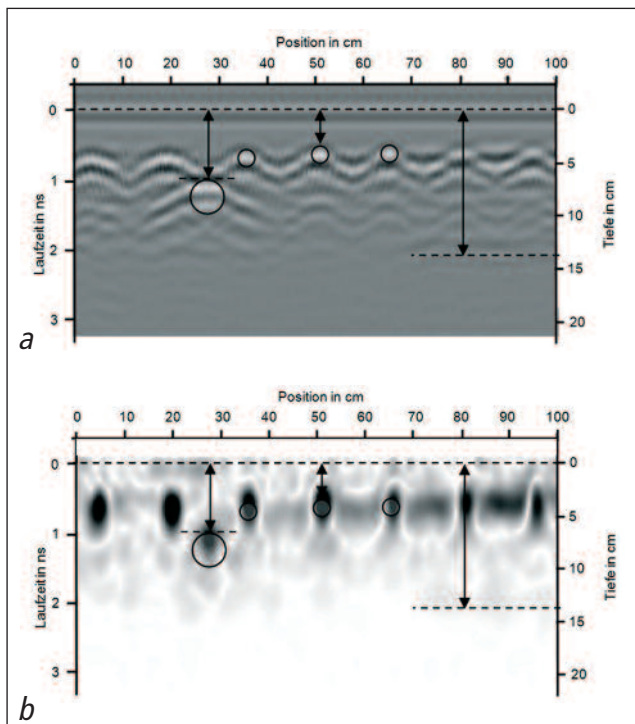


Abb. 5: Radarmessergebnisse aus [12]: (a) Rohdaten und (b) migrierte Daten mit eingezeichneter Lage der Objekte der inneren Konstruktion. Für statische Berechnungen sind die Angabe der Tiefenlage beziehungsweise der Bauteildicke mit der zugehörigen Messunsicherheit von Interesse.

2 Erweiterung der klassischen Statik um Messergebnisse der ZfPBau

2.1 Verwendung von Streuungen bei statistischen Größen

Von „Messunsicherheit“ zu sprechen, fällt vielen Ingenieuren schwer, da das Ziel statischer Berechnungen ja der Nachweis der Zuverlässigkeit ist und sich Unsicherheit schlecht verkaufen lässt. Doch die Angabe der Messunsicherheit – zum Beispiel durch eine Standardabweichung – ist den Bauingenieuren als Maß für die Streuung einer Größe durchaus bekannt. Auf der Widerstandsseite R werden Baustofffestigkeiten als Quantilwert in Bezug auf den Mittelwert μ_R (der Grundgesamtheit) und die Standardabweichung σ_R (der Grundgesamtheit) unter Verwendung von Quantilfaktoren $K_{p,R}$ (auf der Widerstandsseite < 0) einer bestimmten Wahrscheinlichkeitsverteilung in Form von charakteristischen Werten (Index k) angegeben:

$$R_k = \mu_R + K_{p,R} \cdot \sigma_R \quad (1) \quad \text{mit } K_{p,R} < 0$$

Analog folgt auf der Einwirkungsseite:

$$E_k = \mu_E + K_{p,E} \cdot \sigma_E \quad (2)$$

Auf der Widerstandsseite wird zum Beispiel für Festigkeiten von Beton oder Stahl das sogenannte 5%-Quantil mit einem Unterschreitungsanteil p von fünf Prozent angesetzt. Die Ermittlung des Mittelwerts μ und der Standardabweichung σ erfolgen in der Regel aus einer Stichprobe unter Berechnung des arithmetischen Mittelwerts und der empirischen Standardabweichung s . Typische Werte für die Standardabweichung der Betondruckfestigkeit werden in [13] mit $1,5 \text{ MN/m}^2 < s < 9,0 \text{ MN/m}^2$ angegeben. Die zugehörigen Variationskoeffizienten liegen zwischen $4\% < v_{x,i} < 30\%$. Vor diesem Hintergrund scheinen Messunsicherheiten der ZfPBau, die ebenfalls als Variationskoeffizienten ausgedrückt werden können, von rund fünf Prozent bei beispielsweise der Dickenmessung mit Ultraschall am Beton nicht außergewöhnlich hoch [2]. Zur eindeutigen Verwendung dieser Angabe von „5%“ muss jedoch bekannt sein, ob lediglich die kombinierte Standardabweichung oder die erweiterte Gesamtmessunsicherheit zugrunde liegt. Letztere bezieht sich auf ein bestimmtes Vertrauensniveau, das zumeist 95 Prozent betragen sollte. Die erweiterte Messunsicherheit ergibt sich deshalb häufig näherungsweise aus der Multiplikation der kombinierten Standardabweichung mit einem Erweiterungsfaktor k , der nahe an 2,0 liegt. Die vorigen Zahlenwerte wären demnach zu verdoppeln. Dabei sieht die Angabe der Messunsicherheit bei der Ultraschallmessung an einem Betonbauteil von 70 Zentimeter Dicke auf dem Vertrauensniveau von 95 Prozent mit ± 7 Zentimeter schon etwas ungünstiger aus. Der Ausdruck einer Messunsicherheit mit dem Hinweis auf das Vertrauensniveau ist jedoch statistisch korrekt und für eine richtige Verwendung in einem probabilistischen Nachweis unerlässlich.

Da in einer herkömmlichen Statik nach dem semi-probabilistischen Nachweiskonzept lediglich deterministische Werte wie die charakteristischen Werte f_{ck} oder f_{yk} angesetzt werden, welche das Streuverhalten berücksichtigen, übersieht man leicht die Herkunft und die nicht unerheblichen Größenordnungen dieser Streuungen. Ob Messunsicherheiten von ZfPBau-Verfahren im Bereich der genannten Werte noch zu zufriedenstellenden Ergebnissen bei statischen Nachweisen führen können, wird hier am Ende von Kapitel 3 gezeigt.

2.2 Transparenz des Teilsicherheitsbeiwerts hinsichtlich Streuung, Zuverlässigkeit und Sensitivität

Dem heutigen Sicherheitskonzept statischer Nachweise liegt die in **Abb. 6** aus [14] dargestellte Idee zugrunde: Der streuenden Beanspruchung E (effects of actions), welche durch eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit ihrem Lageparameter μ und ihrem Maß für die Streuung σ modelliert wird, steht ein ebenfalls streuender (Bauteil-) Widerstand R gegenüber. Wird nun ein Grenzzustand zur Gegenüberstellung von E und R eingeführt, so kann er durch eine Grenzzustandsfunktion in der allgemeinen Form $G = R - E \geq 0$ definiert werden. Wenn sich in einem konkreten Fall $G < 0$ einstellt, dann tritt das Versagensereignis ein.

Schneider beschreibt das in [15] sehr anschaulich mit Hilfe des Monte-Carlo-Verfahrens. Dabei wird eine beliebig große Anzahl von Realisierungen der jeweiligen Wahrscheinlichkeitsverteilungen von E und R erzeugt. Bildet man für jedes dieser Wertepaare die Differenz $G = R - E$ und trägt deren Häufigkeit auf, stellt man fest, dass nur in einem sehr geringen Maß Wertepaare auftreten, deren Differenz G kleiner Null ist. Die Verteilungsdichtefunktion im unteren Bildteil von **Abb. 6** über-

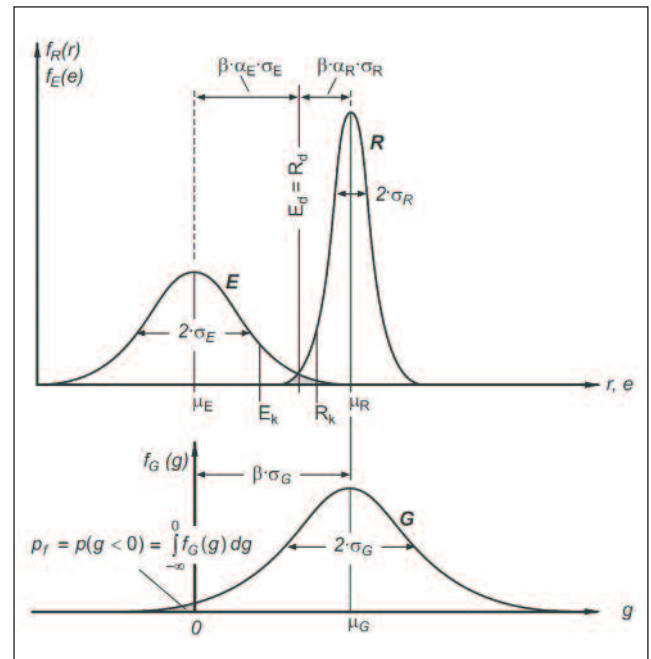


Abb. 6: Definition von Zuverlässigkeitsindex β und Versagenswahrscheinlichkeit p_f sowie deren Zusammenhang mit den Sicherheitszonen nach [14]

spannt links von der y-Achse eine Fläche, deren Inhalt die Versagenswahrscheinlichkeit p_f darstellt und sich aus den Realisierungen $G < 0$ zusammensetzt. Dieser Anteil, der durch die y-Achse aus der Gesamtverteilung „herausgeschnitten“ wird, lässt sich gleichwertig durch ein Vielfaches der Gesamtstreuung σ_G ausdrücken. Der dafür zu verwendende Faktor β wird als Zuverlässigkeitsindex (auch Sicherheitsindex) bezeichnet.

Durch folgende einfache Beziehungen wird der Zusammenhang zwischen Versagenswahrscheinlichkeit p_f , dem Zuverlässigkeitsindex β und den Streuungen auf der Beanspruchungs- und Widerstandsseite (σ_E und σ_R) hergestellt:

- $\beta = \mu_G / \sigma_G$
- $p_f = \Phi(-\mu_G/\sigma_G) = \Phi(-\beta)$ mit Φ als Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung
- $\sigma_G = \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_R^2} = \alpha_R \cdot \sigma_R + \alpha_E \cdot \sigma_E$

Es ist offensichtlich, dass der Versagensfall umso seltener eintritt, je größer der Abstand der Mittelwerte μ_E und μ_R ist. Diese Differenz $\mu_R - \mu_E$ macht die in **Abb. 6** visualisierte zentrale Sicherheitszone aus. Einen wesentlichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit β beziehungsweise p_f hat jedoch die Streuung σ_G , die sich aus den Streuungen beider Wahrscheinlichkeitsverteilungen von E und R zusammensetzt. Damit der im oberen Bildteil von **Abb. 6** dargestellte lineare Zusammenhang für die Beschreibung der zentralen Sicherheitszone in Abhängigkeit vom Streuverhalten und des Zuverlässigkeitsindex hergestellt werden kann, muss ein Wichtungsfaktor α eingeführt werden, der angibt, mit welchem Gewicht die Variable an der Versagenswahrscheinlichkeit beteiligt ist. Diese werden berechnet durch:

$$\alpha_E = \frac{\sigma_E}{\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_R^2}} \quad \alpha_R = \frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_R^2}}$$

MATERIALPRÜFUNG

Durch den Zusammenhang $\alpha_E^2 + \alpha_R^2 = 1$ lassen sich die Wichtungsfaktoren α_i auch für eine Vielzahl von Variablen in einem Budget darstellen, um den Einfluss der Streuung jeder einzelnen Variablen am Gesamtergebnis zu visualisieren. Ein derartiges Kreisdiagramm ist das Ergebnis einer sogenannten Sensitivitätsanalyse. Dieses diagnostische Werkzeug wird hier später in Kapitel 4 verwendet.

Wie zuvor bereits ausgeführt, gilt für den Grenzzustand zur wirtschaftlichen Bemessung $E = R$. Die Bemessungswerte E_d und R_d bestimmen den Bemessungspunkt, der über einfache Beziehungen hergeleitet werden kann, die in [15] sehr anschaulich dargestellt und hier wiedergegeben werden. Der Ausgangspunkt ist die Forderung nach einer zentralen Sicherheitszone $\mu_R - \mu_E$, die auf Basis einer geforderten Mindestzuverlässigkeit des Tragwerks festgelegt wird. Durch Erweitern und Verwendung der Wichtungsfaktoren α ergibt sich diese Sicherheitszone zu:

$$\begin{aligned} \mu_R - \mu_E &= \beta \cdot \sigma_G = \beta \cdot \sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_R^2} = \\ \beta \cdot \frac{\sigma_E}{\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_R^2}} \cdot \sigma_E + \beta \cdot \frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_R^2}} \cdot \sigma_R &= \beta \cdot \alpha_E \cdot \sigma_E + \beta \cdot \alpha_R \cdot \sigma_R \end{aligned}$$

Durch Ordnen nach Beanspruchung und Widerstand erhält man:

$$\begin{aligned} \mu_R - \alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_R &= \mu_E + \alpha_E \cdot \beta \cdot \sigma_E \\ \mu_R \cdot (1 - \alpha_R \cdot \beta \cdot \nu_R) &= \mu_E \cdot (1 + \alpha_E \cdot \beta \cdot \nu_E) \end{aligned}$$

In **Abb. 6** ist unschwer zu erkennen, dass damit der Bemessungspunkt beschrieben wird, in dem gilt $R_d = E_d$. Im letzten Schritt werden die Bemessungswerte E_d und R_d in Bezug zu den charakteristischen Werten E_k und R_k gesetzt, die in (1) und (2) beschrieben wurden. Damit erhält man dann die Teilsicherheitsbeiwerte γ_E für die Einwirkungsseite und γ_R für die Widerstandsseite

$$\begin{aligned} \gamma_E &= \frac{E_d}{E_k} = \frac{\mu_E + \beta \alpha_E \sigma_E}{\mu_E + K_{p,E} \sigma_E} \\ &= \frac{1 + \beta \alpha_E \nu_E}{1 + K_{p,E} \nu_E}, \\ \gamma_R &= \frac{R_k}{R_d} = \frac{\gamma_R + K_{p,R} \sigma_R}{\gamma_R - \beta \alpha_R \sigma_R} \\ &= \frac{1 + K_{p,R} \nu_R}{1 - \beta \alpha_R \nu_R}. \end{aligned}$$

Mit diesen Teilsicherheitsbeiwerten soll bei semi-probabilistischen Nachweisen das definierte Zuverlässigkeitsniveau implizit erreicht werden. Anhand dieser Formeln wird transparent, dass die Teilsicherheitsbeiwerte von der geforderten Versagenswahrscheinlichkeit beziehungsweise dem Sicherheitsindex β , den Streuungen sowie den Sensitivitäten der Größen auf Beanspruchungs- und Widerstandsseite abhängen. Dabei können auf beiden Seiten auch mehrere Variablen (zum Beispiel Eigen- und Verkehrslast oder Beton- und Stahlfestigkeiten sowie geometrische Abmessungen) berücksichtigt werden.

Ferner ist zu erkennen, dass die Streuungen auf Beanspruchungs- und Widerstandsseite die Wichtungsfaktoren bestimmen. Damit sind nicht nur die Teilsicherheitsbeiwerte voneinander abhängig. Vor allem erge-

ben sich für jede Berechnung individuelle Teilsicherheitsbeiwerte in Abhängigkeit von den Wahrscheinlichkeitsfunktionen von E und R. Das macht die Berechnung zwar für den konkreten Einzelfall genau, aber aufwendig und womöglich unkontrollierbar. Daher legt der Normengeber für das gängige Bemessungskonzept nach dem Eurocode 0 im weiteren Sinne konstante Werte für die Wichtungsfaktoren fest und pauschalisiert die Streuung auf Beanspruchungs- und Widerstandsseite. Auf diese Weise ergeben sich die bekannten Teilsicherheitsbeiwerte zu 1,35 oder 1,50. Diese Werte seien als sichere, konservative Schätzung für den Neubautwurf aufgefasst. Dementsprechend können nicht die tatsächlichen Streuungen des bereits existierenden Bauwerks angesetzt werden, sondern lediglich Werte, die sich am Neubau orientieren und viel größere Unsicherheiten in den Eingangsgrößen abdecken.

Daraus erschließt sich die Vorgehensweise nach dem Merkblatt *Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetonbauteile* des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins [16], die eine Abminderung des Teilsicherheitsbeiwerts für Eigenlast γ_G von 1,35 auf bis zu 1,20 beschreibt. Dazu ist jedoch die Kenntnis des Variationskoeffizienten notwendig. Die bereits eingangs erwähnte Nachrechnungsrichtlinie [1] wird dabei noch konkreter und erlaubt eine Abminderung, wenn

die Eigenlast durch repräsentative und ausreichende Messungen der Bauteildicken und Bestimmung der Wichten des bewehrten Betons unter Berücksichtigung des tatsächlichen Bewehrungsgehalts genauer bekannt

ist. Ein konkretes Beispiel, wie die Messunsicherheit zur Bestimmung des Eigengewichts unter Verwendung von ZfPBau-Verfahren ermittelt werden kann, ist in [17] veröffentlicht.

2.3 Probabilistischer Nachweis der Tragfähigkeit mit Hilfe von Grenzzustandsgleichungen

Auf die Bedeutung des Grenzzustands wurde bereits in Kapitel 2.2 hingewiesen. Rechnerisch wird der Grenzzustand über die Grenzzustandsgleichungen beschrieben, die für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und der Gebrauchstauglichkeit (GZG) unterschieden werden. Im Folgenden wird nur auf den GZT eingegangen, obwohl die Vorgehensweise auch auf den GZG anwendbar ist. Grenzzustandsgleichungen werden beispielsweise für Biege- oder Querkraftversagen aufgestellt. Diese sind in sehr übersichtlicher Form unter anderem in [18] zusammengefasst und waren Ausgangspunkt der im Weiteren hier vorgestellten Arbeit [19], in der die Grenzzustandsgleichungen so modifiziert werden, dass auch Messgrößen der ZfPBau Eingang finden.

Am Beispiel reiner Biegung wurden zunächst die Gleichgewichtsbeziehungen für Querschnittversagen im (gerissenen) Zustand II für ein Stahlbetonbauwerk mit nicht vorgespannter Zugbewehrung aufgestellt. Hierbei steht der einwirkenden äußeren Bemessungsschnittgröße M_{Ed} der Bauteilwiderstand M_{Rd} gegenüber. Diese innere Schnittgröße ergibt sich zu:

$$M_{Rd} = F_{sd1} \cdot d \cdot (1 - k_a \cdot \xi) = A_{s1} \cdot f_{yk} / \gamma_s \cdot d \cdot \left(1 - k_a \cdot \frac{A_{s1} \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{b \cdot d \cdot \alpha_R \cdot \alpha \cdot f_{ck} \cdot \gamma_s} \right)$$

$$M_{Rd} = A_{s1} \cdot f_{yk} / \gamma_s \cdot d \cdot \left(1 - \frac{k_a}{\alpha_R} \cdot \frac{A_{s1} \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{b \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{ck} \cdot \gamma_s} \right)$$

Die Grenzzustandsgleichung für reines Biegeversagen folgt unter Berücksichtigung der ständigen und veränderlichen Einwirkungen und

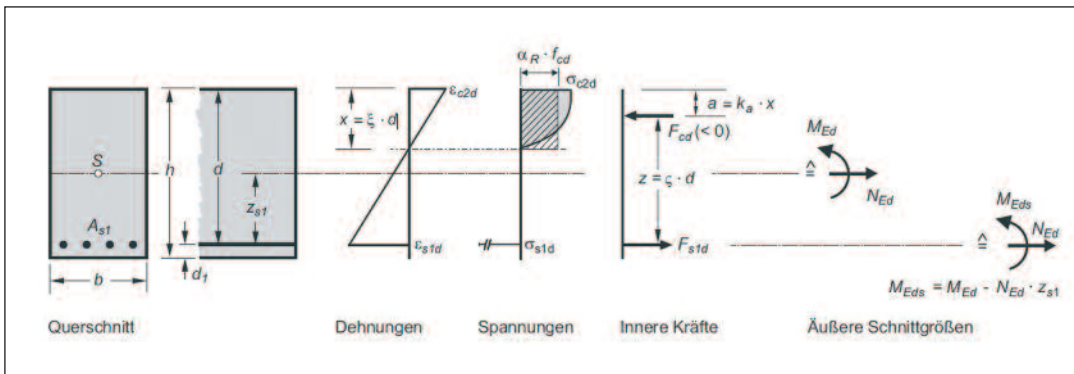


Abb. 7: Spannungs- und Dehnungsverteilung am rechteckigen Balkenquerschnitt mit Darstellung der indirekten Messgröße d im Kontext des bei der Bemessung verwendeten inneren Hebelarms z . [14]

nach Substitution der Teilsicherheitsbeiwerte durch Modellunsicherheiten zu

$$G = \underbrace{\Theta_{R,M} \cdot A_{s1} \cdot f_y \cdot d}_{R} \cdot \left(1 - \frac{A_{s1} \cdot f_y}{2 \cdot \chi \cdot b \cdot d \cdot a \cdot f_c} \right) - \underbrace{\Theta_{E,M} \cdot (M_G + M_Q)}_E$$

Angesetzt wurde der Spannungsblock nach DIN-Fachbericht 102, um überzählige Unbekannte zu eliminieren. In [19] wurde diese Gleichung an die Bedürfnisse der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen angepasst. So wurde überprüft, welche Einflussgrößen auf G durch ZfPBau-Verfahren messbar sind. Im Anschluss wurden Messstrategien untersucht, um die jeweilige Prüfaufgabe präzise erfüllen zu können. In Abhängigkeit von den Messprinzipien und -prozessen, wurden so zunächst Festlegungen für geometrische Zufallsvariablen getroffen, sodass in nachfolgender Form neben der statischen Nutzhöhe d auch die effektive Plattenbreite b und das Biegemoment infolge Eigenlast M_G auf Basis zerstörungsfreier Messergebnisse stochastisch modelliert werden konnten.

Im Folgenden wird jedoch nur der statischen Nutzhöhe d Aufmerksamkeit geschenkt. In Abhängigkeit der Versuchsdurchführung ist d keine direkte Messgröße, sondern kann, wie in **Abb. 7** dargestellt, aus den Messgrößen der Bauteildicke und der Betondeckung der unteren Bewehrungslage zusammengesetzt werden. Die statische Nutzhöhe bestimmt den inneren Hebelarm z .

Mit der oben angegebenen Grenzzustandsgleichung und den statistisch bewerteten Messergebnissen für die zerstörungsfreie Messung der Bauteildicke h und der Betondeckung der unteren Bewehrungslage kann nun ein probabilistischer Nachweis erfolgen. Dazu werden die Daten in ein entsprechendes Computerprogramm (hier STRUREL), eingegeben. Wie auf diese Weise der Zuverlässigkeitsindex β berechnet

und der Einfluss aller streuenden Variablen durch eine Sensitivitätsanalyse in einem Budget angegeben werden kann, ist Gegenstand des Beispiels in Kapitel 3

3 Anwendungsbeispiel und Schlussfolgerungen

Betrachtet wird das einfache Tragwerksmodell eines Einfeldträgers mit einer Stützweite von 20 Metern und einem Plattenquerschnitt (**Abb. 8**). Vorgesehen sind ausschließlich schlaffe Zug-, aber keine Druckbewehrung. Das Bauteil ist nicht vorgespannt.

Das Kernstück des probabilistischen Nachweises ist das stochastische Modell, in das tatsächliche Bauwerkseigenschaften als statisch relevante Größen einfließen, die mit dem zerstörungsfreien Ultraschall-echoverfahren erhoben und anschließend mithilfe des GUM statistisch abgesichert wurden. In [19] konnten zunächst vier der Einflussgrößen auf den Grenzzustand auf diese Weise modelliert werden, unter anderem die statische Nutzhöhe d . Generell wird eine Zufallsvariable durch ihre Verteilung und die zugehörigen statistischen Momente beschrieben. In der nachfolgenden (gekürzten) **Tabelle 1** wird zwischen potentiell durch ZfPBau-Verfahren messbare Größen, bereits auf Basis von Messunsicherheitsbetrachtungen für dieses individuelle Beispiel modellierten Zufallsvariablen und nicht durch ZfPBau quantifizierbare Werte unterschieden.

Ohne weiter auf die statistischen Wechselwirkungen einzugehen, liefern die Grenzzustandsgleichung und das stochastische Modell folgende Ergebnisse: Auf der einen Seite steht der erfolgreiche Nachweis der Standsicherheit, der für den Tragwerksplaner von großer Bedeutung für die Beurteilung bestehender Bausubstanz ist. Die statische Berechnung auf Querschnittsversagen in Feldmitte infolge Biegung liefert ei-

Abk.	Bedeutung	Verteilung	ZfP	Mittelwert	Standardabweichung*	Variationskoeffizient	Quelle
$\Theta_{R,M}$	Modellunsicherheit bei den Widerständen	Log.-Normal	nein	1,20	0,18	15,0 %	[18]
A_{s1}	Stahlquerschnitt	Normal	möglich	0,0394 m ²	0,00079 m ²	2,0 %	[20]
d	Statische Nutzhöhe	Normal	GUM	1,40 m	0,09 m	3,2 %	[2]
χ	Abminderungsbeiwert (Spannungsblock)	const.	nein	0,95	—	—	[14]
f_c	Betondruckfestigkeit	Normal	möglich	40 000 kN/m ²	3 000 kN/m ²	7,5 %	[21]

(*bei statistischer Absicherung einer Zufallsvariable auf Basis des GUM werden erweiterte Standardunsicherheiten angegeben)

Tabelle 1: Auszug aus dem individuellen stochastischen Modell

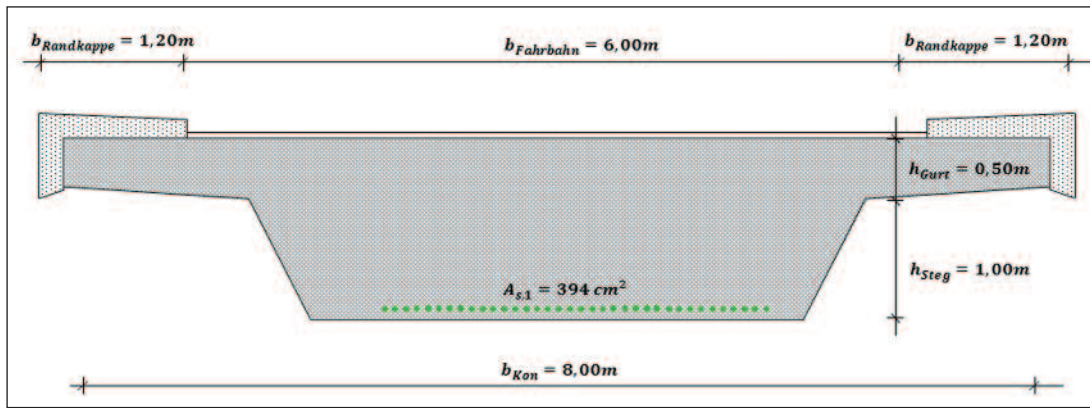


Abb. 8: Skizze des betrachteten Plattenquerschnitts (LM1)

nen Zuverlässigkeitsindex von $\beta \approx 5$, der oberhalb der Mindestzuverlässigkeit von $\beta_{RC2} = 3,8$ liegt.

Auf der anderen Seite liefern die diagnostischen Werkzeuge der Probabilistik weitreichende Möglichkeiten für (wissenschaftliche) Auswertungen. Die Sensitivitätsanalyse ist ein geeignetes Instrument, um die Wichtungsfaktoren α_i der einzelnen Zufallsvariablen zu ermitteln. Sie drücken den Einfluss der einzelnen streuenden Größen auf den Grenz-zustand aus, beschreiben also, wie empfindlich die Zuverlässigkeit des Bauwerks auf Änderungen des stochastischen Modells reagiert. Auf diese Weise werden die maßgebenden Parameter im statischen Nachweis identifiziert.

Aus dem Kreisdiagramm in Abb. 9 geht hervor, dass die Modellunsicherheiten den maßgeblichen Einfluss auf das Berechnungsergebnis ausüben. Dementgegen reagiert die berechnete Zuverlässigkeit des Tragwerks weniger sensitiv auf jene Zufallsvariablen, die auf Grundlage statistisch abgesicherter Messergebnisse zerstörungsfreier Prüfverfahren stochastisch modelliert werden konnten. Die Präzision der Ultraschallmessung ist dementsprechend zumindest konkurrenzfähig.

An dieser Stelle sei auf den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Sensitivitätsfaktor und dem Streuverhalten der Zufallsvariable hingewiesen. In der praktischen Anwendung kann die Sensitivitätsanalyse genutzt werden, um ein zunächst grobes stochastisches Modell wirtschaftlich verbessern, das heißt, die Präzision bestimmter Messdaten gezielt erhöhen zu können [22].

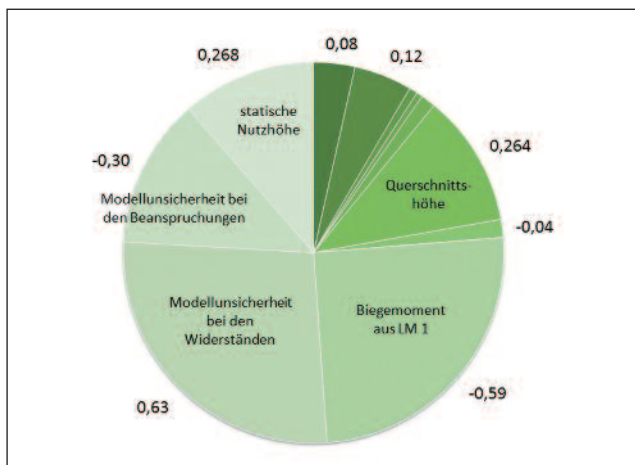


Abb. 9: Kreisdiagramm mit Darstellung der Sensitivitätsfaktoren [19]

Von den ZfPBau-basierenden Zufallsvariablen nimmt der Sensitivitätsfaktor der statischen Nutzhöhe d zu $\alpha_d = 0,27$ den größten Wert an. Nahe liegt deshalb die gezielte Variation des Streuverhaltens der statischen Nutzhöhe und die Auswertung der jeweils erzielten Zuverlässigkeit des Tragwerks. Das Ergebnis einer derartigen Parameterstudie wird als Funktionsverlauf der Bauwerkszuverlässigkeit in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten v_d dargestellt, der als relatives Maß für die Streuung zwischen einem und 30 Prozent variiert wird.

Der Funktionsverlauf $\beta(v_d)$ belegt nicht nur, dass die angesetzten Variationskoeffizienten von etwa fünf Prozent (in diesem Fall $v_d \approx 6,4\%$) für Ultraschalldickenmessungen an bewehrten Betonbauteilen zufriedenstellende Ergebnisse bei einer statischen Berechnung liefern. Vielmehr können noch deutlich „unsichere“ Messdaten aus der ZfPBau für diesen individuellen Biegenachweis herangezogen werden, ohne den rechnerischen Versagenszustand zu erreichen. Auf diese Weise werden Anforderungen aus der Statik an die Präzision der ZfPBau-Verfahren formuliert. Angemerkt sei, dass im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit weder Messprinzipien, noch Messprozesse verbessert wurden, sondern auf den Stand der Wissenschaft zurückgegriffen wurde.

4 Zusammenfassung und Ausblick:

Es wurde gezeigt, dass und wie statistisch abgesicherte Messergebnisse zerstörungsfreier Prüfverfahren in statischen Berechnungen genutzt werden können. Eine Schnittstelle zwischen probabilistischen Näherungsverfahren und dem GUM wurde genutzt, um zuverlässige Messdaten der ZfPBau-Verfahren als stochastische Eingangsgrößen im statischen Nachweis verwenden zu können. Ein entscheidender Vorteil besteht in der Zugrundelegung von Informationen über die innere Konstruktion eines Bauwerks ohne signifikante Zerstörung. Vor diesem Hintergrund sollte die zerstörungsfreie Bauwerksprüfung als ergänzender Baustein für die Beurteilung der Tragfähigkeit von bestehenden Brücken und die Erweiterung des Wissenstands des beurteilenden Ingenieurs um tatsächliche Eigenschaften eines Bauwerks genutzt werden.

Die hier vorgestellte Arbeit ist als interdisziplinäres Grundgerüst aufzufassen, das etliche Folgeuntersuchungen motiviert. Allem voran werden andere Versagensarten untersucht, die Vorspannung einbezogen, das statische Modell variiert, weitere ZfPBau-Verfahren genutzt und die Ergebnisse an praktischen Fallbeispielen validiert.

Die aktuell herausfordernde Situation scheint den Forschungs- und Entwicklungsaufwand zu rechtfertigen, der notwendig ist, um die ausreichende Praktikabilität und Akzeptanz der statischen Nachweisfüh-

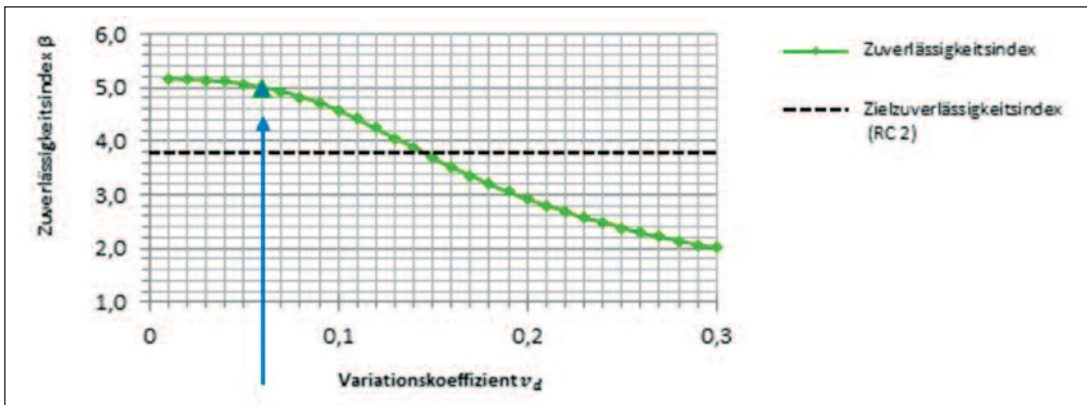


Abb. 10: Parameterstudie zur Variation des Streuverhaltens der statischen Nutzhöhe und deren Einfluss auf den Zuverlässigkeitsindex [19]

rung mit Messergebnissen der zerstörungsfreien Prüfung zu erreichen. Hierbei wird angestrebt, dass sich die Beurteilung der Standsicherheit eines bestehenden Tragwerks mithilfe wissenschaftlicher (und derzeit nicht reglementierter) Methoden nicht nur auf Literatur- oder Modellwerte stützt. Keine Eingangsgrößen sind beim Zuverlässigkeitsnachweis sicherer, als die tatsächlichen — idealerweise zerstörungsfrei erhobenen — Bauwerksdaten. Gängige ZfP-Verfahren sind hierfür ausreichend genau.

5 Literatur

- [1] Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, Ausgabe 05/2011
- [2] Taffe, A.: Zur Validierung quantitativer zerstörungsfreier Prüfverfahren im Stahlbetonbau am Beispiel der Laufzeitmessung. In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 574, Beuth Verlag, Berlin (2008), Dissertation
- [3] Taffe, A., Feistkorn, S. und N. Diersch: Erzielbare Detektionstiefen metallischer Reflektoren mit dem Impulsradarverfahren an Beton, Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012) 7, S. 442-450
- [4] MIL-HDBK-1823A, Department of Defence Handbook, Nondestructive Evaluation System Reliability Assessment, 7. April 2009
- [5] Berens, A. P.: NDE Reliability Analysis, Reprinted from METALS HANDBOOK®, Volume 17, 9th Edition: Non-destructive Evaluation and Quality Control, University of Dayton Research Institute, ASM International 1989
- [6] Feistkorn, S.: Gütebewertung qualitativer Prüfaufgaben in der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen am Beispiel des Impulsradars. In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 603, Beuth Verlag, Berlin (2012), Dissertation
- [7] Hässelbarth, W.: BAM-Leitfaden zur Ermittlung von Messunsicherheiten bei quantitativen Prüfergebnissen, 1. Fassung (2004-03-11), Forschungsbericht 266
- [8] Taffe, A.: Practical NDT-training according to regulations in the field of bridge testing. In: International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), Berlin, 15.-17.09.2015
- [9] ISO/IEC Guide 98-3:2008-09: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM: 1995), Beuth-Verlag, Berlin (2008)
- [10] Sommer, K.-D., Siebert, B.: Systematic approach to the modelling of measurements for uncertainty evaluation, in: Metrologia 43 (2006), S. 200-210
- [11] Sommer, K.-D., Siebert, B. und A. Weckenmann: Modulares Modellieren von Messungen und Kalibrierungen für die Messunsicherheitsbewertung, in VDI (Hrsg.); VDI-Berichte Nr. 1867, 2. Fachtagung Messunsicherheit praxisgerecht bestimmen, Oberhof, 30.11.-01.12.2004, S. 289-299
- [12] Mertens (Hrsg.), Handbuch Bauwerksprüfung, S. 255-280, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2015
- [13] Braml, Thomas; Keuser, Manfred; Bergmeister, Konrad. Grundlagen und Entwicklung von stochastischen Modellen zur Schädigung von Massivbrücken auf der Grundlage der Ergebnisse von Bauwerksprüfungen. Beton- und Stahlbetonbau 106. 2011, Heft 2, S. 112-121.
- [14] Zilch, Konrad und Zehetmaier, Gerhard. Bemessung im konstruktiven Betonbau nach DIN 1045-1 (Fassung 2008) und EN 1992-1-1 (Eurocode 2). 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Springer, Heidelberg 2010
- [15] Schneider, Jörg und Schlatter, Hans Peter. Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen - Grundwissen für Ingenieure. 3. Auflage. Zürich : Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich, 2007
- [16] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; DBV-Merkblatt: Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetonbauteile, Eigenverlag, Berlin 2013
- [17] Reuter, U., Maack, S. und A. Taffe: Messung von Bauteildicken an Brückenquerschnitten mit Ultraschallecho zur weiteren Verwendung in statischen Berechnungen zur verbesserten Ermittlung des Eigengewichts. In: DGZfP (Hrsg.); Tagungsband zur Fachtagung Bauwerksdiagnose 2016, BAM Berlin, 25.-26.02.2016, BB 158-Stick, Poster 5, ISBN 978-3-940283-77-1
- [18] Fischer, A. M.: Bestimmung modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte zur semiprobabilistischen Bemessung von Stahlbetonkonstruktionen im Bestand, TU Kaiserslautern, Dissertation 2011
- [19] Küttenbaum, S.: Beitrag zur Verwendung von Messergebnissen zerstörungsfreier Prüfverfahren in statischen Berechnungen - Aufstellen von Grenzzustandsgleichungen, Masterarbeit HTW Berlin (2017)
- [20] Joint Committee on Structural Safety. JCSS Probabilistic Model Code. http://www.jcss.byg.dtu.dk/Publications/Probabilistic_Model_Code, aufgerufen am 15.02.2017. s.l.: Internetveröffentlichung, 2002. Bd. Part 3: Material Properties. 978-3-90986-79-6
- [21] Braml, T.: Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Massivbrücken auf der Grundlage der Ergebnisse von Überprüfungen am Bauwerk. Dissertation. Universität der Bundeswehr München. Fortschritt – Bericht VDI Reihe 4 Nr. 214. ISBN 978-3-18-321404-4. VDI – Verlag, Düsseldorf. 2010
- [22] Braml, Wurzer: Probabilistische Berechnungsverfahren als zusätzlicher Baustein der ganzheitlichen Bewertung von Brücken im Bestand. Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 10, S. 654-668.

Kopfbolzen-Befestigungen mit Rückhängebewehrung unter Zug- oder Querlasten senkrecht zum Rand

Neue Versuche erlauben ein wesentlich verbessertes Modell für die Berechnung des Tragverhaltens und die Bemessung

Das Tragverhalten von Befestigungen kann durch eine Rückhängebewehrung in Form von Bügeln und Oberflächenbewehrung (Zuglasten) beziehungsweise Bügeln und gerader Randbewehrung (Befestigungen am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast) wesentlich verbessert werden: Die Tragfähigkeit steigt an und das Verhalten wird duktiler. Die Bemessung erfolgt bisher nach CEN/TS 1992-4 [1] beziehungsweise in Zukunft nach EN 1992-4 [2]. Das in diesen Richtlinien angegebene Bemessungsverfahren beruht auf einem Fachwerkmodell. Allerdings ist das Bemessungsmodell in vielen Anwendungsfällen sehr konservativ. Daher wurden Versuche mit Kopfbolzenbefestigungen mit Rückhängebewehrung unter Zug- und unter Querzugbeanspruchung senkrecht zum Rand durchgeführt. Aus den Versuchsergebnissen wurde ein neues analytisches Modell abgeleitet. Es kombiniert und verbessert die Modelle von Berger [3] für zugbeanspruchte Befestigungen und Schmid [4] für Befestigungen am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand. Das vorgeschlagene Modell beschreibt die Ergebnisse der von den Verfassern durchgeführten und in der Literatur [3] und [4] beschriebenen Versuche mit ausreichender Genauigkeit.

1 Einführung

Befestigungen mit Kopfbolzen versagen häufig bei Zugbeanspruchung durch Betonausbruch und bei Querbelastung zum Bauteilrand durch Betonkantenbruch. Das Versagen ist spröde. Das Tragverhalten dieser Befestigungen kann durch eine Rückhängebewehrung in Form von Bügeln und einer geraden Oberflächenbewehrung (Zugbeanspruchung) beziehungsweise Bügeln und Randbewehrung (Querzugbeanspruchung) wesentlich verbessert werden. Die Tragfähigkeit steigt an und das Versagen ist wesentlich duktiler (Abb. 1).



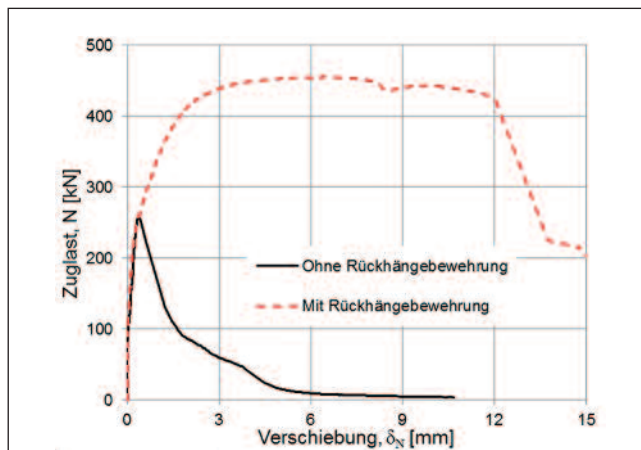
Prof. Dr.-Ing. Rolf Eligehausen
 war von 1984 bis 2009 Professor und Leiter der Abteilung Befestigungstechnik am Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart und ist heute Partner im Stuttgarter Ingenieurbüro Eligehausen-Asmus-Hofmann (IEA); Eligehausen ist Vorsitzender oder Mitglied mehrerer nationaler und internationaler einschlägiger Sachverständigenausschüsse und Autor oder Koautor von mehr als 250 fachlichen Publikationen



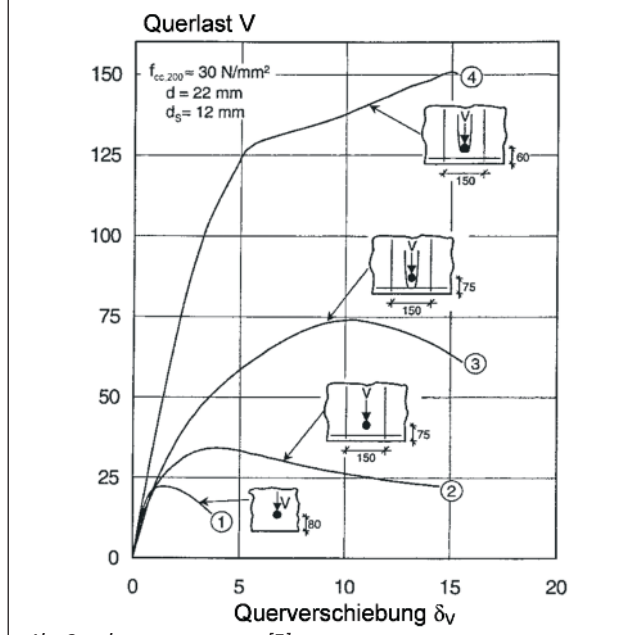
Dr.-Ing. Jörg Asmus
 studierte Bauingenieurwesen an der TU Dresden und promovierte an der Universität Stuttgart; seit 1998 ist er Mitarbeiter und seit 2004 Partner im Ingenieurbüro Eligehausen-Asmus-Hofmann; er ist öbv Sachverständiger für Verankerungstechnik in Bauwerken und Mitglied zahlreicher nationaler Sachverständigenausschüsse sowie internationaler Arbeitsgruppen



Dr.-Ing. Akanshu Sharma
 erwarb einen Master of Technology vom Indian Institute of Technology in Delhi (Indien) und hat 2013 an der Universität Stuttgart promoviert; er ist Juniorprofessor am Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart und Mitglied mehrerer nationaler und internationaler Sachverständigenausschüsse und Arbeitsgruppen



1a: Zuglast, $h_{ef} = 155 \text{ mm}$, $d_{s,re} = 10 \text{ mm}$ [21]



1b: Querlast, entnommen [5]

Abb. 1a und 1b: Einfluss einer Rückhängebewehrung auf das Last-Verschiebungsverhalten von Befestigungen

Die Bemessung von Befestigungen mit Rückhängebewehrung erfolgt bisher nach CEN/TS 1992-4 [1] beziehungsweise in Zukunft nach der harmonisierten Norm EN 1992-4 [2], die 2018 veröffentlicht werden soll. Untersuchungen von Berger [3] und Schmid [4] zeigen, dass das Bemessungsverfahren in [1] und [2] in der Regel sehr konservativ ist. Daher wurden verbesserte Modelle zur Berechnung der Tragfähigkeit von Befestigungen mit Rückhängebewehrung unter Zugbeanspruchung [3] oder Querbeanspruchung zum Bauteilrand [4] vorgeschlagen, die auf einem Fachwerkmodell basieren. Allerdings wird in [3] auf den Nachweis der Verankerung der Bügel im Knoten und in [4] auf den Nachweis der Tragfähigkeit der Druckstreben verzichtet, da die zugehörigen Versagensarten in den durchgeführten Versuchen nicht beobachtet wurden. Von den Verfassern dieses Beitrages wurden weitere Versuche durchgeführt, und auf der Basis der Ergebnisse dieser Versuche wurde ein neues, vereinheitlichtes Modell zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Befestigungen mit Rückhängebewehrung unter Zug- und Querlasten abgeleitet.

2 Modelle in CEN/TS 1992-4 und EN 1992-4

Die Modelle in CEN/TS 1992-4 [1] und EN 1992-4 [2] zur Ermittlung des charakteristischen Widerstandes von Befestigungen mit Rückhängebewehrung sind nahezu identisch. Der charakteristische Widerstand bei Versagen der Rückhängebewehrung im Ausbruchkörper wird auf der Basis eines Fachwerkmodells (**Abb. 2**) berechnet. Es werden nur Bewehrungsstäbe mit $d_{s,re} \leq 16$ mm als wirksam angesehen, wenn ihr Abstand von den äußeren Kopfbolzen der Befestigung $\leq 0,75 h_{ef}$ (Zugbeanspruchung, **Abb. 2a**) beziehungsweise $\leq 0,75 c_1$ (Querbeanspruchung, **Abb. 2b**) beträgt und die Verankerungslänge l_1 im Ausbruchkörper $\geq 10 d_{s,re}$ (gerade Stäbe) beziehungsweise $\geq 4d_{s,re}$ (Stäbe mit Haken oder Winkelhaken) ist. Weiterhin muss eine ausreichend bemessene gerade Oberflächenbewehrung (**Abb. 2a**) oder Randbewehrung (**Abb. 2b**) vorhanden sein.

Der charakteristische Widerstand $N_{Rk,re}$ im Hinblick auf Versagen der Verankerung beziehungsweise Fließen der Rückhängebewehrung ergibt sich nach Gleichung (2.1). Sie gilt für eine durch eine zentrische Zug- oder Querlast beanspruchte Befestigung.

$$N_{Rk,re} = \sum_{n_{re}} N_{Rk,re}^0 \quad (2.1)$$

mit

n_{re} = Zahl der wirksamen Stäbe der Rückhängebewehrung der Befestigung (Definition siehe oben)

$N_{Rk,re}^0$ = Charakteristischer Widerstand eines Stabes der Rückhängebewehrung

$$N_{Rk,re}^0 = \frac{l_1 \cdot \pi \cdot d_{s,re} \cdot f_{bk}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \leq f_{yk,re} \cdot A_{s,re} \quad (2.2)$$

l_1 = Verankerungslänge im Ausbruchkörper (**Abb. 2**)
Bei Befestigungen mit mehreren Kopfbolzen oder Kopfbolzenreihen senkrecht zum Rand, belastet durch eine Querlast, ist anzunehmen, dass der Bruch von den randnahen Kopfbolzen ausgeht.

$d_{s,re}$ = Durchmesser der Rückhängebügel

f_{bk} = Charakteristische Verbundfestigkeit
 $= 1,5 f_{bd}$

f_{bd} = Bemessungswert der Verbundfestigkeit nach EN 1992-1 [6]

α_1 = Faktor zur Berücksichtigung der Art der Verankerung nach [6]

= 1,0 für gerade Stabenden oder Haken mit $c_d < 3 d_{s,re}$

= 0,7 für Haken mit $c_d \geq 3 d_{s,re}$

α_2 = Faktor zur Berücksichtigung der Betondeckung nach [6]

= $1 - 0,15 (c_d - 3d_{s,re}) / d_{s,re}$ mit $0,7 \leq \alpha_2 \leq 1,0$ für Haken (2.3)

c_d = Betondeckung senkrecht zur Hakenebene oder 0,5-facher lichter Abstand zu benachbarten Stäben, minimaler Wert ist maßgebend.

Bei Querbeanspruchung zum Bauteilrand wird der charakteristische Widerstand $V_{Rk,re}$ bei Versagen der Rückhängebewehrung nach Gleichung (2.4) berechnet.

$$V_{Rk,re} = \frac{N_{Rk,re}}{1 + e_s / z} \quad (2.4)$$

mit

e_s = Achsabstand zwischen einwirkender Querlast und Rückhängebewehrung (**Abb. 2 b rechts**)

z = innerer Hebelarm $\approx 0,85d$

d = Bauteildicke $\leq \min(2h_{ef}; 2c_1)$

Der charakteristische Widerstand der Befestigung bei Versagen der Rückhängebewehrung ergibt sich nach Gleichung (2.5).

$$N_{Rk,a} = \max(N_{Rk,c}; N_{Rk,re}) \quad (\text{Zugbeanspruchung}) \quad (2.5a)$$

$$V_{Rk,a} = \max(V_{Rk,c}; V_{Rk,re}) \quad (\text{Querbeanspruchung}) \quad (2.5b)$$

mit

$N_{Rk,c}$ = charakteristischer Widerstand der Kopfbolzenbefestigung bei Betonausbruch nach [1] beziehungsweise [2]

$V_{Rk,c}$ = charakteristischer Widerstand der Kopfbolzenbefestigung bei Betonkantenbruch nach [1] beziehungsweise [2]

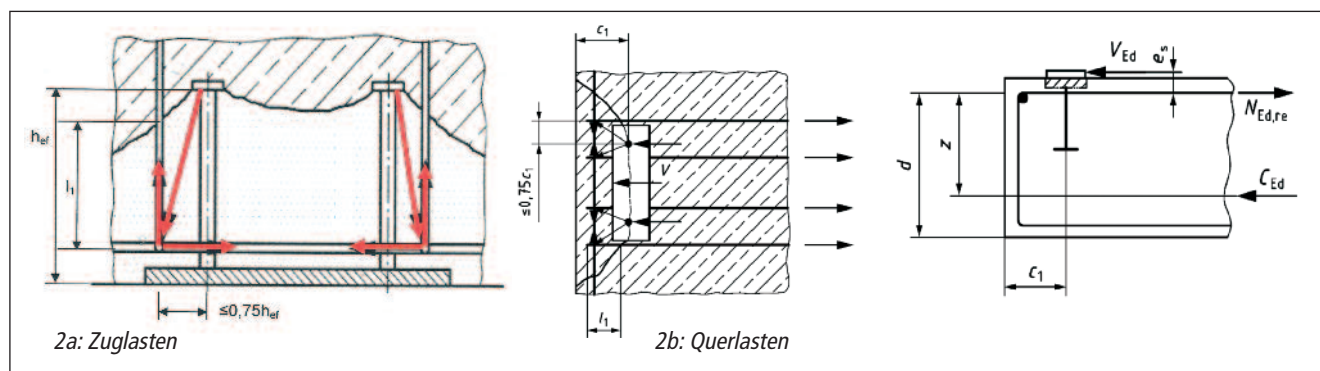


Abb. 2a und 2b: Fachwerkmodelle in CEN/TS 1992-4 [1] und EN 1992-4 [2] für Befestigungen mit Rückhängebewehrung

Bei exzentrischer Beanspruchung einer Gruppe muss die für den höchstbelasteten Kopfbolzen erforderliche Rückhängebewehrung bei allen Kopfbolzen der Gruppe angeordnet werden.

Bei der Ermittlung des maßgebenden charakteristischen Widerstands der Befestigung müssen auch die weiteren Versagensarten berücksichtigt werden (Stahlversagen der Kopfbolzen, Herausziehen, lokaler Betonausbruch, Spalten des Betons sowie Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite). Dies wird in Gleichung (2.5) nicht berücksichtigt.

Nach [1] und [2] werden Rückhängebügel in dem angenommenen Bruchkörper mit einer Verankerungslänge nach Eurocode 2 [6] für Zugstäbe verankert. Die von einem Bügel aufnehmbare Zugkraft beträgt das $1/0,7 \approx 1,4$ -fache des für eine gerade Verankerung geltenden Wertes (siehe Gleichung (2.2)). Sie ist bei kleiner Verankerungslänge l_1 (zum Beispiel bei zugbeanspruchten Befestigungen mit geringer Verankerungstiefe h_{ef} oder bei querbelasteten Befestigungen mit geringem Randabstand c_1) sehr gering. In Wirklichkeit ist jedoch ein Haken in der Lage, nahezu eine Zugkraft entsprechend der Bügelstreckgrenze zu übertragen, allerdings bei relativ großen Verschiebungen.

Auf diesem Tragverhalten beruhen die Regeln in Eurocode 2 [6] für Bügel zur Aufnahme einer Querkraft. Danach ist die für Bügel erforderliche Verankerungslänge wesentlich kürzer als für eine Zugbewehrung. Rückhängebügel von Befestigungen wirken ähnlich wie Bügel zur Aufnahme einer Querkraft.

Weiterhin wird in [1] und [2] angenommen, dass nach Auftreten eines vom Kopfbolzen ausgehenden Risses die gesamte Zug- oder Querlast von der Rückhängebewehrung aufgenommen werden muss (vergl. Gleichung (2.5)). Diese Annahme entspricht dem Tragverhalten eines bewehrten Balkens bei Biegeversagen. In Wirklichkeit ähnelt jedoch das Tragverhalten von Befestigungen mit Rückhängebewehrung dem Schubtragverhalten eines Balkens mit Bügelbewehrung, bei dem nach Überschreiten einer Querkraft entsprechend der Bruchlast eines Balkens ohne Schubbewehrung noch ein Teil der aufgetragenen Querkraft durch den Beton (zum Beispiel über Kornverzahnung der Rissufer) übertragen wird.

Bei einem großen Querschnitt der Rückhängebewehrung kann das Versagen durch Bruch der Betondruckstreben hervorgerufen werden. Diese Versagensart wird in [1] und [2] nicht berücksichtigt; sie soll durch Begrenzung des Durchmessers der Rückhängebewehrung auf $d_{s,re} = 16$ mm vermieden werden. Diese Regelung ist in üblichen Anwendungsfällen ausreichend, bei Anordnung zahlreicher Rückhängebügel kann jedoch die Bruchlast überschätzt werden.

Das in [1] und [2] enthaltene Modell wurde gewählt, weil kein besserer Vorschlag vorlag, der für alle Anwendungsfälle realistische Bruchlasten liefert (Befestigungen ohne oder mit Randeinfluss im ungerissenen oder gerissenen Beton; Zuglast, Querlast, kombinierte Zug- und Querlast). Das Modell ist in vielen Anwendungsfällen konservativ (**Abb. 3**). Rechnerisch wird die Tragfähigkeit einer Befestigung häufig durch eine Rückhängebewehrung nicht erhöht, obwohl in Versuchen eine deutliche Erhöhung der Bruchlast im Vergleich mit Befestigungen ohne Rückhängebewehrung gemessen wurde ([3], [4] und [7] bis [11]). Bei den in **Abb. 3** ausgewerteten Versuchen wurden Gruppen mit bis zu vier Kopfbolzen durch eine zentrische Zuglast und Einzelbefestigungen beziehungsweise Befestigungen mit zwei Befestigungsmitteln parallel zum Rand durch eine zentrische

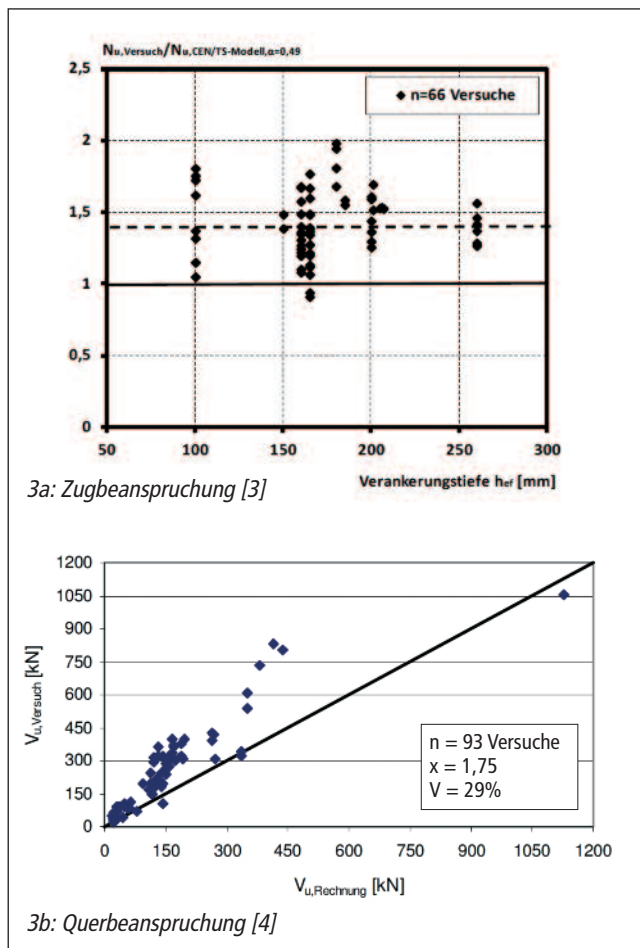


Abb. 3a und 3b: Vergleich der in Versuchen gemessenen Bruchlasten mit den mittleren rechnerischen Bruchlasten nach dem Modell in [1]

Querlast senkrecht zum Rand belastet. Als rechnerische mittlere Bruchlast für Betonausbruch beziehungsweise Betonkantenbruch sowie Versagen der Rückhängebewehrung wurde der $1 / 0,75 = 1,33$ -fache Wert des charakteristischen Widerstands nach Gleichung (2.5) angenommen.

3 Beschreibung bisheriger Modelle für Zug- und Querlasten

Das weiter unten in Kapitel 5 vorgeschlagene Modell beruht auf den Vorschlägen von Berger [3] und Schmid [4] für Befestigungen mit Rückhängebewehrung unter Zug- beziehungsweise Querlasten mit Modifikationen aufgrund der Ergebnisse der nachfolgend in Kapitel 4 beschriebenen Versuche. Diese Modelle werden hier kurz erläutert.

3.1 Modell Berger für zugbeanspruchte Befestigungen mit Rückhängebewehrung

Berger [3] führte Versuche mit Kopfbolzenbefestigungen unter zentrischer Zuglast durch, in denen die von den neben den Kopfbolzen angeordneten Rückhängebügel aufgenommenen Zugkraft mit Dehnmessstreifen gemessen wurde. Ein typisches Ergebnis zeigt **Abb. 4a**. Aufgetragen sind die aufgetragene Zuglast, die von den Bügel aufgenommenen Zuglast, berechnet aus den gemessenen Stahldehnungen, und die vom Beton übertragene Zuglast in Abhängigkeit von der Verschiebung der Kopfbolzen. Die vom Beton übertragene Zugkraft entspricht der Gesamtlast abzüglich der von den Bügel aufgenommenen

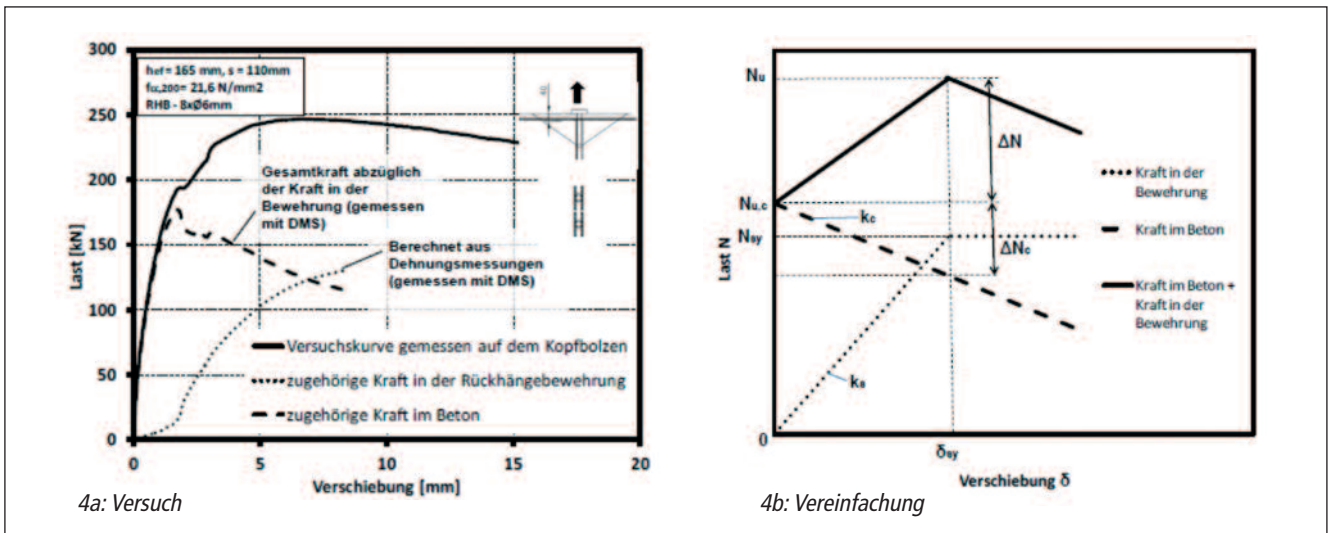


Abb. 4a und 4b: Aufgebrachte Zuglast und von Bügeln und Beton aufgenommene Zuglast in Abhängigkeit von der Kopfbolzenverschiebung, [3]

Last. Die Aktivierung der Rückhängebügel beginnt etwa bei einer Last entsprechend der Bruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung. Mit zunehmender Verschiebung steigt die von den Bügeln aufgenommene Last an, und die vom Beton übertragene Last nimmt ab. Bei einem großen Querschnitt der Rückhängebügel kann Bruch der Druckstrebe auftreten, die sich zwischen dem Kopfbolzenkopf und der Krümmung des Bügels ausbildet (Abb. 5).

Vereinfacht man die Kurven in Abb. 4a (siehe Abb. 4b) kann die mittlere Bruchlast der Befestigung mit Rückhängebewehrung wie folgt berechnet werden:

$$N_{Rm} = N_{Rm,c} + N_{sy,m} - \Delta N_c \leq N_{Rm, strut}$$

$$= N_{Rm,c} + N_{sy,m} (1 - k_c/k_s) \leq N_{Rm, strut}$$

Nach [3] beträgt das Verhältnis k_c/k_s im Mittel $\approx 0,4$. Damit erhält man

$$N_{Rm} = N_{Rm,c} + 0,6N_{sy,m} \leq N_{Rm, strut} \tag{3.1}$$

mit

$N_{Rm,c}$ = mittlere Betonausbruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung nach dem CC-Verfahren [12]

$N_{sy,m}$ = Streckgrenzenlast aller Rückhängebügel im angenommenen Ausbruchkegel berechnet mit der mittleren Streckgrenze f_{ym} der Stäbe

$N_{Rm, strut}$ = mittlere Bruchlast bei Druckstrebenbruch nach Gleichung (3.2)

$$N_{Rm, strut} = \psi_{st,N} \cdot N_{Rm,c} \tag{3.2}$$

Die mittlere Bruchlast bei Druckstrebenbruch entspricht nach [3] dem $\psi_{st,N}$ -fachen Wert der Betonausbruchlast $N_{Rm,c}$. Der Faktor $\psi_{st,N}$ hängt vom Abstand der Bügel vom Kopfbolzen sowie von der Ausbildung der Rückhängebewehrung ab. Er beträgt für die Befestigung nach Abb. 6a mit je einem die Oberflächenbewehrung umschließenden Bügel im gleichen Abstand links und rechts neben dem Kopfbolzen:

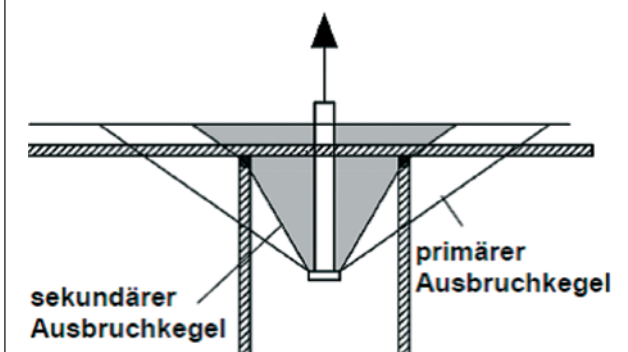
$$\psi_{st,N} = \psi_{st,N}^0 (x) = 2,75 - \frac{1,15x}{1,5h_{ef}} \geq 1 \tag{3.2a}$$

mit x = Achsabstand zwischen Kopfbolzen und Schnittpunkt des angenommenen Risses mit der Betonoberfläche (Abb. 6a).

Für die Befestigungsgruppe in Abb. 7 mit nur einem Bügelschenkel neben jedem Kopfbolzen wird der Faktor $\psi_{st,N}$ nach Gleichung (3.2b) berechnet



5a: Foto des durchgesägten Probekörpers nach dem Versuch,



5b: Schematische Darstellung

Abb. 5: Druckstrebenbruch einer Befestigung mit Rückhängebewehrung [3]

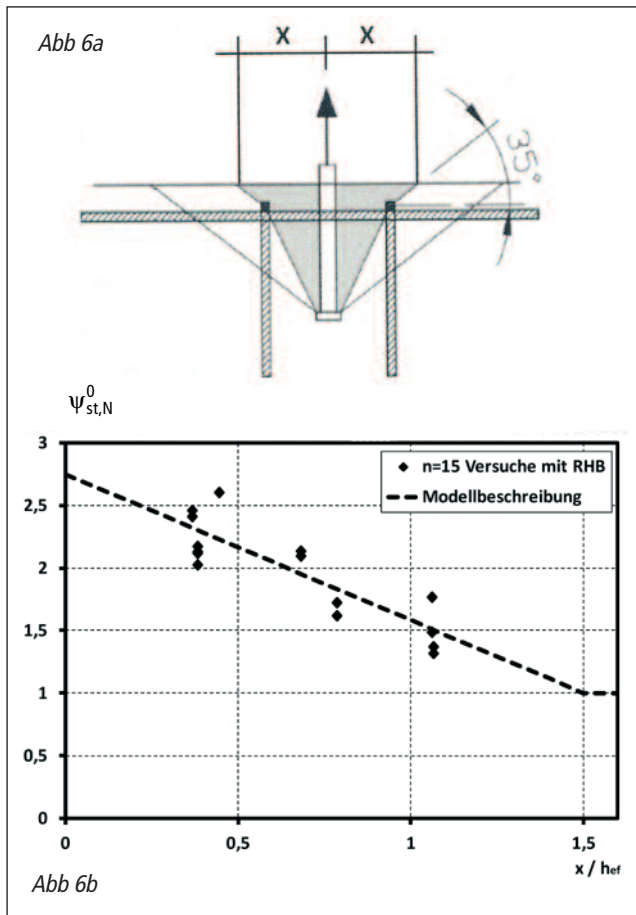


Abb. 6: Faktor $\psi_{st,N}^0$ für einen Kopfbolzen mit zwei Bügeln, die die Oberflächenbewehrung umschließen (siehe **Abb. 6a**), in Abhängigkeit vom Verhältnis x/h_{ef} . [3]

$$\psi_{st,N} = \psi_{st,N}^0(x_1) \frac{A_{c,N1}}{A_{c,N}} + \frac{A_{c,N2}}{A_{c,N}} + \psi_{st,N}^0(x_2) \frac{A_{c,N3}}{A_{c,N}} \quad (3.2b_1)$$

$$= \psi_{st,N}^0(x) \frac{3h_{ef}}{3h_{ef} + s} + \frac{s}{3h_{ef} + s} \text{ für } x_1 = x_2 = x \quad (3.2b_2)$$

mit $A_{c,N}$ = Projizierte Fläche, berechnet nach [1] bzw. [2]

$A_{c,N1}, A_{c,N2}, A_{c,N3}$ = Teilflächen von $A_{c,N}$

s = Achsabstand der Kopfbolzen

Die Berechnung des Faktors $\psi_{st,N}$ für andere Ausbildungen der Rückhängebewehrung ist in [3] angegeben. Das Modell [3] wird auch in [13] und [14] verwendet.

3.2 Modell Schmid für querbeanspruchte Befestigungen am Bauteilrand mit Rückhängebewehrung

Die mittlere Bruchlast einer Befestigung am Bauteilrand mit Rückhängebewehrung wird nach Schmid [4] analog zu den Gleichungen [2.4] und [2.5b] wie folgt berechnet:

$$N_{Rm,re} = N_{Rm,re}^0 / (1 + e_s / z) \geq V_{Rm,c} \quad (3.3)$$

mit

$$N_{Rm,re} = \sum_{n_{re}} (N_{Rm,Haken}^0 + N_{Rm,Verbund}^0) \leq \sum_{n_{re}} f_{ym,re} \cdot A_{s,re} \quad (3.3a)$$

e_s, z : siehe Gleichung (2.4)

$V_{Rm,c}$: mittlere Betonkantenbruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung bei Belastung durch eine Querlast senkrecht zum Rand nach [15].

Die Ermittlung der durch Hakentragwirkung und Verbund übertragbaren Kraft ist in [4] erläutert (vergl. Kapitel 5). Bei den experimentellen und numerischen Untersuchungen in [4] war die Stahlspannung der Rückhängebügel bei Höchstlast kleiner als die Streckgrenze. Die Druckstreben stützen sich nach den Ergebnissen der nichtlinearen numerischen Simulationen hauptsächlich auf die Bügel direkt neben dem Kopfbolzen ab. Daher wird die aufgebrachte Querlast wesentlich von diesen Bügeln aufgenommen, während die weiter außen liegenden Bügel nur gering beansprucht werden (**Abb. 8**). Dieses Verhalten wird durch einen Effektivitätsfaktor berücksichtigt, der für Bügel zwischen oder direkt neben Kopfbolzen (Bügel 1 und 3 in **Abb. 8**) $\psi_1 = 0,95$ und für andere Bügel (Bügel 2 und 4 in **Abb. 8**) $\psi_1 = 0,16$ beträgt:

3.3 Beurteilung der bisherigen Vorschläge

Die Vorschläge in [3] und [4] basieren auf dem Fachwerkmodell nach **Abb. 2**. Nach [16] sind die im angenommenen Fachwerk auftretenden Zugstäbe, Druckstreben und Knoten nachzuweisen. In [3] wird jedoch auf den Nachweis der Verankerung der Zugstäbe in den Knoten verzichtet; es wird nur eine Verankerungslänge der Bügel im Ausbruchkörper $\geq 4d_{s,re}$ empfohlen. In [4] wird kein Nachweis der Druckstreben geführt. Trotzdem stimmen die rechnerischen Bruchlasten brauchbar mit den in Versuchen gemessenen Werten überein. Dies liegt daran, dass unter den gewählten Versuchsbedingungen in [3] Versagen der Verankerung der Rückhängebügel und in [4] Versagen der Druckstreben nicht beobachtet wurden. In einem vereinheitlichten Modell, das für alle Anwendungsfälle gelten soll, sind alle möglichen Versagensarten zu berücksichtigen. Zur Ableitung dieses Modells wurden die hier in Kapitel 4 beschriebenen Versuche durchgeführt.

4 Versuche

In [17] sind umfangreiche Versuche mit Kopfbolzenbefestigungen mit Rückhängebewehrung am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand, beschrieben, die in [18] und [19] veröffentlicht sind. In den Versuchen wurde Abheben der Ankerplatte während der Belastung durch die Versuchseinrichtung verhindert. Weitere Querzugversuche ohne Behinderung des Abhebens der Ankerplatte wurden in [20] sowie Zugversuche mit Kopfbolzenbefestigungen mit Rückhängebewehrung in [21] durchgeführt. Einige Ergebnisse der Versuche [20] und [21] sind in [22] veröffentlicht. Nachfolgend werden die Versuche und die wesentlichen Ergebnisse aus Gründen der Vollständigkeit kurz beschrieben.

4.1 Versuchsprogramm

In den Versuchen [17] wurden vier verschiedene Kopfbolzenbefestigungen mit den Bezeichnungen 1x2, 2x2, 4x2 und 2x4 geprüft. Dabei bezeichnet die erste Zahl die Anzahl der an eine Ankerplatte angeschweißten Kopfbolzen in einer Reihe parallel zum Rand und die zweite die Anzahl der Kopfbolzenreihen senkrecht zum Rand. Der Randabstand der randnahen Kopfbolzen betrug in allen Versuchen $c_1 = 85$ mm und der Achsabstand in beide Richtungen $s = 150$ mm. Variiert wurde die Rückhänge- und Randbewehrung aus gerippten Stäben. Die Stabdurchmesser betragen $d_{s,re} = 12$ mm, 16 mm, sowie 16 + 14 mm (Stabdübel). Der Achsabstand der Bügel, die die Randbewehrung um-

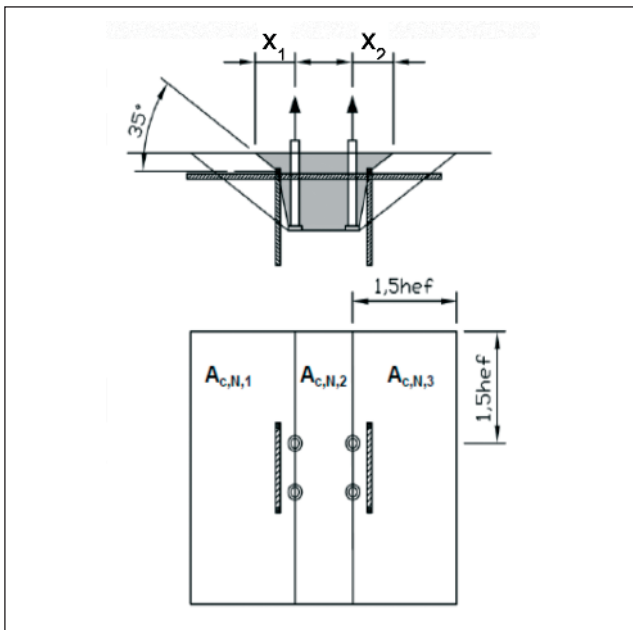


Abb. 7: Befestigung mit vier Kopfbolzen und einem Bügelschenkel je Bolzen, entnommen [3]

schlossen, wurde zu 200 mm gewählt. Der Biegerollendurchmesser betrug $4d_{s, re}$. Bei zahlreichen Versuchen wurden die Dehnungen der Bügel mit Dehnmessstreifen gemessen. Zum Vergleich wurden Versuche ohne Rückhängebewehrung durchgeführt. **Abb. 9** zeigt beispielhaft eine Versuchsplatte (Dicke 500 mm) mit Ankerplatten und Bewehrung aus zwölf Millimeter dicken Stäben. Die Ankerplatten wurden durch eine Querlast senkrecht zum Bauteilrand belastet, wobei Abheben der Ankerplatte während der Belastung verhindert wurde.

In [20] wurden zum Vergleich Kopfbolzenbefestigungen 1x2, 2x2 und 4x2 unter Querlasten zum Rand ohne Behinderung des Abhebens der Ankerplatte geprüft. Bei den Befestigungen 1x2 und 4x2 bestand die Rückhängebewehrung aus zwölf Millimeter dicken Stäben. Befestigungen 2x2 wurden mit einer Rückhängebewehrung aus Stäben $d_{s, re} = 12, 16$ und 20 mm geprüft. Der Randabstand der randnahen Kopfbolzen wurde zu $c_1 = 120$ mm gewählt, um Bügel $d_{s, re} = 20$ mm mit einem Biegerollendurchmesser von $7d_{s, re}$ verwenden zu können anstatt Stabbündel aus 16- und 14-Millimeter-Stäben. Ansonsten waren die geprüften Befestigungen wie in [17] ausgebildet.

Weiterhin wurden Kopfbolzengruppen 2x2 unter zentrischer Zugbelastung geprüft [21]. Variiert wurden der Schaftdurchmesser und die Ver-

ankerungstiefe ($d = 16$ mm, $h_{ef} = 61$ mm und $d = 25$ mm, $h_{ef} = 155$ mm), der Durchmesser der Bügel und Oberflächenbewehrung ($d_{s, re} = 10$ und 16 mm (nur bei $h_{ef} = 155$ mm)) sowie die Zahl der Bügelschenkel ($n_{re} = 4$), 6 (nur bei $h_{ef} = 155$ mm) und 8 , wobei die Bügel direkt neben ($n_{re} = 4$) sowie zusätzlich zwischen ($n_{re} > 4$) den Kopfbolzen angeordnet wurden. Die Bügel umschlossen die innere Lage der geraden Oberflächenbewehrung (**Abb. 10**).

In allen Versuchen entsprach der Beton einem C20/25. Die Würfeldruckfestigkeit betrug $f_{c, 150, m} \approx 30$ MPa bis 35 MPa und die Streckgrenze der Bewehrung aus Rippenstahl $f_{y, re} \approx 530$ MPa bis 550 MPa. In keinem Versuch wurde Versagen der Kopfbolzen beobachtet. In der Regel wurden drei Versuche pro Versuchsserie durchgeführt.

4.2 Ergebnisse der Zugversuche

In **Abb. 11a** sind beispielhaft die in den Zugversuchen mit Kopfbolzen $h_{ef} = 155$ mm gemessenen Last-Verschiebungskurven für Befestigungen ohne beziehungsweise mit Rückhängebewehrung $d_{s, re} = 16$ mm dargestellt. **Abb. 11b** zeigt die aufgebrauchte Zuglast, die aus den gemessenen Stahldehnungen berechnete Zugkraft aller Bügel und die daraus ermittelte Lastaufnahme des Betons in Abhängigkeit von der Verschiebung der Kopfbolzen für die Befestigung mit vier Bügelschenkeln $d_{s, re} = 16$ mm. Die Befestigungen mit Rückhängebewehrung wiesen wesentlich höhere Bruchlasten und ein deutlich duktileres Tragverhalten auf als die Befestigungen ohne Rückhängebewehrung, die durch spröden Betonausbruch versagten. Bei der Befestigung mit vier Bügelschenkeln versagte die Verankerung der Bügel vor Erreichen der Streckgrenze (**Abb. 11b**), während bei den Versuchen mit acht Bügelschenkeln Druckstrebenbruch auftrat. Bei Befestigungen mit $h_{ef} = 61$ mm mit Rückhängebewehrung versagte ebenfalls die Verankerung der Bügel. Demgegenüber wurden bei den Befestigungen mit $h_{ef} = 155$ mm mit zwei Bügeln aus Zehn-Millimeter-Stäben die Bügelschenkel bis zur Streckgrenze beansprucht. In allen Versuchen wurden die Bügel bei einer Zuglast aktiviert, die etwa der Betonausbruchlast der Befestigungen ohne Rückhängebewehrung entsprach. Mit zunehmender Verschiebung der Kopfbolzen nahm die von den Bügeln aufgenommene Zugkraft zu und die Lastaufnahme des Betons nahm ab (**Abb. 11b**). Bei Höchstlast war die Lastaufnahme des Betons jedoch nicht vernachlässigbar. Das in den Versuchen beobachtete Verhalten bestätigt die Aussagen in [3]. Allerdings trat auch Versagen der Bügelverankerung vor Erreichen der Streckgrenze auf.

4.3 Ergebnisse der Querzugversuche

Abb. 12, **Abb. 13** und **Abb. 14** zeigen typische Ergebnisse der Versuche [17], bei denen Abheben der Ankerplatte während der Belastung verhindert wurde. Die Bilder gelten für Gruppen 4x2. Dargestellt sind in

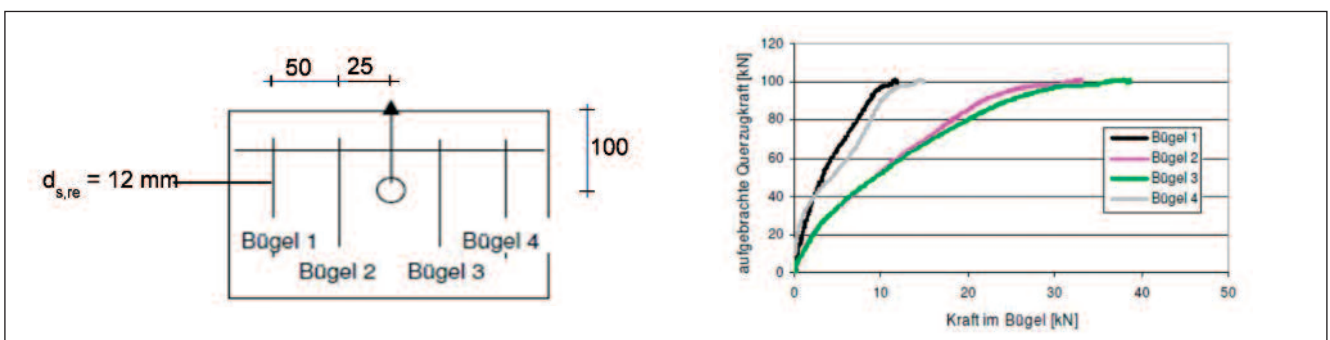


Abb. 8: Kraftaufnahme der Rückhängebügel einer Befestigung am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand bei elastischem Verhalten der Bügel. Die Bügelkräfte wurden aus den mit Dehnmessstreifen gemessenen Stahldehnungen berechnet [4]

Abb. 12 Fotos der Versuchskörper nach dem Versuch sowie die gemessenen Last-Verschiebungskurven. Abb. 13 zeigt die von den Bügeln $d_{s,re} = 12$ mm aufgenommene Querkraft, berechnet nach Gleichung (3.3) aus den gemessenen Stahldehnungen beziehungsweise Bügelzugkräften, in Abhängigkeit von der Querverschiebung. Mit eingetragen sind die aufgebrauchte Querlast sowie die vom Beton aufgenommene Querlast. In Abb. 14 sind die von den einzelnen Bügeln $d_{s,re} = 12$ mm aufgenommenen Zugkräfte in Abhängigkeit von der Querverschiebung dargestellt. Zunächst bildeten sich Risse, die von den randnahen Kopfbolzen ausgingen. Mit zunehmender Belastung traten auch Risse an den vom Rand weiter entfernt liegenden Kopfbolzen auf. Der Bruchriss ging von den randfernen Kopfbolzen aus. Die Breite aller Risse war bei Gebrauchslast unkritisch ($w < 0,3$ mm). Wie bei den Zugversuchen bewirkte die Anordnung einer Rückhängebewehrung eine deutliche Erhöhung der Bruchlast und im Vergleich mit Befestigungen ohne Rückhängebewehrung ein wesentlich duktileres Tragverhalten (Abb. 12). Das Tragverhalten entsprach demjenigen bei Zugbeanspruchung. Die Aktivierung der Bügel begann bei einer Querlast, die etwa der Bruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung entsprach. Während die Beanspruchung der Bü-

gel mit zunehmender Querverschiebung anstieg, nahm die vom Beton übertragene Zugkraft nur wenig ab (Abb. 13). Dies ist auf die Behinderung des Abhebens der Ankerplatte im Versuch zurückzuführen, wodurch eine Druckkraft auf den Ausbruchkörper wirkt, die die Reibung im Bruchriss erhöht [23]. Zunächst wurden überwiegend die direkt neben der Befestigung angeordneten Bügel 4 und 5 beansprucht (Abb. 14). Erreichten sie die Streckgrenze, wurde die Last auf die weiter außen liegenden Bügel 3 und 6 umgelagert. Wurden auch diese Bügel bis zur Streckgrenze beansprucht, wurde die nächste Bügelreihe (Bügel 2 und 7) verstärkt beansprucht. Die äußersten Bügel 1 und 8 nahmen nur eine relativ niedrige Zugkraft auf, weil ihre kurze Verankerung versagte. Bei Verwendung von Bügeln $d_{s,re} = 16 + 14$ mm (Stabbündel) wurde nur eine geringfügig höhere Bruchlast als bei Einsatz von 16-mm-Bügel gemessen (Abb. 12). Dies wird auf Versagen der Druckstreben zurückgeführt. Bei Versuchen, in denen das Abheben der Ankerplatte während der Belastung nicht behindert war [20], wurde ein prinzipiell ähnliches Tragverhalten wie bei Versuchen mit Behinderung des Abhebens der Ankerplatte beobachtet (Bild 15a). Allerdings nahm der vom Beton übertragene Lastanteil mit zunehmender Querverschiebung ab (Abb. 15b).

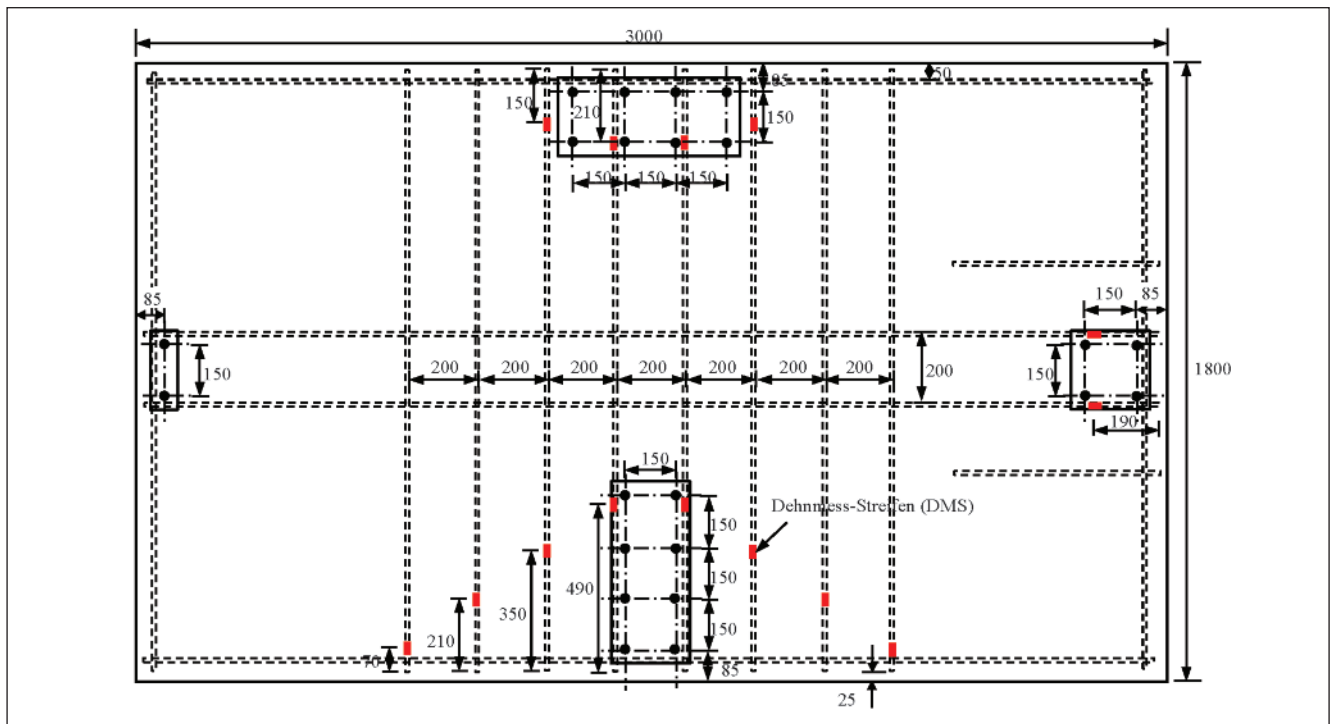


Abb. 9: Versuchskörper mit Ankerplatten, Bügel und Randbewehrung aus gerippten Bewehrungsstäben ($d_{s,re} = 12$ mm) sowie Lage der Dehnmessstreifen, entnommen [17]

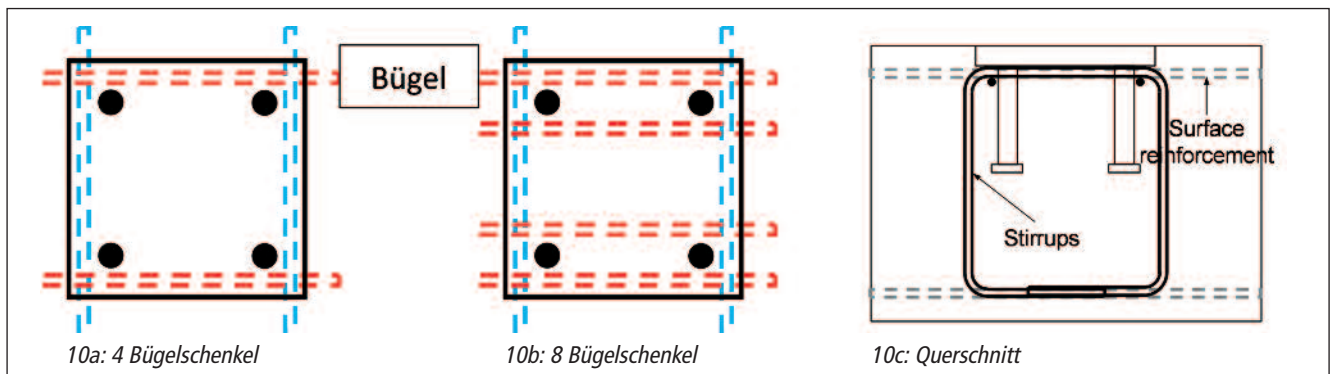


Abb. 10: Ausbildung der Rückhängebewehrung in den Zugversuchen mit $h_{ef} = 155$ mm. Bei Versuchen mit sechs Bügelchen lag ein Bügel mittig zwischen den Kopfbolzen, entnommen [21]

Er betrug bei Höchstlast der Befestigung im Mittel etwa 50 Prozent der Bruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung.

5 Neues analytisches Modell

Das nachfolgend vorgeschlagene analytische Modell zur Berechnung der mittleren Bruchlast von Befestigungen mit Rückhängebewehrung unter zentrischen Zug- oder Querlasten bei Betonausbruch beziehungsweise Betonkantenbruch basiert auf den Modellen von Berger

[3] und Schmid [4], die kombiniert werden. Es werden in Übereinstimmung mit [16] die Zugstäbe und Druckstreben sowie die Verankerung der Zugbewehrung im Knoten nachgewiesen. Das Teilmodell für Befestigungen am Bauteilrand unter Querlasten wurde bereits in [23] und [24] beschrieben. Das Gesamtmodell wurde in [25] kurz vorgestellt. Es besteht aus den folgenden Komponenten:

- Bei dem Nachweis der Zugstäbe wird berücksichtigt, dass der Beton bei der Aufnahme der angreifenden Zug- oder Querlast mitwirkt. Diese Mitwirkung wurde in [3] für zugbeanspruchte Befestigungen festge-

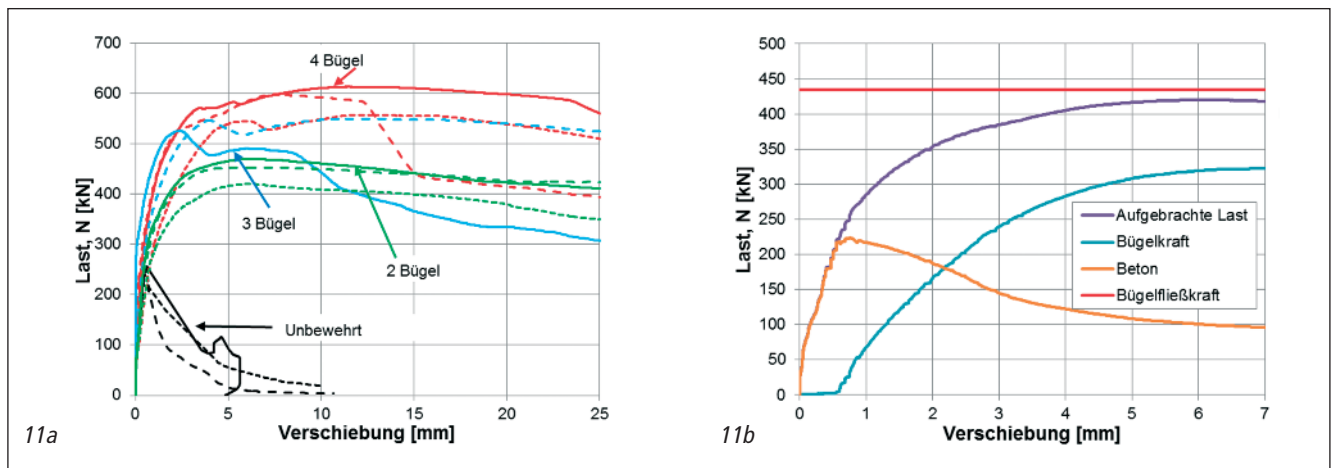


Abb. 11a und 11b: Ergebnisse der Zugversuche mit Kopfbolzensgruppen, $h_{ef} = 155 \text{ mm}$, $s = 150 \text{ mm}$, $d_{s,re} = 0$ beziehungsweise 16 mm , entnommen [21]

11a: Last-Verschiebungskurven

11b: Aufgebrachte Zuglast, aus den gemessenen Stahldehnungen berechnete Zugkraft der Bügel und die daraus ermittelte Lastaufnahme des Betons in Abhängigkeit von der Verschiebung der Kopfbolzen, Befestigung mit vier Bügelschenkeln

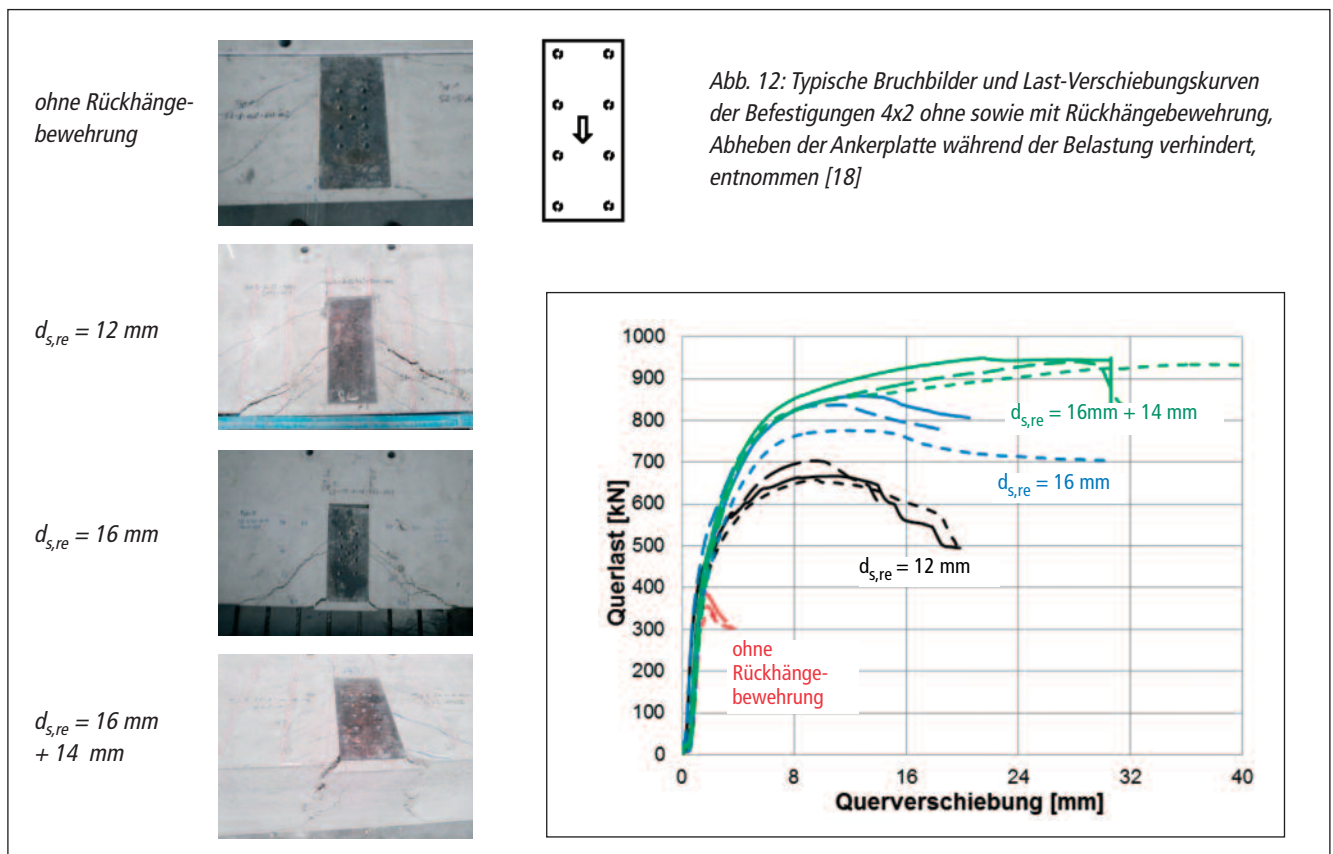


Abb. 12: Typische Bruchbilder und Last-Verschiebungskurven der Befestigungen 4x2 ohne sowie mit Rückhängebewehrung, Abheben der Ankerplatte während der Belastung verhindert, entnommen [18]

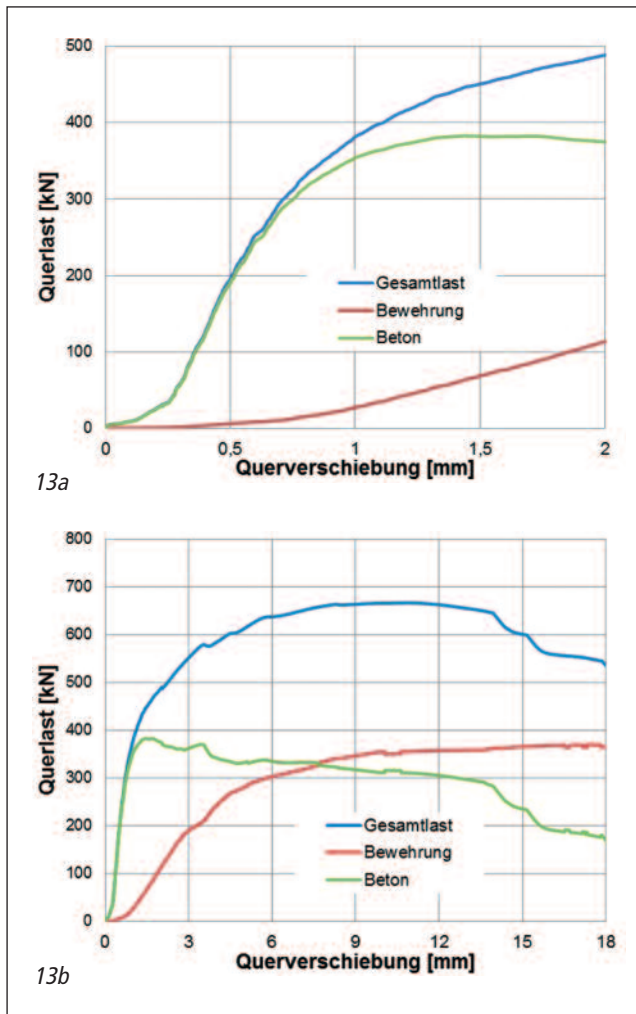


Abb. 13a und 13b: Aufgebrachte Querlast, aus gemessenen Stahldehnungen berechnete Querlast, die von den Rückhängebügeln $d_{s,re} = 12$ mm aufgenommen wurde und vom Beton übertragene Querlast in Abhängigkeit von der Querverschiebung, Befestigung 4x2, Abheben der Ankerplatte während der Belastung verhindert, entnommen [18]
 13a: Querverschiebung bis 2 mm, 13b: Gesamter Verschiebungsbereich

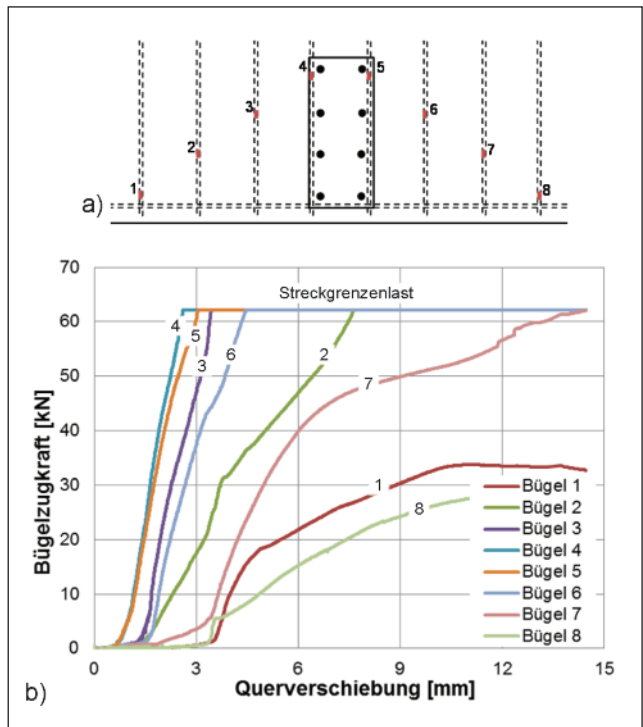


Abb. 14a und 14b: Gemessene Bügelzugkräfte ($d_{s,re} = 12$ mm) der Befestigung 4x2, entnommen [18]
 a) Lage der Dehnmessstreifen, b) aus den gemessenen Stahldehnungen berechnete Zugkraft der Bügel 1 bis 8 in Abhängigkeit von der Querverschiebung

stellt, sie wurde auch in Querkzugversuchen beobachtet (Abb. 13 und Abb. 15). Dabei wird zwischen Anwendungen ohne und mit Behinderung des Abhebens der Ankerplatte beim Aufbringen der Querlast unterschieden. In [23] wird erläutert, warum die Mitwirkung des Betons beziehungsweise die Tragfähigkeit der Befestigung erhöht wird, wenn das Abheben der Ankerplatte behindert ist.

■ Versagen der Druckstreben wird für zugbeanspruchte Befestigungen nach dem Modell in [3] berücksichtigt, das auf querbelastete Be-

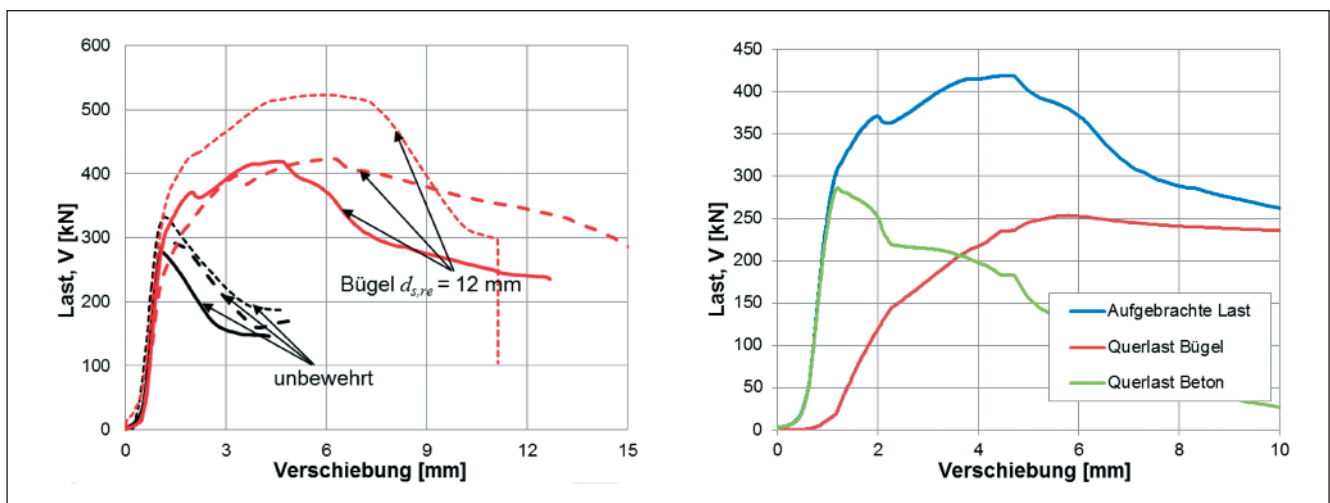


Abb. 15: Ergebnisse der Querlastversuche mit Befestigungen 4x2 ohne sowie mit Rückhängebewehrung $d_{s,re} = 12$ mm, Abheben der Ankerplatte während der Belastung nicht behindert, entnommen [20]

15a: Last-Verschiebungskurven, 15b: Aufgebrachte Querlast, aus gemessenen Stahldehnungen berechnete Querlast, die von den Rückhängebügeln aufgenommen wurde und vom Beton übertragene Querlast in Abhängigkeit der Querverschiebung der Befestigung

festigungen übertragen wurde [23]. Dies ist möglich, weil Tragverhalten und Versagensmechanismus einer Kopfbolzenbefestigung am Bauteilrand mit Rückhängebewehrung, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand, ähnlich sind wie bei einer zugbeanspruchten Befestigung mit Rückhängebewehrung (vergl. Fachwerkmodelle in **Abb. 1a** und **Abb. 1b**).

■ Die Tragfähigkeit der Verankerung der Bügel im Ausbruchkörper wird nach [4] berechnet. Das Modell gilt für Befestigungen am Bauteilrand (Einzelbefestigung oder Befestigungsreihe) unter Querlasten senkrecht zum Rand. In [4] wird zwischen der Tragfähigkeit des Hakens und des Verbundes entlang der geraden Vorlänge unterschieden, wobei angenommen wird, dass direkt neben oder zwischen Kopfbolzen angeordnete Bügel wirksamer sind als weiter außen liegende Bügel. Das Modell wurde geringfügig modifiziert und es wurde berücksichtigt, dass nach den Versuchsergebnissen (**Abb. 14**) die Wirksamkeit von weiter außen liegenden Stäben der Rückhängebewehrung davon abhängt, ob der benachbarte, näher zur Befestigung liegende Bewehrungsstab fließt oder nicht [23]. Weiterhin wurde es auf zugbeanspruchende Befestigungen übertragen.

■ Bei Befestigungen zum Bauteilrand, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand, wird angenommen, dass der Bruchriss von den randfernen Kopfbolzen ausgeht [23] (**Abb. 12**). Diese Annahme stimmt mit den Ergebnissen der Untersuchungen in [26] überein.

Die mittlere Bruchlast $N_{Rm,a}$ einer durch eine zentrische Zuglast beanspruchten Befestigung bei Versagen der Rückhängebewehrung wird nach Gleichung (5.1) berechnet.

$$N_{Rm,a} = 0,5N_{Rm,c} + N_{Rm,re} \geq N_{Rm,c} \leq N_{Rm, strut} \quad (5.1)$$

mit

$N_{Rm,c}$ = siehe Gleichung (3.1)

$N_{Rm,re}$ = Mittlere Tragfähigkeit der Rückhängebewehrung nach Gleichung (5.2)

$N_{Rm, strut}$ = siehe Gleichung (3.2)

Die mittlere Tragfähigkeit der Rückhängebewehrung beträgt

$$N_{Rm,re} = \sum_{n_{re}} N_{Rm,re}^0 \quad (5.2)$$

mit

n_{re} = Zahl der wirksamen Bügelschenkel der Befestigung. Als wirksam gelten Bügel mit einer Verankerungslänge $l_1 \geq l_{1,min}$ im Ausbruchkörper (l_1 siehe **Abb. 1a**).

$$l_{1,min} = 4d_{s,re} \geq 30 \text{ mm} \quad (d_{s,re} \leq 16 \text{ mm}) \quad (5.2a_1)$$

$$= 5,5d_{s,re} \quad (d_{s,re} > 16 \text{ mm}) \quad (5.2a_2)$$

$$N_{Rm,re}^0 = N_{Rm,Haken}^0 + N_{Rm,Verbund}^0 \leq f_{ym} \cdot A_{s,re} \quad (5.3)$$

mit

f_{ym} = Mittlere Streckgrenze der Rückhängebügel

$A_{s,re}$ = Querschnitt eines Bügelschenkels

$N_{Rm,Haken}^0$ = Mittlere Tragfähigkeit eines Hakens

$N_{Rm,Verbund}^0$ = Mittlere über Verbund entlang der geraden Vorlänge übertragene Zugkraft eines Rückhängebügels

$$N_{Rm,Haken}^0 = \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 \cdot f_{ym} (f_{c,cyl} / 24)^{0,1} \quad (5.4)$$

mit

ψ_1 = Faktor zur Berücksichtigung der Wirksamkeit des Hakens

- = 0,95 – Bügel, die zwischen den äußeren Kopfbolzen liegen [4]
- Bügel, die außerhalb der Kopfbolzen liegen, jedoch zuerst vom Bruchriss gekreuzt werden [4]
- Weiter außen liegende Bügel, wenn der benachbarte, näher zur Befestigung liegende Bügel rechnerisch die Fließkraft erreicht [23]
- = 0,16 alle andere Bügel [4]

Die Richtigkeit des Vorschlags für den Faktor ψ_1 für weiter außen liegende Bügel wurde bisher nur für quer belastete Befestigungen am Bauteilrand nachgewiesen [23]. Man kann annehmen, dass er auch für zugbeanspruchte Befestigungen gilt. Allerdings sollte die Richtigkeit dieser Annahme durch Versuche überprüft werden.

ψ_2 = Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses des Durchmessers $d_{s,l}$ der Oberflächenbewehrung bezogen auf den Bügeldurchmesser $d_{s,re}$ auf die Hakentragfähigkeit

$$= \left(\frac{d_{s,l}}{d_{s,re}} \right)^{2/3} \leq 1,2 \quad (5.4a)$$

ψ_3 = Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Verankerungslänge l_1 im Ausbruchkörper (**Abb. 1a**) bezogen auf die Verankerungstiefe h_{ef} sowie des Durchmessers der Rückhängebewehrung $d_{s,re}$ auf die Hakentragfähigkeit

$$= \left(\frac{l_1}{h_{ef}} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{10}{d_{s,re}} \right)^{0,25} \quad (5.4b)$$

$$N_{em,Verbund}^0 = \pi \cdot d_{s,re} \cdot (l_1 - l_{1,min}) \cdot f_{bm} / \alpha_2 \quad (5.5)$$

mit

$$f_{bm} = 2,0f_{bd} \quad (5.5a)$$

f_{bd} = Bemessungswert der Verbundfestigkeit nach [6]

α_2 = siehe Gleichung (2.3)

Die mittlere Bruchlast $V_{Rm,a}$ für Befestigungen am Bauteilrand, belastet durch eine zentrisch an der Ankerplatte angreifende Querlast senkrecht zum Rand, ergibt sich zu

$$V_{Rm,a} = k \cdot V_{Rm,c} + V_{Rm,re} \geq V_{Rm,c} \leq V_{Rm, strut} \quad (5.6)$$

Es bedeuten

- k = Faktor zur Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons
- = 0,5 Regelfall
- = 1,0 Sonderfall einer Befestigung, bei der das Abheben der Ankerplatte verhindert wird, zum Beispiel durch eine ausreichend große Druckkraft oder konstruktive Maßnahmen

$V_{Rm,c}$ = Mittlere Betonkantenbruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung, berechnet nach [15] für die randfernen Kopfbolzen

$V_{Rm,re}$ = Mittlere Querlast, die von den Rückhängebügeln aufgenommen wird, siehe Gleichung (5.7)

$V_{Rm, strut}$ = Mittlere Bruchlast der Befestigung bei Versagen der Druckstreben, siehe Gleichung (5.8)

$$V_{Rm, re} = \frac{N_{Rm, re}}{1 + e_z / z} \quad (5.7)$$

mit
 $N_{Rm, re}$ = Mittlere Tragfähigkeit der Rückhängebügel nach Gleichung (5.2). Für die Ermittlung der Verankerungslänge der Bügel im Ausbruchkörper (vergleiche **Abb.1b**) darf angenommen werden, dass der Bruchriss von den randfernen Kopfbolzen ausgeht. Zur Berechnung des Faktors ψ_3 ist in Gleichung (5.4b) der Verhältniswert (l_1 / h_{ef}) durch den Wert (l_1 / c_1) mit c_1 = Randabstand der randfernen Kopfbolzen zu ersetzen

e_z, z = siehe Gleichung (2.4)

$$V_{Rm, strut} = V_{Rm, c} \cdot \psi_{st, V} \quad (5.8)$$

mit
 $\psi_{st, V}$ = Faktor nach Gleichung (5.8a) oder (5.8b)

Für die Befestigung nach **Abb. 16** mit je einem Bügel im Abstand x neben dem Kopfbolzen ergibt sich die Bruchlast bei Versagen der Druckstreben zu:

$$\psi_{st, V} = \psi_{st, V}^0 = 2,75 - 1,17 \cdot \frac{x}{c_1} \geq 1 \quad (5.8a)$$

x = Abstand zwischen Kopfbolzen und dem nächsten Bügel

Gleichung (5.8a) entspricht Gleichung (3.2a). Allerdings wird vereinfachend der Abstand zwischen Kopfbolzen und Bügel eingesetzt, weil man damit eine weniger konservative Abschätzung der gemessenen Bruchlasten erhält als bei Verwendung des Abstandes zwischen Kopfbolzen und Schnittpunkt des angenommenen Risses mit dem Bauteilrand [23].

Bei Befestigungen mit zwei Kopfbolzen parallel zum Rand ($s \leq s_{cr, V}$) mit Bügeln im Abstand $x_1 = x_2 = x$ beidseits außerhalb der Kopfbolzen (**Abb. 17**) kann sich die von einem Kopfbolzen eingeleitete Querlast nur auf einen Bügel abstützen. Der Faktor $\psi_{st, V}$ ergibt sich nach Gleichung 5.8b (vergl. Gleichung 3.2b).

Die Berechnung des Faktors $\psi_{st, V}$ für andere Ausbildungen der Befestigung ist in [23] angegeben.

$$\psi_{st, V} = \psi_{st, V}^0(x) \cdot \left(\frac{A_{c, V1}}{A_{c, V}} + \frac{A_{c, V3}}{A_{c, V}} \right) + \frac{A_{c, V2}}{A_{c, V}} \quad (5.8b_1)$$

$$\psi_{st, V}^0(x) = \psi_{st, V}^0(x) \frac{3c_1}{3c_1 + s} + \frac{s}{3c_1 + s} \quad (5.8b_2)$$

$\psi_{st, V}^0$ = Faktor nach Gleichung (5.8a) für den Abstand x
 $A_{c, V}$ = Projizierte Fläche berechnet nach [1] bzw. [2]
 $A_{c, V1}, A_{c, V2}, A_{c, V3}$ = Teilflächen von $A_{c, V}$

Das vorgeschlagene Modell gilt für Befestigungen mit einer Rückhängebewehrung aus Bügeln mit einer Streckgrenze $f_{yk} \leq 500$ MPa in gut verdichtetem Normalbeton, die durch zentrisch an der Ankerplatte angreifende vorwiegend ruhende Zuglasten oder Querlasten senkrecht zum Bauteilrand belastet werden. Der Einfluss der Betondruckfestigkeit auf das Tragverhalten von Befestigungen mit Rückhängebewehrung wurde bisher nicht systematisch untersucht. Daher wird

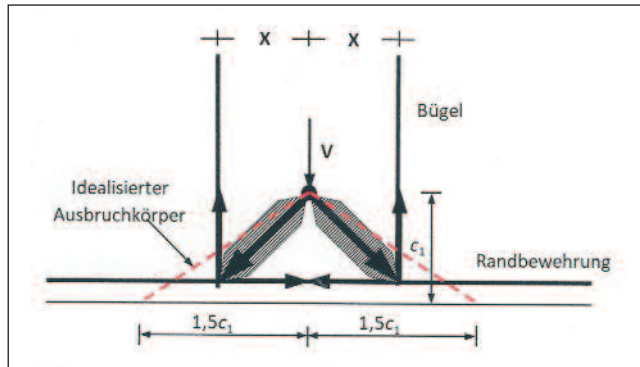


Abb.16: Befestigung mit einem Einzelbolzen am Bauteilrand mit Rückhängebewehrung, belastet durch eine Querlast zum Rand, und Fachwerkmodell, entnommen [23]

empfohlen, für die Berechnung der mittleren Bruchlast keine höhere Betondruckfestigkeitsklasse als C50/60 anzusetzen. Die Mindestbetondruckfestigkeit sollte einem C16/20 entsprechen. Bei zugbeanspruchten Befestigungen gilt das Modell für Verankerungstiefen bis etwa 250 Millimeter, weil Befestigungen mit Rückhängebewehrung mit einer Verankerungstiefe von mehr als 250 Millimeter und Versagen der Druckstreben bisher nicht geprüft wurden. Der Einfluss einer Ermüdungsbelastung oder von seismischen Beanspruchungen auf das Tragverhalten von Befestigungen mit Rückhängebewehrung wurde bisher nicht untersucht. Es sei darauf hingewiesen, dass bei Zugbeanspruchung eine Oberflächenbewehrung und bei Querbeanspruchung eine Randbewehrung vorhanden sein muss, die von den Bügeln umschlossen werden muss. Sie ist nach dem angenommenen Fachwerkmodell zu bemessen. Fehlt diese Oberflächen- beziehungsweise Randbewehrung, müssen die parallel zur Betonoberfläche beziehungsweise zum Rand auftretenden Zugkräfte (**Abb. 2**) vom Beton aufgenommen werden, wodurch die Tragfähigkeit der Befestigungen deutlich abnehmen kann ([3] und [4]).

Bei einer schräg oder parallel zur Bauteilkante angreifenden Querlast ist nach [2] für die Bemessung der Rückhängebewehrung anzunehmen, dass die gesamte Querlast senkrecht zur Bauteilkante wirkt. Dieses Vorgehen ist auch bei dem vorgeschlagenen Modell möglich. Es ist konservativ.

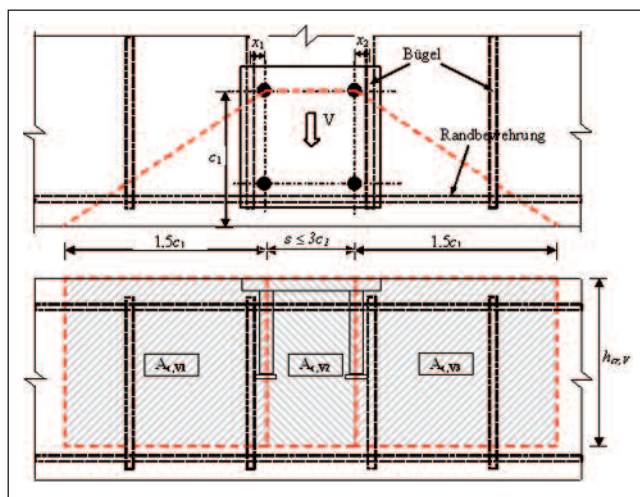


Abb. 17: Befestigung mit 2 x 2 Kopfbolzen am Bauteilrand und Rückhängebügel beidseits außerhalb der Kopfbolzen, entnommen [23]

Bei Angriff einer exzentrischen Zug-oder Querlast am Bauteilrand muss nach [1] und [2] der am stärksten beanspruchte Kopfbolzen nachgewiesen werden, und die für diesen Kopfbolzen ermittelten Rückhängebügel sind bei allen Bolzen anzuordnen. Dieses Vorgehen ist auch bei Bemessung mit dem vorgeschlagenen Modell möglich. Allerdings sollte der Lastanteil, der vom Beton getragen wird, vernachlässigt werden, weil bisher kein allgemein anerkannter Ansatz für die Berechnung der Betonausbruchlast (Zug) beziehungsweise Betonkantenbruchlast (Querzug) des am stärksten beanspruchten Kopfbolzens vorliegt.

6 Vergleich der rechnerischen Tragfähigkeiten von Befestigungen mit Versuchsergebnissen

Abb. 18 zeigt einen Vergleich der gemessenen Bruchlasten mit den rechnerischen Werten nach dem vorgeschlagenen Ansatz. Aufgetragen ist jeweils das Verhältnis der gemessenen Bruchlast zum rechnerischen Wert in Abhängigkeit vom Gesamtquerschnitt der Rückhängebewehrung. Abb. 18a gilt für zugbeanspruchte Kopfbolzenbefestigungen und Abb. 18b für Kopfbolzenbefestigungen am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand. In Abb. 18 sind die Ergebnisse der Versuche [3] mit Kopfbolzen und [4] mit Verbunddübel und die der eigenen Versuche ([17], [20] und [21]) ausgewertet. In den Zugversuchen [21] mit Gruppen mit 2x2 Kopfbolzen mit einer Verankerungstiefe $h_{ef} = 61$ mm und den Querzugversuchen [17] mit Befestigungen 1x2 am Bauteilrand ($c_1 = 65$ mm) war die Verankerungslänge der Rückhängebügel im Betonausbruchkörper kleiner als der vorgeschlagene Mindestwert $l_{1,min} = 4_{ds,re}$. Trotzdem wurden die Bügel aktiviert, weil je ein Stab der Oberflächen- beziehungsweise der Randbewehrung genau in der Bügelkrümmung lag und die Druckstrebe über Seilwirkung der Längsstäbe in den Bügelschenkel eingeleitet wurde. Die Tragfähigkeit dieser Versuche wurde nach dem vorgeschlagenen Modell berechnet, und die so ermittelten Verhältniswerte $F_{u,Versuch}/F_{u,Rechnung}$ wurden in Abb. 18 mit eingetragen. In der Praxis sollten jedoch aus Gründen der Verlegegenauigkeit nur Bügel als wirksam angesehen werden, die die Mindestverankerungslänge nach Gleichung (5.2a) einhalten.

Abb. 18 zeigt, dass die gemessenen Bruchlasten mit ausreichender Genauigkeit durch den vorgeschlagenen Ansatz beschrieben werden. Für zugbeanspruchte Befestigungen mit Rückhängebewehrung ($n = 57$) betragen die Verhältniswerte $N_{u,Versuch} / N_{u,Rechnung}$ im Mittel 1,1 mit einem Variationskoeffizient $V \approx 20\%$. Für querbeanspruchten Befestigungen ($n = 78$) erhält man für die Verhältniswerte $V_{u,Versuch} / V_{u,Rechnung}$ im Mittel 1,08 mit $V \approx 17\%$.

7 Bemessung von Kopfbolzenbefestigungen mit Rückhängebewehrung

Der Bemessungswert des Widerstands einer Befestigung mit Kopfbolzen mit einer Rückhängebewehrung aus Bügeln und Oberflächenbewehrung, belastet durch eine zentrische Zuglast ergibt sich nach Gleichung (7.1).

$$N_{Rd,a} = 0,5N_{Rd,c} + N_{Rd,re} \geq N_{Rd,c} \geq N_{Rd, strut} \quad (7.1)$$

mit $N_{Rd,c}$ = Bemessungswert der Betonausbruchlast der Befestigung ohne Rückhängebewehrung nach [1] bzw. [2]

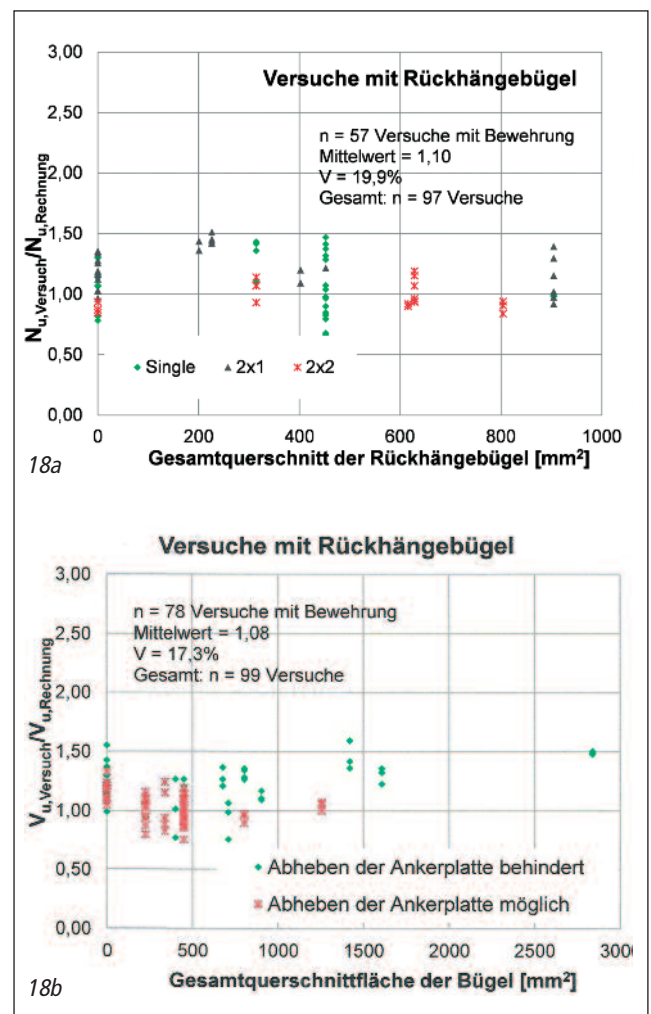


Abb. 18a und 18b: Verhältnis von gemessenen Bruchlasten zu den Rechenwerten nach dem vorgeschlagenen Modell in Abhängigkeit vom Gesamtquerschnitt der Rückhängebügel

18a: Zugbeanspruchte Befestigungen mit großem Randabstand

18b: Befestigungen am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast senkrecht zum Rand

$N_{Rd,re}$ = Bemessungswert der Tragfähigkeit der Rückhängebewehrung nach Gleichung (7.2)

$N_{Rd, strut}$ = Bemessungswert der Tragfähigkeit bei Versagen der Druckstreben nach Gleichung (7.4)

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit der Rückhängebewehrung beträgt

$$N_{Rd,re} = \sum_{n_{re}} N_{Rd,re}^0 \quad (7.2)$$

mit n_{re} siehe Gleichung (5.2)

$$N_{Rd,re}^0 = \kappa_w \cdot \kappa_{5\%} (N_{Rm,Haken}^0 + N_{Rm,Verbund}^0) / \gamma_{Mc} \leq A_{s,re} \cdot f_{yk} / \gamma_{Ms} \quad (7.3a)$$

κ_w Einflussfaktor zur Berücksichtigung von Rissen parallel zu Rückhängebügeln. Die Versuche [3], [4], [17], [20] und [21] wurden im ungerissenen Beton durchgeführt. Nach [27] nehmen Steifigkeit und Tragfähigkeit von Haken, die in Rissen verankert sind, gegenüber Haken in nicht geris-

senem Beton ab. Dies gilt nach [28] und [29] auch für den Verbund von geraden Rippenstäben. Konservativ wird ein Abminderungsfaktor $\kappa_w = 0,7$ empfohlen. Für ungerissenen Beton gilt $\kappa_w = 1,0$

$\kappa_{5\%}$ Verhältnis zwischen der 5%-Fraktile und dem Mittelwert. Das Verhältnis $F_{u,5\%}/F_{um}$ beträgt für die Zug- beziehungsweise Querzugversuche das ungefähr 0,70- beziehungsweise 0,75-fache des Mittelwerts. Vereinfacht wird unabhängig von der Belastungsrichtung $\kappa_{5\%} = 0,75$ angesetzt. Dieser Verhältniswert wird in der Befestigungstechnik bei Betonversagen verwendet.

$$N_{Rd,re}^0 = \kappa_w \cdot (0,75 N_{Rm,Haken}^0 + \pi \cdot d_{s,re} \cdot (l_1 - l_{1,min}) \cdot f_{bd}) / \gamma_{Mc} \leq A_{s,re} \cdot f_{yk} / \gamma_{Ms} \quad (7.3b)$$

$l_1, l_{1,min}$ siehe Gleichung (5.2)

f_{bd} siehe Gleichung (5.5a)

$N_{Rm,Haken}^0$ siehe Gleichung (5.4)

γ_{Mc} Teilsicherheitsbeiwert für Betonversagen nach [1] beziehungsweise [2] = 1,5

f_{yk} Nennwert der Streckgrenze der Bügel ≤ 500 MPa

γ_{Ms} Teilsicherheitsbeiwert für Bewehrung nach [1] bzw. [2] = 1,15

Der Bemessungswert des Widerstands der Befestigung bei Versagen der Druckstreben beträgt

$$N_{Rd,strut} = \kappa_w \cdot \kappa_{5\%} \cdot N_{Rm,strut} / \gamma_{Mc} \quad (7.4)$$

$\kappa_w \cdot \kappa_{5\%} \cdot \gamma_{Mc}$ siehe Gleichung (7.3a)

$N_{Rm,strut}$ siehe Gleichung (3.2)

Der Bemessungswert des Widerstands einer Befestigung mit Kopfbolzen mit einer Rückhängebewehrung aus Bügeln und Randbewehrung, belastet durch eine zentrische Querlast senkrecht zum Rand ergibt sich nach Gleichung (7.5).

$$V_{Rd,a} = k \cdot V_{Rd,c} + V_{Rd,re} \geq V_{Rd,c} \quad (7.5)$$

$$= \leq V_{Rd,strut}$$

mit

k Faktor zur Berücksichtigung der Behinderung des Abhebens der Ankerplatte, siehe Gleichung (5.6)

$V_{Rd,c}$ Bemessungswert des Widerstands für Betonkanntenbruch der Befestigung ohne Rückhängebewehrung, berechnet nach [1] bzw. [2] mit $\psi_{re,V} = 1$

$$V_{Rd,re} = N_{Rd,re} / (1 + e_s / z) \quad (7.6)$$

$N_{Rd,re}$ siehe Gleichung (7.2)

e_s, z siehe Gleichung (2.4)

$$V_{Rd,strut} = \kappa_w \cdot \kappa_{5\%} \cdot V_{Rm,strut} / \gamma_{Mc} \quad (7.7)$$

$\kappa_w, \kappa_{5\%}, \gamma_{Mc}$ siehe Gleichung (7.3a)

$V_{Rm,strut}$ siehe Gleichung (5.8)

Bei der Ermittlung des maßgebenden charakteristischen Widerstands der Befestigung müssen zusätzlich zu den charakteristischen Widerständen nach Gleichung (7.1) und Gleichung (7.5) auch die charakteristischen Widerstände für die weiteren möglichen Versagensarten berücksichtigt werden, wobei der geringste Wert maßgebend ist.

Der zulässige Anwendungsbereich des vorgeschlagenen Bemessungsmodells wird in Kapitel 5 beschrieben. Die unter Gebrauchslast gemessenen maximalen Rissbreiten betragen $w_{max} < 0,3$ mm. Daher ist für Befestigungen mit Rückhängebewehrung im Regelfall ein Nachweis der Rissbreite im Gebrauchszustand nicht erforderlich.

Der Bemessungsvorschlag liefert in vielen Anwendungsfällen höhere Tragfähigkeiten als das Modell in [1] oder [2]. Es sind jedoch noch weitere Untersuchungen erforderlich, um konservative Ansätze im Modell zu verbessern. Die Verfasser arbeiten an der Lösung folgender offenen Fragen:

- Druckstrebenbruch von querbelasteten Befestigungen mit mehr als zwei Kopfbolzen parallel zum Bauteilrand [23] und von zugbeanspruchten Befestigungen mit $h_{ef} > 250$ mm.
- Befestigungen mit exzentrischer Zug- oder Querlast.
- Befestigungen am Bauteilrand, belastet durch eine Querlast schräg oder parallel zum Rand [23].
- Interaktion bei Befestigungen mit einer Rückhängebewehrung nur für Zug- oder Querlasten.
- Stahlversagen der Kopfbolzen bei querbelasteten Befestigungen mit mehr als zwei Kopfbolzenreihen senkrecht zum Rand [23].
- Querbelastete Befestigungen mit Rückhängebewehrung bei der Versagensart „Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite“ [25], [30].

8 Zusammenfassung

Bei Anordnung einer Rückhängebewehrung steigt die Tragfähigkeit von Befestigungen unter Zuglasten- beziehungsweise von querbelasteten Befestigungen am Bauteilrand deutlich an und das Verhalten wird wesentlich duktiler gegenüber Befestigungen ohne Rückhängebewehrung. Die Bemessung dieser Befestigungen ist in CEN/TS 1992-4 [1] und in EN 1992-4 [2] geregelt, jedoch ist das Bemessungsmodell in vielen Anwendungsfällen sehr konservativ.

Zur weiteren Klärung des Tragverhaltens von zug- und querbelasteten Befestigungen mit Rückhängebewehrung wurden Versuche ([17], [20] und [21]) durchgeführt. Aufbauend auf den von Berger [3] für zugbelastete Befestigungen und Schmid [4] für querbeanspruchte Befestigungen mit Rückhängebewehrung vorgeschlagenen Ansätzen wurde auf Basis der Versuchsergebnisse ein vereinheitlichtes und verbessertes Modell zur Berechnung der mittleren Bruchlast beziehungsweise des Bemessungswerts des Widerstands abgeleitet. Es gilt für Befestigungen mit zentrisch an der Ankerplatte angreifenden vorwiegend ruhenden Zug- oder Querlasten in Normalbeton, wobei bei zugbeanspruchten Befestigungen die Verankerungstiefe nicht größer sein sollte als $h_{ef} \approx 250$ Millimeter. Es sollte in der Bemessung keine höhere Betondruckfestigkeitsklasse als C50/60 angesetzt werden. Das vorgeschlagene Modell beschreibt die in [3] und [4] sowie den eigenen Versuchen gemessenen Bruchlasten mit ausreichender Genauigkeit. Allerdings sind weitere Untersuchungen erforderlich, um einige offenen Fragen zu klären.

9 Literatur

- [1] CEN/TS 1992-4:2009: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton - Teil 4-1: Allgemeines und Teil 4-2: Kopfbolzen. Deutsche Fassung; August 2009

- [2] FprEN 1992-4:2016: Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 4: Design of fastenings for use in concrete. Fassung Formal Vote, Dezember 2017
- [3] Berger, W.: Trag- und Verschiebungsverhalten sowie Bemessung von Kopfbolzenverankerungen mit und ohne Rückhängebewehrung unter Zuglast. Dissertation, Universität Stuttgart, 2015
- [4] Schmid, K.: Tragverhalten und Bemessung von Befestigungen am Bauteilrand mit Rückhängebewehrung unter Querlasten rechtwinklig zum Rand. Dissertation, Universität Stuttgart, 2010
- [5] Eligehausen, R.; Mällée, R.; Silva, J.F.: Anchorage in Concrete Construction. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2006
- [6] EN 1992-1-1:2004: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Deutsche Fassung, 2004
- [7] Kuhlmann, U.; Imminger, T.: Ankerplatten und Einbaudetails zur Kraftüberleitung im Stahlbau, Abschlussbericht. DAST-/AiF Forschungsprojekt. Düsseldorf, Deutscher Ausschuss für Stahlbau, 2004
- [8] Kuhlmann, U.; Rybinski, M.: Tragfähigkeit von Ankerplatten mit Kopfbolzen in stabförmigen Bauteilen. Forschungsbericht P 722. Düsseldorf, FOSTA Forschungsvereinigung Stahlanwendungen e.V., Verlag- und Vertriebsgesellschaft, 2007
- [9] Fromknecht, S.: Contribution to the Load-Bearing Capacity of Anchor Plates with Headed Studs in Reinforced Concrete Columns. Dissertation, University of Luxembourg, 2009
- [10] Fromknecht, S.; Odenbreit, C.; Dorka, U.: Versuche zur Tragfähigkeit von Ankerplatten mit einbetonierten Kopfbolzendübeln in schmalen Stahlbetonstützen. Beton- und Stahlbetonbau 105, (2010), Heft 6, Seiten 362-370
- [11] Bujnak, J.; Farbak, M.; Bahleda, F.: Experimental Assessment of Headed Anchors with Supplementary Reinforcement. Proceedings. 3rd International Symposium on Connections between Steel and Concrete, Stuttgart, Sept. 2017, Seiten 266-271
- [12] Fuchs, W.; Eligehausen, R.: Das CC-Verfahren für die Berechnung der Betonausbruchlasten von Verankerungen. Beton- und Stahlbetonbau, 1995, No. 1, Seiten 6-9, No. 2, Seiten 38-44 und No. 3, Seiten 73-76
- [13] Kuhlmann, U.; Hofmann, J.; Wald, F.; da Silva, L.; Krimpmann, M.; Sauerborn, N. et al.: New Market Chances for Steel Structures by Innovative Fastening Solutions between Steel and Concrete (IN-FASO). Report EUR 25100 EN, European Commission, 2012
- [14] Kuhlmann, U.; Özolt, A.; Ruopp, J.: Verbesserung der Tragfähigkeit von Ankerplatten mit angeschweißten Kopfbolzen in stabförmigen Stahlbetonbauteilen. Stahlbau, 83 (2014), Heft 10, Seiten 731-740
- [15] Hofmann, J.: Tragverhalten und Bemessung von Befestigungen am Bauteilrand unter Querlasten mit beliebigem Winkel zur Bauteilkante. Dissertation, Universität Stuttgart, 2004
- [16] Schlaich, J.; Schäfer, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. Betonkalender 1989, Teil II, Ernst & Sohn, Berlin, 1989, Seiten 563-715
- [17] Concrete edge failure of groups of headed studs with supplementary reinforcement. Expert Report des Ingenieurbüros IEA GmbH & Co. KG, Eligehausen - Asmus - Hofmann für Fa. Électricité de France (edf), Juni 2015, nicht veröffentlicht
- [18] Eligehausen, R.; Asmus, J.; Sharma, A.: Befestigungen mit Kopfbolzen am Bauteilrand mit und ohne Rückhängebewehrung unter Querlast senkrecht zum Rand. Experimentelle Untersuchungen und Vergleich mit EN 1992-4; Der Prüferingenieur, Mai 2016, Seiten 41-52
- [19] Sharma, A.; Eligehausen, R.; Asmus, J.: Experimental investigation of concrete edge failure of multiple-row anchorages with supplementary reinforcement. Structural Concrete, 2017, Seiten 153-163
- [20] Concrete edge failure of groups of headed studs with supplementary reinforcement. Expert Report des Ingenieurbüros IEA GmbH & Co. KG, Eligehausen - Asmus - Hofmann für Fa. Peikko Group Corporation, April 2017, nicht veröffentlicht
- [21] Concrete cone failure of groups of headed studs with supplementary reinforcement. Expert Report des Ingenieurbüros IEA GmbH & Co. KG, Eligehausen - Asmus - Hofmann für Fa. Peikko, Group Corporation, Januar 2017, nicht veröffentlicht
- [22] Sharma, A.; Eligehausen, R.; Asmus, J.: Comprehensive Experimental Investigations on Anchorages with Supplementary Reinforcement. Proceedings. 3rd International Symposium on Connections between Steel and Concrete, Stuttgart, Sept. 2017 (ConSC 2017), Seiten 242-252
- [23] Eligehausen, R.; Sharma, A.; Asmus, J.: Befestigungen mit Kopfbolzen am Bauteilrand mit Rückhängebewehrung unter Querlast senkrecht zum Rand – Verbessertes analytisches Modell für die Berechnung des Widerstands bei Versagen der Bauteilkante. Der Prüferingenieur, Heft 49, November 2016, Seiten 46-60
- [24] Sharma, A.; Eligehausen, R.; Asmus, J.: A new model for concrete edge failure of multiple row anchorages with supplementary reinforcement – Reinforcement failure. Structural Concrete, 2017, Seiten 1-9
- [25] Sharma, A.; Eligehausen, R.; Asmus, J.: Comprehensive Analytical Model for Anchorages with Supplementary Reinforcement. Proceedings. 3rd International Symposium on Connections between Steel and Concrete, Stuttgart, Sept. 2017, Seiten 253-265
- [26] Grosser, P.: Load-bearing behavior and design of anchorages subjected to shear and torsion loading in uncracked concrete. Dissertation, Universität Stuttgart, 2012
- [27] Rehm, G.; Dieterle, H.; Eligehausen, R.: Rationalisierung der Bewehrungstechnik im Stahlbetonbau. Abschlussbericht des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart. Teil 5b: Tragverhalten verschiedener Verankerungselemente in Rissen. Stuttgart, 1979
- [28] Eibl, J.; Idda, K.; Lucero-Cimas, H.N.: Verbundverhalten bei Querzug. Forschungsbericht, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Karlsruhe, 1997
- [29] Simons, I.N.: Verbundverhalten von eingemörtelten Bewehrungsstäben unter zyklischer Beanspruchung. Dissertation, Universität Stuttgart, 2007
- [30] Kuhlmann, U.; Ruopp, J.: Anschlüsse zwischen Stahl und Beton mit großen Ankerplatten unter Querkraftbeanspruchung. Stahlbau 85 (2016), Heft 12, Seiten 801-810

Dank

Die in diesem Aufsatz beschriebenen Versuche wurden von der Fa. Électricité de France (edf) sowie der Fa. Peikko Group Corporation (Finnland) finanziell gefördert. Die Autoren bedanken sich dafür sehr herzlich.

BBQ: Neue Richtlinie für definierte Betonbauqualitäten soll die Schwäche der bisherigen Einheitsnorm ausgleichen

Anpassung der Regelungen an die jeweilige Komplexität von Bauwerk, Planung, Baustoff und Bauausführung

Im Zuge der Erarbeitung der europäischen Betonnorm EN 206 (2014) mit ihren nationalen Anhängen zeigten sich erhebliche Schwierigkeiten, die zugehörige DIN 1045-2 in ihrer bisherigen Form und mit den bis dato für maßgebend erachteten nationalen Ergänzungen zu generieren. Dabei wurden in Anbetracht der vielfältigen Weiterentwicklungen der Betonbauweise auch die Schwächen der bisherigen Einheitsnorm offensichtlich. Es zeigt sich, dass im Betonbau das angestrebte gleiche Qualitätsniveau nicht mehr mit einheitlichen Maßnahmen erreicht werden kann, vielmehr ist zwischen unterschiedlich komplexen Konstruktionen und unterschiedlich komplexen Prozessen in der Planung, der Betontechnik und der Bauausführung zu differenzieren. Deshalb hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) das Konzept der „BetonBauQualitätsklassen“ (BBQ-Klassen) entwickelt, mit dem qualitätssichernde Maßnahmen in unterschiedlicher Intensität definiert werden können. Dieses System wird im folgenden Beitrag explizit vorgestellt und die Gründe für seine Entstehung erläutert. Das Konzept wird derzeit in den Technischen Ausschüssen des DAfStb vollendet; der Gelbdruck der entsprechenden Richtlinie soll 2019 vorgestellt und nach Beratung und Einarbeitung der Einsprüche auch 2019 veröffentlicht werden.



Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher

studierte von 1977 bis 1982 Bauingenieurwesen an der TU München und war von 1983 bis 1992 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am dortigen Lehrstuhl für Baustoffkunde tätig, wo 1989 auch seine Promotion zum Dr.-Ing. erfolgte; von 1992 bis 2002 war Rolf Breitenbücher als Leiter und später als Geschäftsführer des zentralen Baustofflabors der Philipp Holzmann Bautechnik beschäftigt und danach als Geschäftsführer der Philipp Holzmann Ingenieurgesellschaft; seit 2003 ist er Universitätsprofessor am Lehrstuhl für Baustofftechnik der Ruhr-Universität Bochum.

1 Einführung

Normen dienen grundsätzlich dazu, durch entsprechende technische Regelungen Produkte, in unserem Fall Bauwerke, so herzustellen, dass sie in der Nutzung sicher sind und einem genau definierten Qualitäts-Mindeststandard genügen. Im Betonbau stehen hierzu als Basisnormen DIN EN 1992-1-1 (**Abb. 1a**) einschließlich des Nationalen Anhangs für die Planung, Bemessung und Konstruktion, DIN EN 206 zusammen mit DIN 1045-2 für den Baustoff Beton (**Abb. 1b**) und schließlich DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 für die Bauausführung zur Verfügung (**Abb. 1c**).

Die europäische Betonnorm EN 206 wurde vor einigen Jahren überarbeitet und mit Ausgabe Juli 2014 veröffentlicht. In Deutschland stellt jedoch nach wie vor die alte Betonnorm (DIN EN 206-1:2001 in Verbindung mit DIN 1045-2:2008) das maßgebende Regelwerk dar, weil es 2014, entgegen der früheren Praxis, nicht gelungen war, eine neue nationale Ergänzungsnorm DIN 1045-2 zur europäischen Betonnorm zu generieren.

2 Hintergründe

2.1 Nichtgekoppelte Normen für die Teil-Prozesse bei der Planung und Errichtung von Betonbauwerken

Die Ursachen dieser Entwicklung sind tiefgründiger als zunächst angenommen – und sie können auch nicht etwa nur in einer reduzierten Kompromissbereitschaft der an der Normung beteiligten Kreise gefunden werden.

Bislang werden die Regelwerke für den Betonbau in eigenständigen Normenausschüssen entwickelt, die – jeder für sich – mehr oder weniger ihr ureigenes Themenfeld, dem jeweiligen Prozess (Planung, Beton, Bauausführung) entsprechend, im Fokus haben (**Abb. 1a bis Abb. 1c**). Alle notwendigen Nachweisverfahren für Bemessung, konstruktive Ausbildungen und Regelungen werden in DIN EN 1992-1-1 inklusive zugehörigem nationalen Anhang dargelegt. Die betontechnisch relevanten Regelungen für die Sicherstellung der Betoneigenschaften einschließlich der angestrebten Dauerhaftigkeit sind separat in der EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 geregelt. Und in gleicher Weise werden die bei der Bauausführung einzuhaltenden Regelungen in einem eigenen Arbeitskreis erarbeitet und in DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 festgeschrieben. Eine Abstimmung zwischen den einzelnen Regelungen beschränkt sich auf wenige übergreifende Parameter (zum Beispiel auf eine Festlegung der Expositionsklassen). Dementsprechend werden die einzelnen Normen primär auch nur für den jeweiligen Prozess herangezogen (Planung/Bemessung, Betonherstellung, Bauausführung). Das heißt, der Planer beschäftigt sich mehr oder weniger mit der Bemessungsnorm, die Betonnorm ist ihm nur grob geläufig. Gleiches gilt für die beiden anderen Partner am Gesamtprozess.

DEUTSCHE NORM		Januar 2011
	DIN EN 1992-1-1	DIN
DEUTSCHE NORM		Januar 2011
	DIN EN 1992-1-1/NA	DIN
ICS 91.010.30; 91.080.40		Mit DIN EN 1992-1-1:2011-01, DIN EN 1992-3:2011-01 und DIN EN 1992-3/NA:2011-01 Ersatz für DIN 1045-1:2008-08
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau		

DEUTSCHE NORM		Juli 2001
	Beton Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität Deutsche Fassung EN 206-1:2000	DIN EN 206-1
DEUTSCHE NORM		August 2008
	DIN 1045-2	DIN
ICS 91.080.40		Ersatzvermerk siehe unten
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1		

DEUTSCHE NORM		März 2011
	DIN EN 13670	DIN
DEUTSCHE NORM		März 2012
	DIN 1045-3	DIN
ICS 91.080.40		Mit DIN EN 13670:2011-03 Ersatz für DIN 1045-3:2008-08
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670		

Abb. 1a, 1b, 1c: Mehr oder weniger nicht gekoppelte Normen für die maßgebenden Prozesse innerhalb einer Betonbaumaßnahme

2.2 Einheitsnormen für alle Betonbaumaßnahmen, unabhängig von deren Komplexität

Des Weiteren gelten die Regelungen in den genannten Normen einheitlich für alle Baumaßnahmen unabhängig von deren Komplexität; mit anderen Worten: Unsere heutigen Regelwerke differenzieren nicht, ob ein einfacher Hochbau, zum Beispiel ein Mehrfamilienhaus oder ein Verwaltungsbau, zu errichten ist, oder ob sie für komplexe Ingenieurbauwerke zu Grunde zu legen sind, zum Beispiel für Brücken-, Tunnel- oder Wasserbauwerke (Abb. 2a bis Abb. 2f). Für die Herstellung eines herkömmlichen Betons der Festigkeitsklasse C 20/25 in der Konsistenzklasse F4 gelten deshalb dieselben Regelwerke wie für einen

hochfesten Beton der Klasse C 80/95 oder auch für selbstverdichtende Betone. Analog wird auch in der Norm für die Bauausführung von Betonbauwerken nicht differenziert, ob eine einfache Wand in einem einfachen Wohngebäude betoniert werden muss, ein Treppenhausturm im Gleitverfahren zu errichten ist oder ob die Oberfläche eines Industriebodens unmittelbar nach dem Betoneinbau noch weiter zu bearbeiten ist. Darüber hinaus werden in den einschlägigen Regelwerken für den Betonbau an keiner Stelle Vorgaben hinsichtlich einer Abstimmung zwischen den einzelnen Prozessen gemacht. Während solche Vorgaben bei herkömmlichen Betonbaumaßnahmen ohne Besonderheiten durchaus entbehrlich sein können, sind sie bei komplexeren Bauwerken unabdingbar, um ein Bauwerk mit der angestrebten Qualität errichten zu können.

2.3 Veränderte Rahmenbedingungen in der Normung (europäisch und national)

Aber auch die Rahmenbedingungen für die Erarbeitung von Normen haben sich vor kurzem gravierend geändert, insbesondere im Zusammenwirken des europäischen Regelwerks mit zugehörigem nationalen Anhang. Dies sei nachfolgend am Beispiel der Betonnorm EN 206 dargestellt.

Falls auf europäischer Ebene keine Einigung erreicht werden kann, oder bei neuen Ansätzen, für die in Europa noch keine hinreichenden Erfahrungen vorliegen, werden, in nicht-mandatierten europäischen Normen, zu denen die Betonnorm zählt, an diversen Stellen sogenannte nationale Öffnungen eingebaut. Diese Öffnungsklauseln ermöglichen es dem jeweiligen CEN-Mitgliedsland, eigene Regelungen hierzu festzulegen, die sich untereinander mehr oder weniger deutlich unterscheiden können.

Solche Öffnungsklauseln waren – wie in vielen anderen europäischen Normen – auch in der bisherigen EN 206-1 aus dem Jahr 2000 enthalten. Bei der Erarbeitung der nationalen Norm DIN 1045-2 wurden diese seinerzeit – wie auch bei den anderen nationalen Ergänzungsnormen – äußerst großzügig interpretiert. Alles das, was aus früheren nationalen Regelungen (unserer damaligen DIN 1045 (1988)) nicht im europäischen Werk enthalten war, wurde einfach in den neuen nationalen Anhang übernommen. Dem wurde damals weder vom DIN noch von Europäischen Komitee für Normung (CEN) bei der Notifikation widersprochen.

Seit dem Urteil des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) bezüglich ergänzender nationaler Regelungen zu europäisch genormten Bauprodukten wird die Vereinbarung zwischen CEN und den Normungsorganisationen der Mitgliedsstaaten vom DIN strikt angewandt (siehe hierzu unter anderem: 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 neue Haftungsrisiken bescheren“, DER PRÜFINGENIEUR, Heft 51, November 2017, Seite 62). Nach dieser Vereinbarung sind nationale Ergänzungen zu nicht-harmonisierten Europäischen Normen nur dort erlaubt, wo im europäischen Regelwerk entsprechende Öffnungsklauseln angeführt sind.

Zu Beginn der Überarbeitung der Betonnormen EN 206 und DIN 1045-2 war dem noch nicht so, deshalb wurde zunächst wie früher verfahren und in dem Entwurf der „neuen“ DIN 1045-2 alles ergänzt, was für notwendig erachtet wurde. Vor diesem Hintergrund war es äußerst schwierig oder überhaupt nicht möglich, nach dem Erscheinen der europäischen Norm EN 206 im Jahr 2014, den Entwurf des adäquaten Er-

BETONBAU



Abb. 2a bis 2f: Betonbaumaßnahmen mit unterschiedlicher Komplexität

gänzungsdocuments DIN 1045-2 zu verabschieden und zu veröffentlichen. Auf der einen Seite wäre man mit den beschriebenen veränderten Rahmenbedingungen in der Normung in Konflikt gekommen, wenn man – wie zunächst im Entwurf vorgesehen – die erweiterten Ergänzungen übernommen hätte (wobei das DIN der Veröffentlichung einer solchen Version auch gar nicht zugestimmt hätte); auf der anderen Seite wäre bei strenger Einhaltung der neuen Normungsgrundregeln eine Vielzahl der bisherigen nationalen Ergänzungen entfallen, die von verschiedener Seite für zwingend notwendig erachtet worden sind. Dies führte dazu, dass bei der Beratung der Stellungnahmen zum Entwurf der DIN 1045-2 im Dezember 2014 kein Konsens über die Veröffentlichung dieses nationalen Anwendungsdokuments DIN 1045-2 als Ergänzung der europäischen Betonnorm EN 206 (2014) zustande kam.

2014 wurden im Zuge dieser Diskussionen aber auch weitere Diskrepanzen offenbar, die möglicherweise auch zu diesen Schwierigkeiten geführt haben. So ist festzuhalten, dass in Deutschland – und in EU-Europa – etwa 70 bis 80 Prozent der Betonproduktion in den allgemeinen Hochbau einfließen (Wände, Decken, Unterzüge, Stützen etc.). In der Regel ergeben sich dabei keine besonderen Anforderungen an den Beton. Somit stellt sich durchaus die Frage, ob es für diese Anwendungen nicht hinreichend wäre, die Regelungen aus der europäischen Norm EN 206 mit nur wenigen nationalen Regelungen an jenen Stellen zu ergänzen, an denen Öffnungsklauseln vorgesehen sind. Auf der anderen Seite ist ebenso einleuchtend, dass für komplexere Ingenieurbauwerke über solche Ergänzungen hinaus, die durch Öffnungsklauseln legitimiert worden sind, weitere normative Vorgaben erforderlich sind. Diese waren in der Vergangenheit in der DIN 1045 enthalten, ohne zwischen unterschiedlichen Komplexitäten in der jeweiligen Anwendung zu differenzieren, wodurch sie allgemeingültig, aber nicht generell notwendig waren. Nicht ganz abzustreiten ist dabei auch, dass bei der Erarbeitung der Normen für den Betonbau die anspruchsvolleren Ingenieurbauwerke eher im Fokus stehen als herkömmliche Standardanwendungen.

3 Weiterentwicklung der Betonbauweise

Des Weiteren hat sich mit der Folge, dass seine Vielfalt in allen Bereichen deutlich zugenommen hat, der Betonbau in den letzten zwanzig Jahren erheblich weiterentwickelt. Neue oder modifizierte Ausgangsstoffe (Zemente, Betonzusatzstoffe und -mittel) sind heute mannigfaltig für die Herstellung von Beton verfügbar. Damit werden jetzt aber auch Betone in der Praxis hergestellt und verwendet, die vor Jahren noch unbekannt waren oder als exotisch eingestuft worden sind. Man denke beispielsweise nur an Faserbetone, selbstverdichtende Betone oder Hochleistungsbetone, die die Transportbetonwerke heute fast alle in ihren Sortenverzeichnissen stehen haben.

Aber auch bei der Bauausführung haben sich weitreichende Modifikationen der Einbautechnik ergeben, wobei ein stetiger Trend zu immer weicherem Beton unstrittig zu erkennen ist, auch der Betoneinbau im Gleitverfahren nimmt ständig zu.

Mit all diesen Modifikationen geht einher, dass die Sensibilität bei der Betonherstellung und bei der Verarbeitung zunimmt und dass sich die Frage stellt, inwieweit diese Betone noch ausreichend robust sind, das heißt, inwieweit sie nach dem Einbau eine homogene Struktur und durchgängig gleiche Eigenschaften aufweisen. Als robust gelten in der Regel solche Betonzusammensetzungen, die ihre Frischbetoneigenschaften bei fachgerechter Betonherstellung und Verarbeitung weder infolge praxisüblicher Einflussfaktoren noch infolge produktionsbedingter Schwankungen der Ausgangsstoffe unerwartet und ungeplant signifikant ändern. Es kann jedoch nicht für alle Betone und Anwendungen davon ausgegangen werden, dass diese per se eine derartige Robustheit aufweisen, dass damit die erwartete Qualität stets in gleicher Weise sichergestellt ist. Für standardisierte Anwendungen, insbesondere im üblichen Hochbau, trifft dies in der Regel dennoch zu, was bedeutet, dass über die herkömmlichen Maßnahmen hinausgehende Schritte hier normalerweise nicht erforderlich sind. Für zahlreiche besondere Anwendungen, wie zum Beispiel für die frühzeitige Bearbeitung von Betonoberflächen, die Herstellung von vertikalen Bauteilen im Gleitbauverfahren, die Betonage von Tunnelinnenschalen im Tagestakt mit entsprechend rascher Festigkeitsentwicklung, die Herstellung

und Verarbeitung von Luftporenbetonen und so weiter, sind demgegenüber jedoch zusätzliche Maßnahmen notwendig, um auch hier eine ausreichende Robustheit sicherstellen zu können. Bei allen Betonbaumaßnahmen muss dabei der Grundsatz gelten, dass das angestrebte Qualitätsniveau stets mit gleicher Wahrscheinlichkeit erreichbar ist. Daraus leitet sich automatisch ab, dass für unterschiedliche Komplexitäten und Sensitivitäten auch unterschiedlich intensive Maßnahmen zum Erreichen der notwendigen Qualität erforderlich sind. Dies betrifft weniger zusätzliche technische Maßnahmen als vielmehr intensivere Überprüfungen aller relevanten Betoneigenschaften im Vorfeld, sowie aller maßgebenden Prozesse bei der Betonherstellung (Ausgangskomponenten, Dosierung, Mischzeiten und dergleichen) und bei der Verarbeitung (Verdichtung, Nachbehandlung und so weiter). In gleicher Weise sind in diesen Fällen eine sehr enge Abstimmung zwischen den Verantwortlichen der jeweiligen Bereiche (Planung, Betonherstellung, Bauausführung), das heißt, eine intensive Kommunikation und ein kontinuierlicher Informationsaustausch notwendig. Dadurch sollen mögliche Auswirkungen von auch nur geringfügigen Abweichungen innerhalb eines Prozesses auf das Gesamtsystem bewertet und gegebenenfalls notwendige Zusatzmaßnahmen getroffen werden. Ein Beispiel dazu: Entgegen der ursprünglichen Planung soll der Beton bei der Bauausführung nicht als Rüttelbeton, sondern als selbstverdichtender Beton eingebaut werden. Durch diese Änderung ergeben sich meist höhere Betonfestigkeiten und auch ein höheres Schwinden. Dies hat unstrittig Konsequenzen auf die erforderliche Mindestbewehrung, die dann vom Planer entsprechend anzupassen ist.

4 Das Konzept der BetonBauQualität (BBQ)

4.1 Basis und Definition

Vor diesem Hintergrund leuchtet rasch ein, dass ein solch differenziertes Vorgehen nicht, wie bisher, pauschal in einem einzigen, einheitlichen und allumfassenden Normenkonzept erfasst und geregelt werden kann. Demzufolge ist es sinnvoll, vorab eine Klassifizierung hinsichtlich der unterschiedlichen erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung des gleichen Qualitätsniveaus für unterschiedlich komplexe Bauaufgaben vorzunehmen. Dies erfolgt in sogenannten BetonBauQualitätsklassen (BBQ). Hierfür enthält EN 206 (2014) in Abschnitt 1 eine entsprechende Öffnung, dahingehend, dass „für besondere Betonarten und Anwendungen ergänzende Anforderungen oder andere Prüfverfahren festgelegt werden dürfen“. Dieser Legitimation hat sich ein Arbeitskreis des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) zwischenzeitlich gewidmet.

Von hoher Bedeutung ist dabei, dass sich dieses Konzept nicht nur auf den Baustoff Beton beschränkt, sondern die Betonbauweise insgesamt im Fokus hat. Das bedeutet, dass in einem übergeordneten Papier, nämlich einer Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, alle Prozesse der Planung, der Betonherstellung und der Bauausführung hinsichtlich der notwendigen Kommunikation durchgängig miteinander vernetzt werden, zumal diese jeweils untereinander vielfach in dieselben Parameter eingebunden sind (**Abb. 3**).

Nach dem derzeitigen Stand kann der Begriff „BetonBauQualitätsklasse“ als Unterscheidung des Anforderungsniveaus beziehungsweise der Komplexität im Betonbau in den Bereichen Bauwerk/Bauteil, Planung, Beton und Bauausführung hinsichtlich technischer Notwendigkeiten und erforderlicher Kommunikation definiert werden.

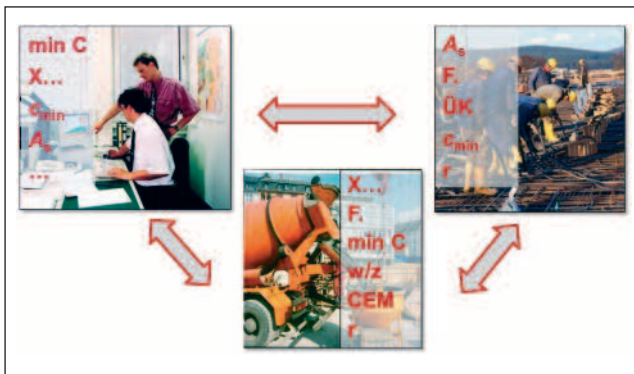


Abb. 3: Verknüpfung der Teilprozesse Planung, Betonherstellung und Bauausführung im Betonbau

4.2 Prinzip der BetonBauQualitätsklassen (BBQ)

Für eine Einteilung in Klassen ist stets eine entsprechende Graduierung für bestimmte Parameter erforderlich. Es ist vorgesehen, BetonBauQualitätsklassen in drei Kategorien zu unterteilen. Nach dem derzeitigen Stand werden diese mit

- BBQ-N (Normalfall),
- BBQ-E (Erweiterter Fall) und
- BBQ-S (Sonderfall)

benannt. Wie oben bereits dargelegt, ist davon auszugehen, dass bei den meisten Baumaßnahmen, vor allem im allgemeinen Hochbau, die einfache Klasse BBQ-N ausreichend ist. Beispiele für diesen „Autopilot-Modus“ sind in **Abb. 4a** und **Abb. 4b** dargestellt.

Liegen hingegen komplexere Randbedingungen vor, wie zum Beispiel eine sehr dichte Bewehrung, oder muss die frische Betonoberfläche frühzeitig bearbeitet werden (**Abb. 5a** und **Abb. 5b**), so sind hier im „Interaktions-Modus“ der Klasse BBQ-E sehr wohl weitergehende Maßnahmen erforderlich. Im Fall einer sehr dichten Bewehrung ist eine Abstimmung des Größtkorns hinsichtlich des Einbauverfahrens und

Bewehrungsabstandes notwendig, was eine Kommunikation zwischen dem Planer, dem Betonhersteller und dem Bauausführenden erforderlich macht. In ähnlicher Weise ist eine erhöhte Gleichmäßigkeit des Betons zwischen dem Ausführenden und dem Betonhersteller zu vereinbaren, wenn – über mehrere Betonierabschnitte hinweg – die Betonoberfläche beispielsweise jeweils flügelgeglättet werden soll.

Werden darüber hinausgehend projektspezifisch ganz besondere Eigenschaften erwartet, wie zum Beispiel Sichtbetone in der Qualitätsklasse SP4 (**Abb. 6a** und **Abb. 6b**), oder wenn es sich um komplexe Ingenieurbauwerke wie Brücken, Wasserbauwerke oder Ähnliches handelt, so können im „Profi-Modus“ der Klasse BBQ-S über BBQ-E hinausgehende Regelungen projektbezogen in der Leistungsbeschreibung getroffen werden. In diesem Sinn können hier auch die einschlägigen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) an das allgemeine Regelwerk angebunden werden.

Bei den angesprochenen ergänzenden Regelungen geht es nur bedingt um zusätzliche technische Anforderungen. Viel wichtiger ist, dass zum einen eine entsprechende Abstimmung (Kommunikation) zwischen den Beteiligten, und zum andern eine erhöhte, jeweils angepasste Überwachung (Art und Intensität) der einzelnen Prozesse normativ im Regelwerk festgeschrieben werden. Erste Ansätze zur Regelung der Kommunikation zwischen den einzelnen Partnern finden sich bereits heute in einzelnen Regelwerken, so zum Beispiel im Merkblatt „Sichtbeton“ des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins (DBV) und auch in der DAfStb-Richtlinie „Massenbeton“. In den Erläuterungen zu dieser Richtlinie wird dies folgendermaßen klar zum Ausdruck gebracht:

Das wirksame Ineinandergreifen aller von den jeweiligen Partnern getroffenen Entscheidungen und Maßnahmen ist für den Erfolg entscheidend. Einer engen und kontinuierlichen Abstimmung und Rückkopplung über alle Schnittstellen (Planung, Betonherstellung und Ausführung) hinweg kommt bei der Errichtung massiger Bauteile eine besondere Bedeutung zu.



Abb. 4a und 4b: Beispiele für die Klasse BBQ-N („Autopilot-Modus“)



Abb. 5a und 5b: Beispiele für die Klasse BBQ-E („Interaktions-Modus“)



Und weiter:

Sind im Zuge der Baumaßnahme Abweichungen gegenüber der ursprünglichen Planung, der Betonfestlegung oder der vorgesehenen Ausführung notwendig, so ist auf Grund der engen und oftmals folgenreichen Verknüpfung der einzelnen Schritte im Gesamtkonzept eine erneute Rückkopplung mit allen Beteiligten (Planung, Betonherstellung, Ausführung) unabdingbar. Wird beispielsweise ein Zement eingesetzt, der zu einem höheren oder niedrigeren Temperaturanstieg während der Hydratation führt als in der Planungsphase vorgesehen, kann sich dies erheblich auf die Zwangsspannungen und die daraus resultierende Mindestbewehrung auswirken.

Und genau diese in der Massenbeton-Richtlinie zum Ausdruck gebrachte grundsätzliche Einstellung gilt es, auf weitere Anwendungsbereiche mit ähnlich komplexen Zusammenhängen sinnvoll zu übertragen.

4.3 Charakterisierung der BBQ-Klassen

Derzeit ist folgende Einteilung in die BBQ-Klassen vorgesehen:

- **BBQ-N:**
Bauwerke/Bauteile mit normalen Anforderungen an Planung, Bauausführung und Baustoffe sowie Kommunikation.

Technisch reichen die Regelungen in den einschlägigen DIN-Normen inklusive der jeweils zugehörigen nationalen Ergänzungen aus (DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 und DIN EN 206 in Verbindung mit DIN 1045-2). Dabei werden in den nationalen Ergänzungsnormen lediglich dort Regelungen festgeschrieben, wo das europäische Regelwerk entsprechende Öffnungsklauseln vorsieht. Auch hinsichtlich notwendiger Kommunikation zwischen den Beteiligten ergeben sich in diesen Fällen keine besonderen Anforderungen.

- **BBQ-E:**
Bauwerke/Bauteile mit erhöhten Anforderungen an Planung, Bauausführung, Baustoffe und Kommunikation.

Hier können über die nationalen Ergänzungsnormen hinausgehend technische Anforderungen eingebracht werden, da es sich um besondere Bauwerke, Betonarten und/oder Anwendungen handelt. Damit werden auch in der Vergangenheit in Deutschland in den einschlägigen Normen bereits seit langem beschriebene Regelungen weiter beibehalten. Beispielhaft seien für den Baustoff Beton Vorgaben für die nachträgliche Zudosierung von Fließmitteln oder ergänzende Anforderungen bezüglich korrosionsfördernder Stoffe in bestimmten Betonausgangsstoffen genannt, die durch die europäischen Regelwerke nicht abgedeckt sind und mangels Öffnungsklauseln auch in die nationale Ergänzungsnorm nicht aufgenommen werden dürfen.

Bei diesen komplexeren Betonbaumaßnahmen spielt eine intensive Kommunikation zwischen den Beteiligten eine wesentliche Rolle. So werden nach dem derzeitigen Stand für diese BBQ-Klasse Betongespräche in den verschiedenen Phasen verbindlich vorgeschrieben, bei der die jeweils notwendigen Schritte abgestimmt werden. Bereits in der Planungsphase – also noch vor der Auftragsvergabe – muss ein BBQ-Ausschreibungsgespräch stattfinden, in dem der Objekt- und der Tragwerksplaner gemeinsam mit Experten für Betontechnik unter Berücksichtigung der projektspezifischen Randbedingungen die maßgebenden Parameter für die Ausschreibung erarbeiten. Dazu zählen insbesondere

- Vorgaben aus der Planung (Bauwerksart, Bauteilart, Bauwerksanforderungen, Einwirkungen),
- Nutzung von örtlich verfügbaren Ressourcen,
- Bauteilabmessungen, Bewehrungsgehalt, Betondeckung,
- Betonierabschnitte, Blockeinteilung, Fugenausbildung, Schalung, Betoneinbringung,
- jahreszeitlicher Einfluss auf den Herstellungsprozess,
- besondere Randbedingungen beim Betoneinbau (zum Beispiel Erschütterungen),
- architektonische Gestaltung, Oberflächen (zum Beispiel Sichtbeton).

Nach der Auftragsvergabe sind BBQ-Ausführungsgespräche (Startgespräche, Bauverlaufgespräche) einzurichten, in denen neben techni-

BETONBAU

schen Aspekten auch die jeweiligen Verantwortlichkeiten unter den beteiligten Partnern für Planung, Betonherstellung und Bauausführung festgelegt werden müssen. Beispiele für Themen des Betonstartgesprächs können sein:

- Bauteilbezogenes Betonverzeichnis,
- jahreszeitlich erforderliche Maßnahmen (Sommer-/Winterbetone, besondere Nachbehandlungs- und Schutzmaßnahmen und so weiter),
- vorgesehene Betonmischanlagen einschließlich Ersatzmischanlagen, Leistungsfähigkeit der Mischanlagen,
- Lieferzeiträume, zeitabhängige Liefermengen,
- vorzulegende Nachweise (zum Beispiel Erstprüfung) oder besondere Nachweise für zusätzliche Prüfungen (zum Beispiel Frostwiderstand, Spannbeton, Gleitbauweise, Freivorbau),

- Anforderungen an Frischbeton- oder Bauteiltemperatur,
- Regelungen für Anschlussmischungen (zum Beispiel bei WU-Bauteilen),
- Betontransport, Konsistenz, Transportzeit, Betonübergabe,
- betonrelevante Baustellenlogistik (zum Beispiel Förderung auf der Baustelle, Einbauart, Betonverdichtung, Oberflächenbearbeitung),
- Arbeitsfugenvorbereitung, Fugenausführung,
- Ausschalzeit, Nachbehandlung,
- Anforderungen an die Betonoberflächen, gegebenenfalls Musterflächen für Sichtbeton,
- projektspezifischer Qualitätssicherungsplan (sofern erforderlich).

Während der Bauausführung sind in regelmäßigen Abständen Bauverlaufgespräche zu führen.

■ BBQ-S:

Bauwerke/Bauteile mit besonders festzulegenden Anforderungen an Planung, Bauausführung und Baustoffe sowie Kommunikation.

Generell gelten die gleichen technischen Vorgaben wie bei BBQ-E, jedoch können darüber hinaus projektspezifisch noch weitere Festlegungen in der Leistungsbeschreibung des Projekts getroffen werden. Für Ingenieurbauwerke können hier auch die Regelungen in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) beziehungsweise für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton. (ZTV-W) angebunden werden. Hinsichtlich der Kommunikation ist in BBQ-S neben den Betongesprächen erforderlichenfalls zusätzlich ein bereichsübergreifender Fachkoordinator zu bestellen.

4.4 Einstufung in BetonBauQualitätsklassen

Für die Einstufung einer Baumaßnahme in die entsprechenden BBQ-Klassen sind zum einen die Komplexität des Bauwerks selbst, zum anderen die sich jeweils aus der Planung, dem Baustoff Beton und der Bauausführung ableitenden Anforderungsniveaus einzubeziehen. **Abb. 7** zeigt hierfür eine beispielhafte schematische Entscheidungshilfe.

Dementsprechend werden auch entsprechende Planungsklassen (PK 1 bis PK 3), Betonklassen (BK 1 bis BK 3) sowie Bauausführungsklassen (EXC 1 bis EXC 3) definiert. Ihnen wird eine exemplarische Auflistung als Entscheidungshilfe beigelegt, in der die jeweiligen Parameter für jeden Bereich (Planung, Beton, Bauausführung) zweckmäßigen Klassen zugeordnet werden. Die jeweils schärfste Klasse aus dieser Bewertung bestimmt dann die BBQ-Klasse (**Abb. 8**).

So werden übliche Hochbauten mit Normalbeton der Festigkeitsklasse bis C 25/30 sicherlich in BBQ-N einzugruppiert sein. Bauteile, die höhere Betonfestigkeiten erfordern, sind in die BBQ-E einzustufen, und beispielsweise hochfeste Betone ($\geq C 70/85$), Bauteile mit extrem hohem Bewehrungsgehalt oder solche, die Anforderungen an die Sichtbetonklasse SP4 genügen müssen, sind der Klasse BBQ-S zuzuordnen. Aber auch aus dem Baustoff Beton und der Bauausführung können sich höhere BBQ-Klassen ableiten. Übliche Betone in den Konsistenzklassen F1 bis F5, die in den meisten Fällen eingebaut werden, sind der Gruppe BBQ-N zuzuordnen. Hingegen sind Betone der Konsistenzklasse F6, selbstverdichtende Betone, Luftporenbetone, Faserbetone und so weiter, und Betone, die über längere Strecken gepumpt oder beispielsweise unter Wasser eingebaut werden, hinsichtlich ihrer Frischbetoneigenschaften und des Einbauverfahrens deutlich sensibler. Sie erfordern zusätzliche Kontrollen, die durch die Klasse BBQ-E definiert werden.

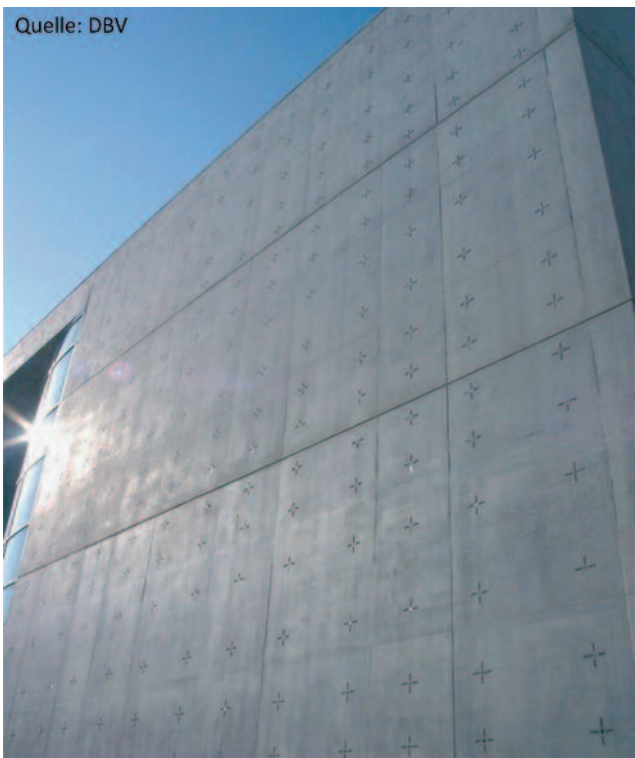


Abb. 6a und 6b: Beispiele für die Klasse BBQ-S („Profi-Modus“)

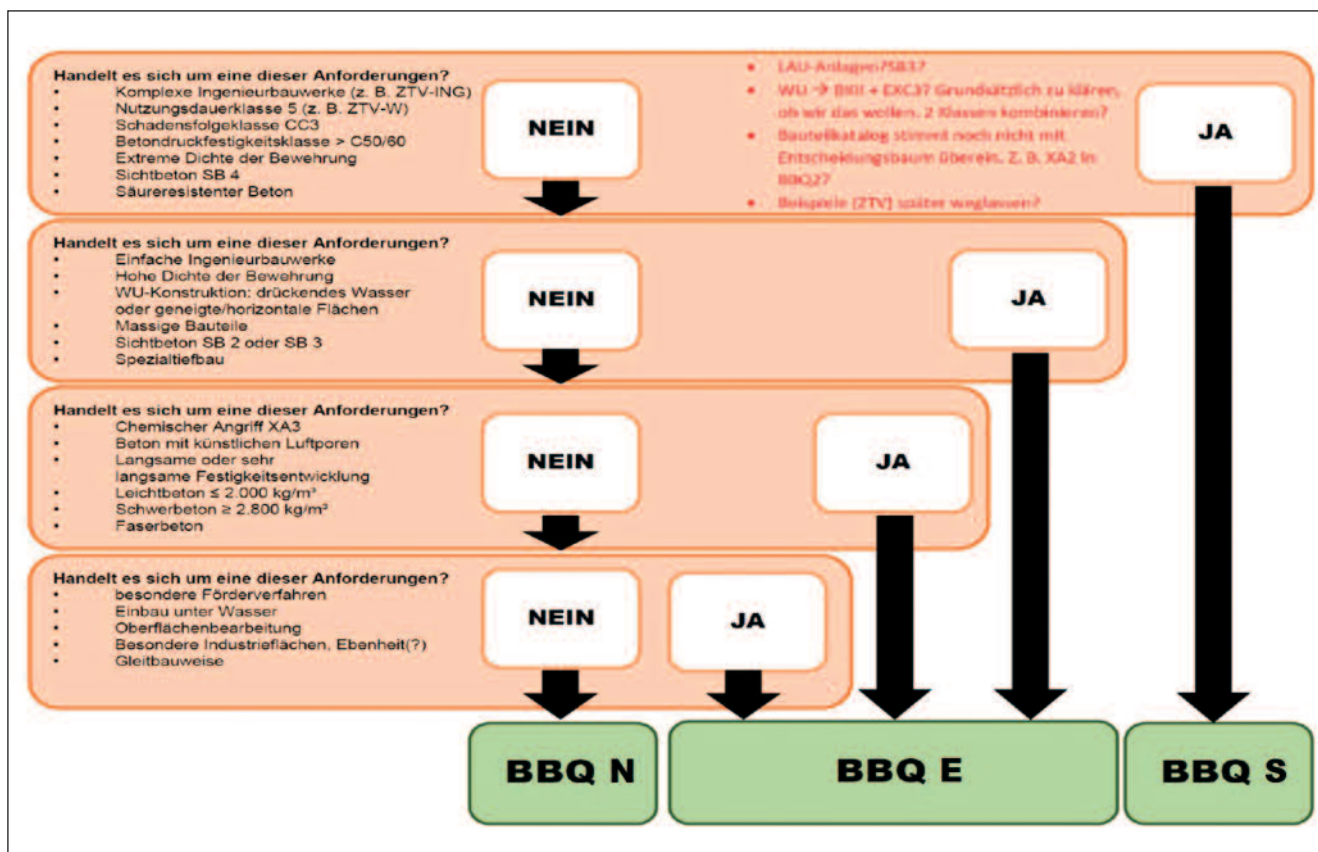


Abb. 7: Schematische Entscheidungshilfe für die Einstufung in BBQ-Klassen

Im Regelfall wird diese Einstufung vom Objekt- oder Tragwerksplaner vorgenommen, da dieser als erster in der Prozesskette tätig ist. Ergeben sich im Planungs- oder Bauprozess Änderungen gegenüber der Festlegung der BBQ-Klasse (zum Beispiel durch geänderte Planungsansätze oder durch ein geändertes Bauverfahren), so ist aufgrund der engen und oftmals folgenreichen Verknüpfung der einzelnen Schritte im Gesamtkonzept eine erneute Rückkopplung mit allen Beteiligten (Planung, Betonherstellung, Bauausführung) unabdingbar.

4.5 Struktur der zukünftigen Regelwerke

Die mit diesem Konzept einhergehenden vielfältigen Definitionen, Klassifizierungen und Anforderungen werden in einer vierteiligen Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zusammengefasst (Abb. 9).

In Teil 1 dieser Richtlinie wird das BBQ-Konzept kurz erläutert, die BBQ-Klassen werden definiert sowie die notwendigen Kommunikationsmaßnahmen beschrieben.

Anwendung	PK	BK	EXC	BBQ
Innenbauteile in Expositionsklasse XC1	1	1	1	N
Innenbauteile in Expositionsklasse XC3 oder Außenbauteile in Expositionsklassen XC4/XF1/XA1/XD1/XS1	1	1	1	N
Normalbeton mit Druckfestigkeitsklasse ≤ C25/30	1	1	1	N
Bauteile in Expositionsklassen XF2/XF3/XF4, XD2/XD3, XS2/XS3, XA2, XM1/XM2	1	2	2	E
WU-Konstruktionen nach DAfStb-RL	2	1	2	E
Normalbeton ≥ C30/37 und ≤ C60/75	1	1	2	E
Bauteile, bei denen die Mindestbewehrung (Zwang) mit abgeminderter Zugfestigkeit ermittelt wird	3	2	2	S
Bauteile, bei denen die Anordnung von Betonieröffnungen oder Rüttelgassen nicht möglich ist und deswegen das Einbauverfahren besonders zu planen ist	3	1	3	S
Sichtbetonklasse SB4	3	3	3	S
...				

Abb. 8: Auszug aus der exemplarischen Auflistung zur Einstufung bestimmter Gewerke in die zugehörigen BBQ-Klassen

„Gesamthülle“ DAFStb-Richtlinie, Teil 1
Definition der BBQ-Klassen + Festigung der notwendigen Kommunikationsmaßnahmen

BBQ-N	BBQ-E	BBQ-S
<p>„Normregelungen“</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ DIN EN 1992/1-1 incl. NA ■ DIN EN 206 incl. DIN 1045-2 ■ DIN EN 13670 incl. DIN 1045-3 	<p>Wie BBQ-N zzgl. Ergänzende technische Regelungen nach DAFStb-Rili Teile 2 bis 4</p>	<p>Wie BBQ-E ggf. zzgl. technischer Anforderungen aus der Leistungsbeschreibung</p>

Abb. 9: Struktur und Regelungen des BBQ-Konzepts

Für den größten Teil der Anwendungen im Bereich von BBQ-N sind ausschließlich die Regelungen in den jeweiligen europäischen Normen inklusive der zugehörigen nationalen Anwendungsnormen maßgebend, bei denen allein die durch Öffnungsklauseln europäisch zugestanden Aspekte aufgenommen sind. Anwendungen, für die im Bereich von BBQ-E Ergänzende Technische Regelungen notwendig sind, werden in den Teilen 2 bis 4 der DAFStb-Richtlinie beschrieben. Dabei bezieht sich der Teil 2 auf die zusätzlichen Regelungen im Bereich der Planung, der Teil 3 auf jene im Bereich des Baustoffs Beton

und der Teil 4 auf die ergänzenden Regelungen für die Bauausführung. Hinsichtlich der in der Klasse BBQ-S über die Vorgaben in BBQ-E hinausgehenden Ergänzungen wird darauf verwiesen, dass diese projektspezifisch in der Leistungsbeschreibung oder in den Standards anderer Baubereiche (zum Beispiel ZTV-ING, ZTV-W LB 215) festgelegt werden.

4.6 Zeitschiene

Die Einteilung in die einzelnen Planungs-, Beton- und Ausführungsklassen ist noch nicht abschließend beraten. Hier erfolgt die Arbeit in den einschlägigen DAFStb-Ausschüssen.

Das Konzept der BetonBauQualitätsklassen wurde vom Vorstand des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton 2016 verabschiedet. Es befindet sich derzeit in der Erarbeitung in den Technischen Ausschüssen „Bemessung und Konstruktion“, „Betontechnik“ und „Bauausführung“. Die einzelnen Aktivitäten werden darüber hinaus in einer Koordinierungsgruppe abgestimmt.

Es ist beabsichtigt, diese Richtlinie im Jahr 2019 soweit fertiggestellt zu haben, dass sie dann der Fachöffentlichkeit im sogenannten Gelbdruckverfahren vorgestellt und anschließend nach entsprechender Beratung/Einarbeitung der Einsprüche auch veröffentlicht werden kann.

HERAUSGEBER

Bundesvereinigung der Prüfengeieure 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 Müller, 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 Prüfengeieure für Bautechnik gehalten worden sind.

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

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

Auflage: 5000 Exemplare

