



Der Prüferingenieur

31 Oktober 2007

Seite 3

Der Prüferingenieur: eventuell doch ein „Auslaufmodell“?

Seite 24

Rechnerische Nachweise im Brandschutz – Zukunftsaufgabe für Prüferingenieure

Seite 38

Regelwerke, Prüfungen und Überwachungen im Konstruktiven Glasbau

Seite 51

Rissmonitoring in der modernen Bauwerksunterhaltung

Seite 60

Qualitätssicherung und Zustandsermittlung mit zerstörungsfreier Prüfung

Der Prüflingenieur: eventuell doch ein „Auslaufmodell“?

Seit 1994 müssen wir Prüflingenieure mit ansehen, wie das bewährte System der bautechnischen Prüfung in Deutschland verändert und dabei allmählich demontiert wird. Das Schlimme daran ist, dass dies nicht etwa auf Drängen der am Bau Beteiligten geschieht, sondern dass es die Verwaltungen sind, die diese Entwicklung vorantreiben.

Der Grund dafür sind die auf so genannte Entstaatlichung und Deregulierung gerichteten Vorgaben der Politik, die auch an der einheitlichen Tendenz der Veränderungen im Bauordnungsrecht der Länder wiederzuerkennen sind.

Im Gegensatz dazu liegen die Vorstellungen der Länder, wie weit man dabei gehen soll, glücklicherweise nicht so eng beieinander. In Anbetracht der allgemein bekannten und nach wie vor begründeten Zweifel daran, dass der privatrechtlich beauftragte Prüfsachverständige im Vergleich mit dem hoheitlich tätigen Prüflingenieur tatsächlich die bessere Lösung sei, hat die Mehrzahl der Länder bisher den Prüflingenieur für Baustatik behalten.

Mit der Einführung des Prüfsachverständigen ist also genau das Gegenteil von einer durchaus wünschenswerten Vereinheitlichung des Bauordnungsrechts herbeigeführt worden, weil sich das Sachverständigenmodell nicht durchsetzen konnte. Naheliegend wäre eine Korrektur durch die Rückkehr zum Prüflingenieur für Baustatik wie in Sachsen-Anhalt, was natürlich mit den politischen Vorgaben grundsätzlich unvereinbar ist und deshalb nur schwer durchsetzbar sein dürfte.

Die seit Jahren bestehende Koexistenz von Prüflingenieuren und Prüfsachverständigen stellte bislang für die BVPI kein echtes Problem dar und mit der am 6. September 2007 verabschiedeten Stellungnahme hat sich der Erweiterte Bundesvorstand auch gegenüber den Fachkommissionen Bauaufsicht und Bautechnik dahingehend positioniert, dass nach Auffassung der BVPI durchaus auch die bauaufsichtlichen Prüfungen der Sachverständigen als hoheitliche Tätigkeiten angesehen werden können.

Spätestens seit unserer Arbeitstagung in Weimar wissen wir aber, dass die Fachkommissionen gerade dazu eine ganz andere Meinung haben und im Zusammenhang mit Prüfsachverständigen jegliche hoheitliche Betätigung kategorisch ausschließen. Darüberhinaus zweifelt offenbar die Mehrheit der in den Kommissionen vertretenen Länder auch hinsichtlich der Prüflingenieure daran, ob diese im gemeinschaftsrechtlichen Sinne tatsächlich öffentliche Gewalt ausüben, und geht deshalb davon aus, dass Prüflingenieure ebenso



Peter Otte

Diplom-Ingenieur; Vizepräsident der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI); Präsident der Ingenieurkammer Mecklenburg-Vorpommern

wie Prüfsachverständige in den Anwendungsbereich der Dienstleistungsrichtlinie fallen. Beide Fachkommissionen haben sich damit klar gegen eine Rückkehr zum Prüflingenieur und zugegebenermaßen für eine im Hinblick auf die zu erwartenden Widerstände wesentlich elegantere Vorgehensweise entschieden: Über die anstehende Umsetzung der Dienstleistungsrichtlinie ist natürlich auch eine Vereinheitlichung der bautechnischen Prüfung zu erreichen, allerdings auf entgegengesetztem Wege.

Uns als BVPI wird es nicht leichtfallen, dagegen anzugehen, weil wir natürlich für eine Gleichbehandlung unserer Mitglieder eintreten werden.

Nachdem in Berlin und Brandenburg die Beschränkungen der Anerkennung als Prüflingenieur bzw. als Prüfsachverständiger auf nur eine Niederlassung bereits abgeschafft worden sind, müssen wir außerdem befürchten, dass es mit der in Weimar verkündeten Geschlossenheit der Fachkommissionen hinsichtlich der Beibehaltung der bautechnischen Prüfung durch besonders qualifizierte Bauingenieure nicht sehr weit

her sein dürfte. Am Beispiel des Prüfsachverständigen haben wir sehen können, welche Folgen Veränderungen im Bauordnungsrecht eines Bundeslandes auch nach Jahren für alle anderen noch haben können.

Andererseits haben unsere föderalen Strukturen uns aber auch vor einer flächendeckenden Verschlechterung des Systems der bautechnischen Prüfung bewahrt, weil die endgültigen Entscheidungen in den Ländern getroffen werden müssen. Dort bieten sich die besten Möglichkeiten zur Mitwirkung an der Ausgestaltung des Baurechts. Diese Arbeit können nur die Kollegen vor Ort leisten.

Die BVPI kann dabei lediglich unterstützen; sie ist aber derzeit unsere einzige Chance solche Aktivitäten zu koordinieren. Dazu müssen aber alle erforderlichen Informationen aus den Landesvereinigungen permanent bereitgestellt werden.

Die BVPI und speziell der Arbeitskreis „Berufsethos“ stehen in der Pflicht, Leitlinien zu erarbeiten, sich mit unserem Selbstverständnis auseinanderzusetzen und für den Fall, dass wir keinen anderen Weg zu einer Bereichsausnahme aller Mitglieder von der Dienstleistungsrichtlinie finden, darüber nachzudenken, ob uns die Gleichbehandlung von Prüflingenieuren und Prüfsachverständigen wichtiger ist, als die Möglichkeit, den Prüflingenieur für Baustatik beziehungsweise die hoheitliche Prüfung zumindest in einem Teil der Länder zu erhalten.

INHALT

EDITORIAL

Dipl.-Ing. Peter Otte:
Der Prüflingenieur: eventuell doch ein „Auslaufmodell“? 3

NACHRICHTEN

- BVPI mahnt die Politik: Prüflingenieure und Prüfsachverständige dürfen der Dienstleistungsrichtlinie nicht unterliegen 5
Fachseminar über die neuen Empfehlungen „EA-Pfähle“ 6
Bundesvereinigung will Aufklärung über hoheitliche Prüfung intensivieren 7
BVPI erinnert an besondere Regeln für die Umsatzsteuer-Ausweisung 11
Kompetente Berichterstattung über den Stand der Brandschutz-Forschung 12
Meinungsaustausch beim Ingenieurforum in Sachsen-Anhalt 13
Die IABSE druckt die Vorträge der Prüflingenieure in Weimar 13
42 Kandidaten bewerben sich um den zweiten Deutschen Brückenbaupreis 14
Neue Merkblätter des Beton-Vereins 14
BVPI schlägt allgemeine Normen-Umlage vor 15
Bundesvereinigung verhinderte Strafanzeige gegen Prüflingenieur 16
Internet-Adressen für die Technischen Baubestimmungen der Bundesländer 16
Beton-Verein lädt die Tragwerksplaner zu fünf Massivbau-Weiterbildungen ein 17
16. Bautechnisches Seminar am 14. November in Ratingen 17
Call for Papers: Deutscher Energieberaterstag 17
Die BVPI treibt die Dokumentation von Bauschäden europaweit voran 18
„Freudenstädter“ Arbeitstagungen der Prüflingenieure in Baden-Württemberg 18
BVPI öffnet Internet-Datenbank mit harmonisierten Technischen Mitteilungen 19
Hessen: Wieder ein erfolgreiches Seminar für Tragwerksplaner 19
Weiterbildungsseminar für Sachkundige Planer für Betoninstandsetzung 20
Leistungskatalog für die Fachbauleitung im Brandschutz 20
Mitglieder gründen Vereinigungen für das Eisenbahnwesen: vpi-EBA und bvs-EBA 21
Weltweite Publicity am BVPI-Informationsstand beim IABSE-Symposium in Weimar 21
Bundesvereinigung der Prüflingenieure fordert schärfere Brücken-Kontrollen 22
Bundesvereinigung bereitet Brandschutz-Seminare für Eurocodes-Anwendung vor 23
Deutsches Institut für Bautechnik für Typenprüfungen in Berlin anerkannt 23

BRANDSCHUTZ

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser/Dr.-Ing. Ekkehard Richter:
Rechnerische Nachweise im Brandschutz – Zukunftsaufgabe für Prüflingenieure 24

KONSTRUKTIVER GLASBAU

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller/Dipl.-Ing. Kristina Härth/Dipl.-Ing. Jan Wunsch:
Regelwerke, Prüfungen und Überwachungen im Konstruktiven Glasbau 38

QUALITÄTSSICHERUNG

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Niemeier/StOBR Dipl.-Ing. Rafael Stratmann:
Rissmonitoring in der modernen Bauwerksunterhaltung 51

ZfPBAU

Dipl.-Ing. Alexander Taffe:
Qualitätssicherung und Zustandsermittlung mit zerstörungsfreier Prüfung 60

IMPRESSUM 70

BVPI-Juristen einig: Die Prüffingenieure üben öffentliche Gewalt aus

BVPI mahnt die Politik: Prüffingenieure und Prüfsachverständige dürfen der Dienstleistungsrichtlinie nicht unterliegen

Anderenfalls wird Deutschland sein bewährtes unabhängiges bautechnisches Prüfsystem verlieren

Ende Dezember 2006 ist die Dienstleistungsrichtlinie (DLR) der EU in Kraft getreten, die bürokratische Hindernisse abbauen und den grenzüberschreitenden Handel mit Dienstleistungen fördern soll. Über die Bewertung ihrer Konsequenzen für das Prüfwesen im deutschen Bauordnungsrecht scheiden sich die Geister. Die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) jedenfalls hat die Bundesregierung und die deutschen Länder aufgefordert, dafür zu sorgen, dass die Prüffingenieure und Prüfsachverständigen aus dem Geltungsbereich der DLR herausgenommen werden, weil Deutschland anderenfalls seines bewährten unabhängigen Prüfwesens verlustig gehen würde.

Die Mitgliedsstaaten der EU müssen ihre nationalen Gesetze und Verordnungen nun überprüfen, wovon auch die Regelungen für die bautechnische Prüfung durch Prüffingenieure und Prüfsachverständige betroffen sind.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Dienstleistungsrichtlinie keine neuen Grundfreiheiten schafft, sie dient lediglich der tatsächlichen Verwirklichung der schon bestehenden Dienstleistungsfreiheit.

Die Frage aber, ob Prüfaufgaben nach der DLR künftig innerhalb des europäischen Binnenmarktes ohne Beachtung der bisherigen Kriterien für die Anerkennung vergeben werden können, hat der Erweiterte Vorstand der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik juristisch gutachterlich klären lassen. Die BVPI hat sich damit eine Position erarbeitet, die sie der ARGEBAU gegenüber zweifelsfrei beziehen kann. In deren Fachkommissionen Bauaufsicht und Bautechnik wird derzeit geprüft, inwieweit Verordnungen im deutschen Baurecht von der DLR

der EU betroffen sind und wie deutsches Recht zu novellieren ist.

Aus Sicht der BVPI und ihrer Juristen sollte dringend vermieden werden, dass die bautechnische Prüfung überhaupt in den Anwendungsbereich der Dienstleistungsrichtlinie fällt. Nach Ansicht der Juristen, die sich mit diesem Problem beschäftigt haben, kann davon ausgegangen werden, dass die Prüffingenieure auf Basis ihrer hoheitlichen Tätigkeit bei der Ausführung bauaufsichtlicher Prüfaufgaben aus dem Geltungsbereich der DLR deswegen auszunehmen sind, weil sie öffentliche Gewalt im Sinne des Artikels 45 des EG-Vertrages ausüben und damit der entsprechenden Bereichsausnahme unterfallen. Diese öffentliche Gewalt lässt sich in diesem Zusammenhang allerdings nicht ohne Weiteres aus der hoheitlichen Tätigkeit gemäß der Terminologie der Landesbauordnungen ableiten. Sie wird eigenständig begründet.

Gemäß Art. 45 EG-Vertrag übt öffentliche Gewalt aus, wessen Tätigkeit und Befugnisse über Hilfsfunktionen und Jedermanns-

rechte hinausgehen und wessen Sonderrechte keine Zwangsbefugnisse im engeren Sinne sind. Erfolgt diese Tätigkeit allerdings auf privatrechtlicher Grundlage und steht es dem Handelnden frei, mit dem Bürger in rechtliche Beziehungen zu treten, kann dies ein Indiz dafür sein, dass keine Ausübung öffentlicher Gewalt stattfindet.

Die Position der BVPI wurde im Namen des Erweiterten Vorstandes schriftlich fixiert und an die Vertreter der Fachkommissionen übergeben (vgl. hierzu auch das *Editorial* auf Seite 3).

In diesem Papier hat die BVPI ihre Forderung, die Prüffingenieure und Prüfsachverständigen aus dem Wirkungsbereich der DLR herauszulassen, vor allem mit dem Charakter der hoheitlichen Tätigkeit der Prüffingenieure bei bauaufsichtlichen Prüfaufgaben und mit den Befugnissen begründet, die ihnen in den LBO bzw. in den nachgeordneten Regelungen übertragen worden sind, damit sie die Standsicherheit und den Brandschutz von Bauwerken gewährleisten können.

Im einzelnen sei die Auffassung der BVPI, die Prüffingenieure seien laut Art. 45 EG-Vertrag Inhaber öffentlicher Gewalt durch folgende Tatbestände begründet:

■ Die bauaufsichtliche Prüfung der bautechnischen Nachweise und die bauaufsichtliche Bauüberwachung durch die hoheitlich tätigen Prüffingenieure für Standsicherheit und Brandschutz sind in den Landesbauordnungen und

in deren Durchführungsverordnungen gesetzlich klar geregelt (was auch für Fälle einer Beauftragung von Prüffingenieuren durch den Bauherrn gilt).

■ Die Prüffingenieure haben alle Befugnisse, um Verstöße gegen die Vorschriften der Landesbauordnungen oder der Technischen Baubestimmungen der Länder zu verhindern, die sie bei der Prü-

fung oder bei der Bauüberwachung festgestellt haben.

■ In ihren Prüfberichten bestätigen die Prüffingenieure gemäß jeweiliger BauPrüfVO, dass ...

– ... die geprüften Unterlagen und die Bauausführung hinsichtlich der Standsicherheit den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen, wenn ihre

Eintragungen, Feststellungen und Prüfbemerkungen beachtet werden,

– ... das Bauvorhaben den Anforderungen des Brandschutzes entspricht, wenn die im Prüfbericht genannten Hinweise und Bedingungen beachtet werden und die Ausführung nach den geprüften Unterlagen erfolgt,

– ... Abweichungen von der jeweiligen LBO und von den eingeführten Technischen Baubestimmungen zulässig sind,

– ... keine Mängel festgestellt wurden, die die Standsicherheit bzw. den Brandschutz beeinflussen können,

– ... die Bauausführung bzw. Nutzung gemäß LBO nicht begonnen werden darf, wenn dies nicht der Fall ist.

Am 22. November in Hamburg

Fachseminar über die neuen Empfehlungen „EA-Pfähle“

Aktuelle Informationen und Erläuterungen aus erster Hand

Die Landesvereinigung der Prüffingenieure in Hamburg veranstaltet am 22. November 2007 von 9 bis 17 Uhr in der Katholischen Akademie in Hamburg ein Seminar zum Thema „Neue EA-Pfähle“.

Den Pfahlgründungen liegen als neue Normengeneration die DIN 1054 und die DIN 1045 auf der Grundlage des Teilsicherheitskonzeptes für die Bemessung und die europäischen Normen DIN EN 1536, DIN EN 12699 und DIN 14199 für die Ausführungen zugrunde.

In Ergänzung dieser Regelungen hat der Arbeitskreis „Pfähle“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), der personell identisch ist mit dem gleichnamigen Normenausschuss, die Empfehlungen „EA-Pfähle“ herausgegeben.

Ihnen ist das Seminar am 22. November gewidmet. Weil es von den Mitgliedern des Pfähle-Ausschusses selbst inhaltlich gestaltet wird, können die Teilnehmer Informationen und Erläuterungen aus erster Hand erwarten. Sie werden einen umfassenden Überblick über die aktuellen Regelungen für Pfahlgründungen er-

halten und spezielle Inhalte und Festlegungen in der Empfehlung „EA-Pfähle“ erklärt bekommen, auch und vor allem im Zusammenhang mit den nationalen und europäischen Normen.

Die Veranstaltung hat das Ziel, den in der Praxis stehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren die Anwendung der neuen Regelungen zu erleichtern.

Bei einer entsprechend großen Beteiligung ist geplant, dieses Seminar Anfang 2008 in Süddeutschland zu wiederholen.

Die Seminarkosten belaufen sich auf 120 Euro pro Teilnehmer. Für Studenten und Angehörige des Öffentlichen Dienstes wird eine Ermäßigung in Höhe von 50 Prozent gewährt. Die Anmeldung erfolgt bei der Landesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik Hamburg:
Fax: 040/35009-426
E-Mail: b.richter@wtm-hh.de

Nach bisheriger mündlicher Information haben die beiden Fachkommissionen der ARGE-BAU sich dieser Argumentation der BVPI nicht anschließen können. Sie sind vielmehr zu der Auffassung gelangt, dass der deutsche Prüffingenieur nicht als Träger öffentlicher Gewalt im europarechtlichen Sinne anzusehen sei (dem Prüfsachverständigen spricht man das ohnehin ab). Damit falle – so das Fazit der Beamten in den Fachkommissionen der ARGE-BAU – die Dienstleistung der BVPI-Mitglieder unter die Dienstleistungsrichtlinie.

Welche Auswirkungen das in der zukünftigen Novellierung deutschen Baurechts haben wird, beispielsweise der M-PPVO, bleibt abzuwarten.

Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann

Der Text des oben erwähnten Positionspapiers der Bundesvereinigung kann auf deren Website heruntergeladen werden (www.bvpi.de ► Aktuelles).

Die Arbeitstagung der BVPI in Weimar setzte neue berufspolitische Schwerpunkte

Die Bundesvereinigung will die Aufklärung über die hoheitliche Prüfung intensivieren

**Eine Podiumsdiskussion zeigte klar:
Baurecht und Verbraucherschutz sind
einander sinnvoll ergänzende Prinzipien**

Die Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (BVPI) will ihre Verbandsarbeit, die jahrzehntelang überwiegend fachlich geprägt war, auf die große Politik und auf den kleinen Bauherren ausdehnen und beiden künftig mehr Informationen über den Nutzen hoheitlich veranlasseter bautechnischer Prüfungen zukommen lassen als bisher. Das hat der Präsident der BVPI, Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä, anlässlich der diesjährigen Arbeitstagung der BVPI in Weimar angekündigt, bestärkt vom Ergebnis einer Podiumsdiskussion über Baurecht und Verbraucherschutz, an deren Ende die Erkenntnis stand, dass landesbaurechtlich abgesicherte Prüfungen und der Verbraucherschutz kein Widerspruch seien, sondern sich einander ergänzen und bedingen.

Die Arbeitstagung 2007 der BVPI ist ganz bewusst in den abschließenden Zusammenhang mit dem diesjährigen Symposium der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE) gestellt worden, die dieses Jahr in Weimar stattfand. Dort hatten die deutschen Prüfengeure im Rahmen eines groß angelegten international ausgerichteten Fachprogramms für Bauingenieure im Allgemeinen und über die Bauwerke für die Deutsche Einheit im Besonderen innerhalb eines Themenblockes über Monitoring und Qualitätssichernde Systeme die Gelegenheit erhalten, das deutsche System unabhängiger und hoheitlich intendierter bautechnischer Prüfungen einem internationalen Publikum zu erläutern und als Modell für ganz Europa zu empfehlen. Dabei haben der Geschäftsführer der BVPI, Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann, und der Geschäftsführer des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Dr. Rainer Mikulits, auch vergleichende Betrachtungen über die verschiedenen europäischen bautechnischen Prüfsysteme ange-

stellt, wobei Tiedemann zu dem Schluss kam, dass das französische – versicherungsrechtliche, „nach-sorgende“ – Modell mit sechs bis acht Prozent der Baukosten wesentlich teurer sei als das deutsche – prophylaktische, „vorsorgende“ – Modell, das nach gesicherten Analysen mit einem Volumen von einem Prozent der Baukosten zu



ERÖFFNETE den BVPI-Kongress in Weimar. Präsident Dr.-Ing. Hans Peter Andrä.

Buche schlage und damit schätzungsweise sechs Prozent der Baukosten als Schäden verhindere.

Solche Zahlen dienten nicht nur dem Zweck, die Überlegenheit des deutschen System ausländischen Zuhörern überzeugend zu belegen, insbesondere europäischen Ausländern, sondern sie ließen auch das übrige internationale Fachpublikum erstaunt aufhorchen, womit der Zweck erreicht worden sein dürfte, den der Vorstand und die Geschäftsführung der BVPI verfolgt hatten, nämlich, die augenscheinlichen Vorteile des deutschen Prüfsystem im Ausland endlich einmal direkt anschaulich zu machen.

Dieses Zahlenverhältnis spielte aber auch bei der Podiumsdiskussion eine bedeutende Rolle, die nach dem umfangreichen Fachprogramm der diesjährigen BVPI-Arbeitstagung über die Frage geführt wurde, ob Verbraucherschutz und Baurecht ein Widerspruch seien.

Auch mit der erklärten Absicht ausgewählt, der eigenen Klientel, also sowohl den hoheitlich beauftragten Prüfengeuren als auch den privat beauftragten Präfachverständigen, die eigene Position noch einmal deutlich zu machen, hatten Vorstand und Geschäftsführung der BVPI den Verbraucherschutz in den Mittelpunkt dieses zweistündigen Wortgefechts gestellt.

In der Themenstellung dieser Diskussion schwang die Forde-

rung der BVPI schon mit, die Präsident Andrä in seiner Eröffnungsansprache eingängig artikuliert hatte: Staat und Gesellschaft müssten, so sagte er sinngemäß, erkennen, dass sich die hoheitliche, präventive bautechnische Prüfung durch unabhängige, selbstständige Prüfengeure (oder durch Sachverständige mit gleichen Anerkennungsvoraussetzungen) im Hinblick auf die Gefahrenabwehr in Deutschland sehr bewährt habe. Nutznießer, so Andrä, sei der Bauherr, der im Sinne des modernen Verbraucherschutzes durch fachkundigen Rat vor schwerwiegen-



PRÜFINGENIEURE üben keine öffentliche Gewalt aus: Ministerialrat Jens Meißner, Leiter des Referats Baurecht im Thüringer Ministerium für Bau und Verkehr.

den wirtschaftlichen Konsequenzen aus Fehlern und Schäden bewahrt werde.

Um diesen verbraucher-schützenden Effekt der Tätigkeit der Prüfengeure erhalten zu können, sei es aber, so Andrä, notwendig, sich den Herausforderungen neuer Entwicklungen „auf dem Fundament des Bewährten unserer Zeit“ zu stellen und „die Institution unseres Prüfengeurs für die Zukunft weiterzuentwickeln“.

Die wesentliche Herausforderung an die Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik und an ihre Mitglieder sieht Andrä im zunehmenden Verlust staatlichen Ordnungswillens durch Pri-

vatisierung bei gleichzeitiger Deregulierung. Der Prüfengeur selbst sei ja ein Klassiker erfolgreicher, weil geregelter Privatisierung; eine unkontrollierte Deregulierung der Anforderungen an ihn und an seine Arbeitsbedingungen führten, so sagte Andrä, nur zu Missständen mit schwerwiegenden Folgen, wie man in den vergangenen Jahren immer wieder habe konstatieren müssen.

Die Herausforderungen an die Prüfengeure bestünden aber auch, so Andrä weiter, in den „Verführungen eines unregulierten freien europäischen Baumarktes“. Weil die Dienstleistungen für das Planen und Bauen – im Unterschied zum Handel mit reproduzierbaren Regalwaren – erst nach dem „Kaufvertrag“ erzeugt würden, lasse sich im Preiswettbewerb deren Qualität in der praktischen Umsetzung im Zweifelsfall weder einfordern noch sicherstellen. „Die Erfahrungen der vergangenen zwanzig Jahre zeigen“, sagte Andrä wörtlich,

„dass der Wettbewerb prinzipiell über den Marktpreis alleine in allen Bereichen der Bauwirtschaft gescheitert ist.“ Weil die Verfechter „neoliberaler Ideologien“ die Wahrnehmung dieser Realität aber immer noch hartnäckig verweigerten, sei es die Strategie der Vorstandarbeit der Bundesvereinigung der Prüfengeure, diese marktpolitischen, wirtschaftspolitischen und gesellschaftlichen Strömungen zu dokumentieren, um „aus deren realistischen Analyse die Fortentwicklung unseres Berufsstands im Innen- und im Außenverhältnis zu entwickeln“.

Dazu gehören nach Andräs Worten mehrere Varianten der verbandspolitischen und der persönlich beruflichen Fortentwicklung

der Prüfengeure, denen die BVPI sich in den kommenden Jahren widmen müsse. Unter anderen seien dies:

- die Erarbeitung einer zeitgemäßen Prüfmethode nach den Grundsätzen der Risikoanalyse unter Berücksichtigung von Schadensfolge- und Gefährdungsklassen bei enger Verzahnung mit der Sicherstellung von Standsicherheit und Brandschutz;

- eine länderübergreifend einheitliche Vorgehensweise bei bautechnischen Prüfungen und Bauüberwachungen;

- ein – möglicherweise institutionalisierter – Schulterschluss mit den Ingenieurkammern und -verbänden, mit anderen Berufsverbänden und mit der Bauindustrie zwecks gemeinsamer kraftvoller politischer Willensbildung und -artikulierung;

- eine verbesserte Darstellung des Berufsstandes im europäischen Ausland;

- eine zielgerichtete Außendarstellung mit positivem Profil, z. B.: der Prüfengeur als „Dein Freund und Helfer“, der, über die rein bauaufsichtlichen Aufgaben hinaus, in fachlich und sozial kompetenter und unabhängiger Weise Probleme der Bauherren löst;

- die Ausweitung der Tätigkeit von Bewertungs- und Verrechnungsstellen auf alle Bundesländer und alle Prüfaufgaben (z. B. auch für Ingenieurbauten im Straßen-, Eisenbahn- und Wasserbau), um so die Behörden von Verwaltungsaufgaben zu entlasten;

- die korporative Zusammenführung aller Prüfengeure mit bauaufsichtlicher Anerkennung unter dem Dach der BVPI, also beispielsweise auch der Prüfer mit der Anerkennung durch das Eisenbahn-Bundesamt.

Zu den vordringlichen berufspolitischen Aufgaben, die Andrä weiter nannte und denen die BVPI sich nach seinen Worten widmen müssen, gehören die Auswirkungen der EU-Dienstleistungsrichtlinie, die eine diskriminierungsfreie Dienstleistungserbringung in allen EU-Mitgliedsstaaten garantieren soll – also auch die Dienstleistungen der Prüfingenieure und Prüfsachverständigen.

Um dem deutschen Bauherrn das für ihn so wirkungsvolle hoheitliche Prüfsystem auch unter dem Diktat dieser EU-Richtlinie zu erhalten, so die Position der BVPI, müssten die hoheitlich tätigen deutschen Prüfingenieure und die anerkannten Prüfsachverständigen in Deutschland als Inhaber öffentlicher Gewalt von dieser Richtlinie ausgenommen, die Prüftätigkeit ausländischer Prüfer also in Deutschland ausgeschlossen werden (s. S. 5).

Dass die BVPI mit der Durchsetzung dieser berufs- und EU-politischen Position einige Schwierigkeiten haben werden, machten die Worte des Leitenden Ministerialrates Jens Meißner deutlich, des Leiters des Referats Baurecht im Thüringer Ministerium für Bau und Verkehr, der Mitglied mehrerer Gremien der Bauministerkonferenz ist und als solcher verschiedene Projektgruppen für Fragen des Bauplanungsrechts geleitet hat. Meißner berichtete den nach Weimar gereisten Prüfingenieuren aus ganz Deutschland und ihren vielen Gästen frank und frei über die Meinung vieler Mitglieder der ARGEBAU, die eben genau diese Position der BVPI als aussichtslos ansehen würden, weil prüfberechtigte Personen nach Ansicht beider Fachkommissionen der ARGEBAU, die mit einer Beantwortung dieser Frage betraut gewesen sind, eben keine öffentliche Gewalt ausübten und deswegen auch von der Dienstleistungsrichtlinie nicht ausgenommen werden könnten. Meißner gestand



ÜBER BAURECHT UND VERBRAUCHERSCHUTZ diskutierten (von links): Dr.-Ing. Hans-Ulrich Litzner, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins, Rechtsanwalt Justus Kehrl von der KWSP-Rechtsanwälte Kehrl und Wemmer Partnerschaftsgesellschaft in Erfurt und Ministerialrat Gerd Gröger vom Brandenburgischen Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr. Moderiert wurde das Gespräch von Andreas Halbach von der Redaktion des ZDF-Magazins FRONTAL 21.

aber ein, dass die Vorschriften der EU-Dienstleistungsrichtlinie in Deutschland für die Prüfingenieure dergestalt adaptiert werden müssten und könnten, dass die derzeitige und gewohnte Qualität ihrer Prüftätigkeit nicht gefährdet werde, vor allem in Bezug auf ihre bisherigen hohen fachlichen Anforderungen und auf die Unabhängigkeit und höchstpersönliche Zulassung der Prüfberechtigten.

Dass die Vorstellungen vieler Prüfingenieure auch mit den in Brüssel mehrheitlich vertretenen EU-rechtlichen und EU-politischen Vorstellungen kollidieren, machte die oben bereits erwähnte Podiumsdiskussion der diesjährigen BVPI-Arbeitstagung über die Frage deutlich, ob die Beziehungen zwischen dem Verbraucherschutz und dem Baurecht ein Widerspruch seien.

Auf dem Podium diskutierten ein Verbandsmanager, das Geschäftsführende Vorstandsmitglied des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins, Dr.-Ing. Hans-Ulrich Litzner, ein Jurist, der Rechtsanwalt Justus Kehrl, der in der KWSP-Rechtsanwälte Kehrl und Wemmer Partnerschaftsgesellschaft in Erfurt die Tätigkeits-schwerpunkte Baurecht und Verga-

berecht bearbeitet und als Mitglied des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Baurecht wirkt, sowie ein Ministerialbeamter, nämlich der Ministerialrat Gerd Gröger vom Brandenburgischen Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr. Moderiert wurde das Gespräch von dem Fernseh-Journalisten Andreas Halbach, der beim ZDF in der Redaktion des Magazins FRONTAL 21 als Redakteur arbeitet, jenes Magazins, das vor einigen Monaten einen profunden und gut recherchierten Beitrag über den ganz normalen Pfusch am Bau gesendet und damit Steine in bis dato stehende Gewässer geworfen hatte, die heute noch Kreise für die Prüfingenieure ziehen (der Film ist übrigens noch immer auf www.bvpi.de zu sehen).

Halbach berichtete, dass nach jener Sendung eine große Menge von Reaktionen in seiner Redaktion eingegangen sei, die durch die Bank mehr oder weniger erschreckende Beispiele für das wiedergegeben hätten, was heute am Bau offenbar ziemlich normal sei: technischer Pfusch, terminliche Unzuverlässigkeit, Minderwerte durch Mängel, Terminbrüche und so weiter und so fort seien die Stichwörter für die Tendenz dieses Echos.

Ob das denn sein müsse, fragte der Journalist das Podium. Ob solche Zustände nicht verhindert werden könnten, wenn Prüfindgenieure von Staats wegen regelmäßig als Treuhänder des Bauherren tätig würden? Mit solchen und vielen anderen ähnlichen Fragen, die gezielt und manchmal auch etwas herausfordernd ausfielen, hielt Halbacht ein zwei Stunden lang aufschlussreich und gelegentlich spannend verlaufendes Gespräch unter Strom. Und er provozierte eine Reihe von Antworten der Diskutanten, die in jene Sackgasse wiesen, in der ihrer Ansicht nach die Wünsche und Hoffnungen der Prüfindgenieure über kurz oder lang wohl landen werden: in der Sackgasse der stringenten Liberalisierungsziele der Brüsseler EU-Kommission nämlich. Die aber, so wurde Litzner zu betonen nicht müde, werde alle ihr möglichen Anstrengungen unternehmen und alle ihr erreichbaren Mittel ergreifen, um den Staat in den 25 EU-Staaten immer wirksamer zurückzudrängen – und damit eben auch die hoheitliche Prüfung in Deutschland grundsätzlich in Frage stellen.

Gleichwohl waren sich die Diskutanten bei anderen Themen ihres Gesprächs weitgehend einig darüber, dass das Baurecht durchaus dem Verbraucherschutz indirekt komplementär zuarbeite, dass der Staat aber nicht unbedingt die Aufgabe habe, mit von ihm hoheitlich beliehenen Unternehmern – den Prüfindgenieuren also – die Bürger vor materiellem Schaden zu bewahren. Der Staat, so wurde gesagt, habe nur die Aufgabe, darüber zu wachen, dass von ihm gesetzte Normen und Regeln eingehalten würden, um Leben und Gesundheit der Bürger zu schützen; dass wirtschaftlicher Schaden vom Bauherrn abgewendet würde, dafür sei nicht der Staat zuständig, dafür müsse der Bürger als Bauherr schon selber sorgen. Im Klartext konnten alle drei diskutierenden Fachleute deshalb wohl nur so verstanden werden, dass ihrer Ansicht nach die

staatlich intendierte bautechnische Prüfung langfristig gesehen ausgedient habe und dass als Kompensation in Zukunft den Bauherren das Bewusstsein dafür geschärft werden müsse, auf eigene Kappe und auf eigene Kosten sachverständige Experten zu beauftragen, sie auf ihrem Weg zum fertigen eigenen Bau fachmännisch zu begleiten und fachlich zu beraten.

Mit derart pessimistischen Auspizien für ihren Berufsstand können und wollen sich viele der hoheitlich tätigen Prüfindgenieure nicht abfinden. Das hat die Diskussion des Podiums mit dem Auditorium in Weimar deutlich gezeigt. Viele Teilnehmer an diesem öffentlichen Gespräch zeigten sich überzeugt davon, im Sinne des Bauherren und damit im Sinne des Verbraucherschutzes und des Schutzes volkswirtschaftlichen Vermögens tätig zu werden, wenn sie nicht in willkürlich zustande kommendem privaten Auftrag der Vermeidung von Bauschäden dienen und für die Sicherheit und Dauerhaftigkeit der Bauwerke sorgen, sondern weiterhin in baurechtlich abgesichertem, hoheitlichem Auftrag. Baurecht und Verbraucherschutz, so die überwiegende Meinung des Auditoriums, seien also keine sich widersprechenden, sondern sich sinnvoll ergänzende und einander bedingende Prinzipien. Schließlich hätten die Erfahrung und die empirischen Erkenntnisse der bisher vergangenen prüfbefreiten Zeiten in vielen deutschen Ländern eindeutig gezeigt, dass diese ihre Haltung nicht aus der Luft gegriffen und nicht nur reiner Lobbyismus sei, sondern harte Wirklichkeit, eine Wirklichkeit zumal, die viele Bauherren sehr viel Geld gekostet habe und in Zukunft auch noch kosten könne.

Halbacht's fragendes Fazit am Schluss der Debatte war eindeutig: „Haben Sie denn“, fragte er, sich dem Vorstand der BVPI zuwendend, „überhaupt keine

Lobby, die sie unterstützen kann?“ „Nein“, musste Präsident André eingestehen, da es, „weil wir als Ingenieure viel zu gut sind“, bei den Bauherren überhaupt kein Problembewusstsein gebe. André versprach deshalb, die politische Arbeit und die Öffentlichkeitsarbeit der BVPI auf Bundesebene zu verstärken und sich darüber hinaus dafür einzusetzen, dass auch in den Ländern mehr politische Aufklärungsarbeit und mehr Pressearbeit geleistet wird, um Öffentlichkeit und Bauherren über die Bedeutung unabhängiger bautechnischer Prüfungen zu informieren.

Weil jede Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfindgenieure von einem fachfremden Festvortrag gekrönt wird, trat auf der diesjährigen Tagung Professor Dr. Claus Mattheck aus Karlsruhe auf, ein weltweit anerkannter Spezialist für die Mechanik und das Bruchverhalten von Bäumen. Mattheck (Jahrgang 1947) hat in Dresden Physik studiert, 1973 in Jena in theoretischer Physik promoviert und sich 1985 im Fach Schadenskunde an der Universität Karlsruhe habilitiert. Heute ist er der Leiter der Abteilung Bionik im Forschungszentrum Karlsruhe und hält Vorlesungen vorwiegend über Biomechanik.

Sein Thema vor den Prüfindgenieuren in Weimar waren die verborgenen Gestaltungsgesetze der Natur, die nachzuaehmen und für die eigene Konstruktionsarbeit zu übernehmen jedem Ingenieur möglich sei, wie Mattheck sehr anschaulich und mit höchst vergnüglicher Rhetorik in einem einstündigen sehr intensiven Power-Point-Vortrag beweisen konnte. Er beschrieb vor allem die technische Imitation natürlicher Kerbformen „einfach mit dem Geodreieck und ganz ohne Software“, wie er sagte. Mit eindrucksvollen Bildbeispielen erklärte er seinen Ingenieurkollegen, wie sie Schwachstellen in Bauteilen erkennen, einen gleichsam schadenskundlichen Blick entwickeln und

Optimierungsmethoden nach dem Vorbild der Natur nutzen können, und zwar sowohl in Richtung Dauerfestigkeit als auch in Richtung Leichtbau (Details und viele Informationen dazu gibt es unter www.mattheck.de).

Matthecks Vortrag war des fachlichen Programms der dies-

jährigen BVPI-Arbeitstagung Abschluss und Höhepunkt zugleich, dessen Vorträge, wie immer, in dieser und der kommenden Ausgabe des *Prüfingenieurs* veröffentlicht werden. Und das touristische Begleitprogramm, das mit Kenntnisreichtum und viel Gespür dafür, was wohl gewünscht werden könnte, von der thüringischen Landes-

vereinigung der Prüffingenieure unter Leitung ihres Vorsitzenden, Dr.-Ing. Andreas Rinke, zusammengestellt und durchgeführt worden war, hat nach übereinstimmender Beurteilung der rund 220 Teilnehmer und ihrer Begleitungen nicht nur des himmlischen Wetters wegen einen ganz besonderen Erinnerungswert entwickelt. *Klaus Werwath*

Bei Nichtbeachtung drohen Doppelzahlungen

Bundesvereinigung erinnert an besondere Regeln für die Umsatzsteuer-Ausweisung

Leistungsempfänger ist und bleibt die Bauaufsichtsbehörde

Die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) hat aus gegebenem Anlass darauf hingewiesen, dass bei der Ausweisung der Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer) auf Rechnungen für Prüfleistungen besondere Regeln zu beachten seien. Eine fehlerhaft bzw. zu Unrecht ausgewiesene Umsatzsteuer könne zu empfindlichen Doppelzahlungen der Umsatzsteuer durch den Prüffingenieur an das Finanzamt führen.

In einem Arbeitspapier der Bundesvereinigung heißt es dazu: „Erfolgt die Beauftragung einer Prüfleistung durch die Bauaufsichtsbehörde, ist stets die Bauaufsichtsbehörde der Leistungsempfänger. Rechnet der Prüffingenieur in solchen Fällen unmittelbar mit dem Bauherrn ab, stellt dies nur eine Abkürzung des Zahlungsweges für die untere Bauaufsichtsbehörde dar. Leistungsempfänger bleibt aber die Bauaufsichtsbehörde. Sie selbst ist nicht zum Vorsteuerabzug berechtigt, da die Leistung des Prüffingenieurs Teil ihrer hoheitlichen Aufgaben ist, und für ihre Leistungen darf daher auch von Dritten keine Vorsteuer geltend gemacht werden. In Rechnungen für derartige Prüfleistungen darf dementsprechend keine Umsatzsteuer ausgewiesen werden (sog. Bruttorechnungen).

Wird die Umsatzsteuer dennoch ausgewiesen, schuldet der

Prüffingenieur die fälschlich ausgewiesene Steuer zusätzlich zu der ohnehin für die Leistung zu zahlende Umsatzsteuer. Er muss sie also doppelt zahlen, da der Bauherr ggf. unberechtigt die Vorsteuer geltend machen kann und der Aussteller der Rechnung dafür haftbar ist. Für die zusätzlich zu zahlende Steuer kann der Prüffingenieur auch schon in Anspruch genommen werden, wenn der Bauherr durch eine nicht einwandfreie Adressierung (doppelte Anschrift im Anschriftenfeld) zu der unzutreffenden Annahme verleitet wird, er sei Leistungsempfänger und damit zum Vorsteuerabzug berechtigt.

Anders ist es nur in solchen Fällen, in denen der Bauherr selbst (und nicht die untere Bauaufsichtsbehörde) für die bautechnische Prüfung verantwortlich ist und er sich selbst eines Prüffingenieurs bedient. Jetzt liegt ein Lei-

stungsaustausch zwischen Bauherrn und Prüffingenieur vor. Der Bauherr ist selbst Leistungsempfänger und kann ggf. Vorsteuer aus der Leistung des Prüffingenieurs geltend machen.

Der gleiche Sachverhalt gilt bei Prüfaufträgen durch das Eisenbahnbundesamt. Die in der Gebührentafel festgelegten Gebühren beinhalten zwar die Umsatzsteuer aber auch für diese Leistungen darf das betreffende Eisenbahnunternehmen bzw. der Antragsteller keine Vorsteuer geltend machen. Bei den Abrechnungen handelt es sich um Gebühren, und der Leistungsempfänger ist immer das Eisenbahnbundesamt. Wird in solchen Rechnungen die Umsatzsteuer ausgewiesen, so ist eindeutig darauf hinzuweisen, dass dies nicht zum Vorsteuerabzug berechtigt!

Sollten die Regelungen aufgrund der Formulierungen in den einzelnen Bauordnungen der Bundesländer (Definition des Leistungsempfängers) unklar sein, sollte eine Abklärung erfolgen, damit Doppelzahlungen der Umsatzsteuer ausgeschlossen werden.“

Zusammenfassung der 21. Brandschutz-Fachtagung der TU Braunschweig

Kompetente Berichterstattung über den Stand der Brandschutz-Forschung

Umfassende Vorträge und Diskussionen über Konzepte für den konstruktiven Brandschutz

Mehr als 1.100 Teilnehmer sogar aus dem deutschsprachigen Ausland haben – wie schon in vielen Jahren zuvor – an der 21. Fachtagung „Brandschutz – Forschung und Praxis“ Ende September in der Stadthalle Braunschweig teilgenommen, wo umfassend und kompetent über den aktuellen Stand der Forschung, der Normung sowie über Brandschutzkonzepte und Schutzziele des Brandschutzes vorgetragen und diskutiert wurde. Für die Prüflingenieure und Prüf-sachverständigen auf dem Gebiet des konstruktiven Brandschutzes waren die Beiträge von besonderer Bedeutung [1]. Deswegen wird nachfolgend zusammengefasst, was Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser und Oberingenieur Dr.-Ing. Ekkehard Richter von der TU Braunschweig und Dipl.-Ing. Thomas Sommer vom Deutschen Institut für Normung über die Brandschutzbemessung nach DIN 4102 Teil 4, Teil 22 und Eurocode 2-1-2 berichtet haben.

Im Teil 4 der bewährten DIN 4102 sind tabellarisch konstruktive Mindestanforderungen, im Stahlbetonbau beispielsweise Mindest-Querschnittsabmessungen, Mindestachsabstände der Bewehrung, Bekleidungs-dicken von Bauteilen und Abhängigkeiten vom Ausnutzungsfaktor (Lastausnutzungsgrad) aufgelistet, bei deren Einhaltung eine geforderte Feuerwiderstandsklasse bei Brandbeanspruchung entsprechend der normierten Einheits-temperaturzeitkurve erreicht wird. Mit der Einführung des Teilsicherheitskonzeptes nach DIN 1045-1 hat sich bei einigen Bauteilen, insbesondere bei Druckgliedern, der Lastausnutzungsgrad bei Normaltemperatur im Vergleich zur Vorgängernorm DIN 1045 mit globalem Sicherheitsbeiwert erhöht. Dementsprechend mussten die Regelungen der DIN 4102-4 für Bauteile, bei denen die Feuerwiderstandsdauer vom Lastausnutzungsgrad abhängt, angepasst werden. Zeitgleich erfolgte die Harmonisierung der europäischen Produktnormen, was im Ergebnis zusam-

mengenommen zu der überarbeiteten Fassung DIN 4102-4/A1:1994 und der Anwendungsnorm DIN 4102-22:2004 führte. Eine konsolidierte (und wieder anwenderfreundliche) Fassung der DIN 4102-4 ist für eine Übergangszeit bis zur verbindlichen Einführung der Eurocodes, voraussichtlich im Jahr 2010, in Vorbereitung.

Im Brandschutzteil 1-2 des Eurocodes 1 (EN 1991-1-2) sind die Einwirkungen für den Brandlastfall definiert, in den Teilen 1-2 der Eurocodes 2 bis 6 (Betonbau, Stahlbau, Verbundbau, Holzbau, Mauerwerksbau) und 9 (Aluminiumbau) sind die baustoffbezogenen Bemessungsregeln angegeben. In der Praxis sind derzeit insbesondere die brandschutztechnischen Nachweise für Stahlbetonstützen in Diskussion. Nach EN 1992-1-2 können für Stahlbetonstützen brandschutztechnische Nachweise mittels tabellarischer Daten nach wie vor geführt werden, wenn definierte Randbedingungen bezüglich Schlankheit, Ausnutzungsgrad und Lagerung

der Stützenenden eingehalten werden. Die praxisorientierte Anwendung ist u.a. in [2] dargestellt.

Ein brandschutztechnischer Nachweis konnte und kann mit tabellarischen Daten alleine jedoch dann nicht geführt werden, wenn die Schnittkräfte wesentlich von der Steifigkeit der belasteten Bauteile abhängen. Dies ist generell bei statisch unbestimmten Tragwerken der Fall und wirkt sich besonders stark bei schlanken Druckgliedern aus, die nach Theorie 2. Ordnung zu bemessen sind, weil die Verformungen (Krümmungen) und damit die Biegemomente durch den Abbau der Steifigkeit bei hohen Temperaturen überproportional zunehmen.

Sowohl in den Eurocodes als auch in der Fachliteratur gibt es zwischenzeitlich eine Vielzahl von Quellenangaben, nach denen die Querschnittserwärmung, die temperaturabhängige Verkleinerung des wirksamen Betonquerschnitts und die temperaturabhängige Reduzierung der Materialfestigkeiten und -steifigkeiten bestimmt werden können. Mit diesen Eingangswerten kann die Heißbemessung für eine geforderte Feuerwiderstandsdauer mit denselben Berechnungsschritten wie beim Nachweis unter Normaltemperatur als „vereinfachtes Rechenverfahren“ durchgeführt werden.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, anstelle des pauschalen Ansatzes der Einheitstemperaturzeitkurve realistischere Temperaturzeitkurven für einen „Naturbrand“ in Abhängigkeit von der vorhandenen Brandlast, der zu er-

wartenden Wärmefreisetzungsrate und den räumlichen Randbedingungen zu berechnen oder bei einem örtlich begrenzten Brand die Temperatur im aufsteigenden Heißgasstrom zu ermitteln. Der brandschutztechnische Nachweis wird dann in der Regel mit dem „allgemeinen Rechenverfahren“ geführt, das eine thermische Analyse zur Ermittlung der Bauteiltemperaturen und eine mechanische Analyse – als Querschnittsanalyse oder Analyse des Systemverhaltens – unter Berücksichtigung der Auswirkungen der thermischen Dehnung umfasst.

Die über die Anwendung der DIN 4102-4:1994/A1 sowie 4102:22:2004 hinausgehenden

vereinfachten bzw. allgemeinen Rechenverfahren nach den Brandschutzteilen der Eurocodes sind zwar bekannt gemacht worden [4], haben bisher aber noch keinen Eingang in die Praxis gefunden. Dies liegt u. a. darin begründet, dass die Eurocodes und weitere Literaturquellen (z. B. [3]) zur Ermittlung der temperaturabhängigen Querschnitts-, Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte bisher noch nicht anwenderfreundlich aufbereitet worden sind.

Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä

[1] Hosser, D [Hrsg.]: Braunschweiger Brandschutz-Tage 07: 21. Fachtagung Brandschutz-Forschung und Praxis, 26. und 27. September in Braunschweig, Tagungsband, Heft 199 der

Schriftenreihe des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz an der TU Braunschweig, ISBN 978-3-89288-181-0

[2] Fingerloos, F.; Richter, E.: Zur Heißbemessung von Stahlbetonstützen. *Der Prüferingenieur* 30 (2007) S. 35 – 42, Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik e.V.

[3] Model Code for Fire Design of Concrete Structures / Design of Concrete Structures for Fire Resistance. Bulletin d'information No. 145 / No. 174, Comité Euro-International du Béton. Paris 01 /1982 / 02 /1987

[4] Hosser, D.: „Rechnerische Nachweise im Brandschutz – eine Zukunftsaufgabe für Tragwerksplaner und Prüferingenieure“. *Der Prüferingenieur* 31 (2007), Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik e.V.

Erfahrungs- und Meinungsaustausch beim jährlichen Ingenieurforum in Sachsen-Anhalt

Erfreulich viele Mitglieder auch aus den benachbarten Ingenieurkammern und aus verschiedenen Verbänden haben das Treffen genutzt, das die sachsen-anhaltinische Ingenieurkammer und der Landesverband der Prüferingenieure in Sachsen-Anhalt in gemeinsamer jährlicher Tradition im September den Ingenieuren wieder als Gesprächs- und Fortbildungsmöglichkeit angeboten hatten. Bereits auf einer im kleineren Kreis ebenfalls in der Martin-Luther-Universität zu Halle durchgeführten Veranstaltung Ende März diesen Jahres waren Erfahrungen mit der Normung von Einwirkungen auf Bauwerke und im Stahlbetonbau und mit der Einführung von DIN 1055 und DIN 1045 detailliert behandelt worden. Themenschwerpunkte für die nun im größeren Rahmen stattfindenden Vorträge waren deshalb in Fortführung und Ausweitung der vorherigen Tagung der Bericht der Landesvorsitzenden der Prüferingenieure zu aktuellen Entwicklungen in der Gesetzgebungsarbeit auf

Landes- und Bundesebene am Bau, zu aktuellen Entwicklungen bei der Planung und Prüfung von Heißbemessungen bei Stahlbetonstützen, zu Kommentaren der ARGEBAU für Mustererlasse bei der Einführung von DIN 1055. Weitere Vorträge beschäftigten sich dann mit vereinfachter Kontrolle komplexer EDV-Bemessungen (Prof. H. Denk, FH Konstanz), mit der

Planung und Berechnung von Baugruben nach neuer EAB und neuer DIN 1054 (Prof. B. Walz, Universität Wuppertal), mit dem Stand der Normungsarbeit für Lastannahmen nach DIN 1055 und Auslegungsfragen hierzu (Dipl.-Ing. K. Loche, BVS Mainz) und zum Bauen mit Fertigteilen (Dr.-Ing. Schwarzkopf, Badische Drahtwerke Kehl). *Dipl.-Ing. Undine Klein*

Die IABSE druckt die Vorträge der Prüferingenieure in Weimar

Die Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) hat die Gelegenheit des jährlichen Symposiums der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE) in Weimar dafür genutzt, um unter dem Themenblock „Check-Engineering and Monitoring – International Review on Quality Control Systems“ über das Prüf- und Überwachungssystem in Deutschland zu berichten. Weitere Informationen über das Programm bzw. die Referenten können der Website www.IABSE.de ► Download the final programme heruntergeladen werden. Die Vorträge der BVPI werden im IABSE-Report (Volume 93, ISBN 978-3-85748-116-1, mit CD-ROM) gedruckt. Weitere Informationen dazu unter www.IABSE.org ► Publications ► IABSE Reports ► Order Form.

42 Kandidaten bewerben sich um den zweiten Deutschen Brückenbaupreis

Preisverleihung ist am 10. März im Rahmen des 18. Dresdner Brückenbausymposiums in Dresden

42 Brücken sind für den Deutschen Brückenbaupreis 2008 eingereicht worden, 20 in der Preiskategorie „Straßen- und Eisenbahnbrücken“ und 22 in der Kategorie „Fuß- und Radwegbrücken“. Darauf haben die Bundesingenieurkammer und der Verband Beratender Ingenieure als Auslober dieses Preises hingewiesen, der 2006 erstmals vergeben worden ist und schon jetzt als einer der führenden Ingenieurpreise in Deutschland angesehen wird.

Die Jury wird jetzt in jeder der beiden Preiskategorien drei Brückenbauwerke für die Preisverleihung nominieren und aus diesen Nominierungen je einen Preisträger auswählen. Sie gibt die Jury erst anlässlich der feierlichen Preisverleihung im Rahmen des 18. Dresdner Brückenbausymposiums am 10. März 2008 in Dresden bekannt, zu dem rund 1.000 Teilnehmer erwartet werden.

Der Deutsche Brückenbaupreis steht für herausragende Ingenieurleistungen im Brückenbau. Er wird alle zwei Jahre in den Katego-

rien „Straßen- und Eisenbahnbrücken“ sowie „Fuß- und Radwegbrücken“ für jeweils ein Bauwerk vergeben, dessen Fertigstellung, Umbau oder Instandsetzung beim Bewerbungsschluss nicht länger als drei Jahre zurücklag. Ausgezeichnet werden sowohl die Bauwerke als auch diejenigen Ingenieure, die an verantwortlicher Stelle wesentlichen Anteil am Entstehen des jeweiligen Bauwerks hatten.

Der Preis wird im Rahmen ihrer Initiative Baukultur von der Bundesregierung gefördert und steht deshalb auch 2008 wieder

unter der Schirmherrschaft des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung Wolfgang Tiefensee. Erste Preisträger waren die Talbrücke „Wilde Gera“ mit Dr. Roland von Wölfel sowie der Stuttgarter „La-Ferté-Steg“ mit Dr. Matthias Schüller als federführenden Ingenieuren.

Die Jury besteht aus den Brückenexperten Klaus Bernhardt, Prof. Hans-Günther Burkhardt, Dr.-Ing. Hans-Gerd Lindlar, Dr.-Ing. Hans-Ulrich Litzner, Prof. Steffen Marx, Joachim Naumann, Prof. Gerhard Sedlacek, Prof. Jürgen Stritzke und Prof. Konrad Zilch.

Weitere Informationen und Fotos der Gewinnerbrücken des Deutschen Brückenbaupreises 2006 finden sich unter www.brueckenbaupreis.de

Neue Merkblätter des Beton-Vereins

Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) hat zwei neue Merkblätter herausgegeben:

- das Merkblatt „Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton“ und
- das Merkblatt „Bauwerksbuch – Empfehlungen zur Sicherheit und Erhaltung von Gebäuden“.

In dem einen schlägt der DBV, weil Frischbetoneigenschaften

noch nicht genormt sind, Methoden für die Ermittlung der Sedimentationsstabilität (also der Blutneigung von Beton) vor und für die Bestimmung des Wassergehaltes von Frischbeton sowie für die Beurteilung der Einbaubarkeit und der Anschließbarkeit. Die Methoden sind nach Ansicht des DBV unter baupraktischen Bedingungen „äußerst robust und eignen sich dazu, in kurzer Zeit Beton unter baupraktischen Bedingungen beurteilen zu können“.

Das andere Merkblatt ist als Leitfaden für Instandhaltungsmaßnahmen an allen Gewerken im gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks zu verstehen.

Beide Merkblätter kosten jeweils 60 Euro (DBV-Mitglieder: 30 Euro) und können beim DBV bestellt werden.

Tel.: 030/23 60 96 44
 Fax: 030/ 23 60 96 34
 E-Mail: rohde@betonverein.de
www.beton-verein.de

Bundesvereinigung der Prüfmgenieure schlägt allgemeine Normen-Umlage vor

100 bis 150 Euro pro Jahr und Mitarbeiter für die Führungsrolle in der Normungstätigkeit

Die Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik (BVPI) hat bei allen deutschen Ingenieuren eine alljährliche „Normenumlage“ in Höhe von 100 bis 150 Euro pro Mitarbeiter vorgeschlagen. Mit dem Geld solle eine neue Dachorganisation finanziert werden, die den Ingenieuren „eine aktive Führungsrolle in der Normungstätigkeit“ und eine „Vereinfachung und Reduzierung der Bemessungsnormen im Bauwesen“ ermöglichen soll.

Der Vorschlag einer Normenumlage ist der materielle Kern eines Arbeitspapiers des Vorstandes der BVPI, in dem das BVPI-Mitglied Dr.-Ing. Karl Morgen Gedanken darüber formuliert hat, wie die Bemessungsnormen im Bauwesen vereinfacht und verschlankt werden könnten.

In dem Papier heißt es, die veröffentlichte Meinung namhafter Kollegen [1], [2], [3], [4] bilde nur die Spitze eines Eisbergs: An der Basis, das heißt, bei nahezu allen Kollegen im Lande, rumore es. Die derzeitigen Normen seien viel zu umfangreich, zu kompliziert, kaum noch überschaubar, zum Teil auch sehr praxisfremd, auf jeden Fall schwer lesbar und untereinander inkonsistent.

Diese Normen förderten, so der Kern der Kritik der Ingenieure, wie sie in dem BVPI-Papier zusammengefasst wird, das mitunter gefährliche „Black-Box-Denken“: „Der Computer wird’s schon richtig machen!“

Unsere derzeitigen Normen, so heißt es in dem Papier weiter, werden „fast täglich durch ‘Auslegungen’ aktualisiert“. Neben dem erheblichen Zeit- und Kostenaufwand für die laufende Berücksichtigung dieser Änderungen stelle sich aber auch die Frage der Rechtssicherheit: Was ist denn der

gültige, bauaufsichtlich eingeführte Zustand – die jeweilige Norm und die Auslegung? Und welcher Stand der Auslegung ist anzuwenden?

Was ist zu tun? fragt die BVPI. Eine mögliche Antwort sei eine stärkere „Professionalisierung“ der Normenarbeit [5], [6] in dem Sinne, dass sie künftig in mehr Eigenverantwortlichkeit der Ingenieure mit Kollegen aus der Praxis und auch der Wissenschaft erstellt werden. Die (bezahlte) Bearbeitung solle dabei unter der klaren Vorgabe eines Pflichtenheftes und eines Zeit- und Kostenbudgets erfolgen.

Die organisatorische Führung und die Aufsicht solle über eine Dachorganisation erfolgen, die von den tangierten Verbänden gegründet und getragen werden solle. Die Kollegen aus der Schweiz hätten so etwas mit den „SWISS Codes“ unter der Federführung des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) modellhaft bereits realisiert.

„Die Zeit für einen Wandel ist reif“, heißt es in dem Papier weiter, in dem zur weiteren Begründung auch darauf hingewiesen wird, dass selbst das DIN, das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), die ARGEBAU und das Bundesministerium für Verkehr,

Bau und Stadtentwicklung die Relevanz dieses Problems erkannt hätten und bereit seien, einen grundsätzlich neuen Ansatz mitzutragen. Wörtlich steht deshalb in dem BVPI-Arbeitspapier: „Jetzt sind wir Ingenieure gefordert, die uns zufallende Rolle aufzugreifen und auszugestalten und eine aktive Führungsrolle in der Normungstätigkeit einzunehmen.“

Zur Finanzierung schlägt die BVPI eine allgemeine „Normenumlage“ unter allen deutschen Ingenieuren vor (ca. 100 bis 150 Euro pro Mitarbeiter und Jahr). Diese müsse zweckgebunden auf einem Sonderkonto vereinnahmt und der Dachorganisation zur Verfügung gestellt werden. Die Verbände sollten auf ihren Mitgliederversammlungen möglichst bald die notwendigen Beschlüsse für eine Normenumlage fassen, damit die historische Chance für eine aktive Übernahme des Normungsprozesses durch die Prüfmgenieure und die Beratenden Ingenieure genutzt werden könne.

Erwähnte Literaturstellen:

- [1] Normenflut gegen Ingenieurverband
J. Scheer, DIB, Aug. 2003
- [2] Erfolg oder Debakel
Eurocodes: Gibt es Wege zu überschaubaren und sinnvollen Normen?
Prof. F. Werner, DIB, Nov. 2004
- [3] Normenflut in Deutschland
Dr.-Ing. D. Maier, Editorial Der Prüfmgenieur, Okt. 2005
- [4] Erprobt, bewährt und demontiert
Dipl.-Ing. J. Steiner, Bautechnik, Heft 4, 2006
- [5] Haben wir unsere Normen verdient?
Dr.-Ing. K. Morgen, Editorial Beton- und Stahlbetonbau, Heft 8, 2006
- [6] 100 € für anwendbare Normen
VBI-Nachrichten, März 2007

Bundesvereinigung verhinderte Strafanzeige gegen Prüflingenieur

Er sollte für den Tod von fünf Menschen mitverantwortlich gemacht werden

Die Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) hat entscheidend zur Verhinderung einer Strafanzeige gegen einen Prüflingenieur beigetragen, dem vom Staatsanwalt vorgeworfen werden sollte, beim Umbau einer Schule bezüglich der erforderlichen Abnahmen keine ausreichenden Festlegungen getroffen und deshalb am Tod von fünf Menschen eine Mitschuld zu haben.

Bei dem Umbau der 1980 errichteten Schule sollte eine tragende Trennwand entfernt und durch Stützen und Pfeiler ersetzt werden. Beim Abbruch der tragenden Wand stürzte ein großer Teil des Gebäudes ein und begrub fünf Personen unter sich. Die Staatsanwaltschaft beschuldigte den Prüflingenieur, keine ausreichenden Festlegungen für erforderliche Abnahmen getroffen zu haben. Der Prüflingenieur, ein Mitglied der BVPI, war mit der Prüfung des Standsi-

cherheitsnachweises der Ausführungszeichnung sowie mit der konstruktiven Überwachung des Bauvorhabens, aber ausdrücklich nicht mit der Überwachung der Bauzustände beauftragt worden.

Zur Formulierung des Eröffnungsbeschlusses wandte sich das Landgericht an die Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI), um Aufschluss darüber zu erhalten, welchen

Rechten und Pflichten ein Prüflingenieur bei der Wahrnehmung solcher Aufgaben unterliege. Das Landgericht wünschte eindeutige Dokumente, die eine zweifelsfreie Beurteilung des Handelns des Prüflingenieurs erlaubten.

Nach verschiedenen Rücksprachen mit dem Gericht und nach der Bereitstellung überzeugender Argumente und Unterlagen über die Pflichten eines Prüflingenieurs bei der Bauüberwachung, die sie aus mehreren Bundesländern zusammengetragen hatte, konnte die BVPI-Geschäftsstelle Entscheidendes dazu beitragen, die gegen den Prüflingenieur drohende Klage abzuwenden.

(Vor wenigen Wochen ist in dieser Sache übrigens das Urteil ergangen: Einzig der verantwortliche Bauunternehmer wurde zu zweieinhalb Jahren Haft verurteilt.)

Dieser Vorgang war für die Bundesvereinigung der Prüflingenieure einer der wesentlichen Gründe und bestimmender Anlass dafür, zukünftig berufsethischen Fragen und Problemen praxisnah und progressiv mehr Aufmerksamkeit zu widmen.

Sie hat deshalb einen Arbeitskreis gegründet, der, mit fachlicher Unterstützung ihres technischen Koordinierungsausschusses, Erfahrungen, Methoden und Erkenntnisse sammeln und zu Leitfäden und Arbeitsanweisungen umgestalten soll, in denen die Pflichten, Anforderungen und Prozeduren bei der Durchführung der Prüfung der Unterlagen und bei der Überwachung der Bauausführung zusammenfassend dargestellt werden.

Internet-Adressen für die Technischen Baubestimmungen der Bundesländer

Um allen Ingenieuren im Bereich der Planung, der Prüfung und der Verwaltung einen schnellen Zugang zu den jeweiligen Quellen der Landesbauverwaltungen zu ermöglichen, hat die Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüflingenieure mit Unterstützung der VPI-Landesvereinigungen eine Liste der aktuellen Bauvorschriften der Länder erstellt, die unter

www.bvpi.de ► Ingenieurbox
► Bauvorschriften
abrufbar ist.

Die Geschäftsstelle der BVPI bittet bezüglich dieser Liste alle Mitglieder und sonstig Interessierten, sie über eintretende Änderungen direkt zu informieren, sofern sie ihnen bekannt sind oder werden.

Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik
Dipl.-Ing. Momcilo Vidackovic
Kurfürstenstraße 129
10785 Berlin
Tel.: 030/3198914-10
Fax: 030/3198914-19
vidackovic@bvpi.de

In München, Dortmund, Hamburg, Frankfurt und Berlin

Beton-Verein lädt die Tragwerksplaner zu fünf Massivbau-Weiterbildungen ein

Themen sind die neuen Ausgaben von DIN 1055, DIN 1045 und DIN 4102-22

Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein (DBV) veranstaltet im November und bis Januar 2008 in fünf Großstädten Arbeitstagen für die Fortbildung der Tragwerksplaner im Massivbau. Sie sollen auf den aktuellen Stand der DIN 1055 (Einwirkungen auf Tragwerke), der DIN 1045 (Tragwerke aus Beton- Stahlbeton- und Spannbeton) und der DIN 4102-22 (Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen) gebracht werden.

Anlass für diese geballte Dichte von Weiterbildungsterminen ist dem DBV die geplante Neuausgabe von DIN 1045-1 auf Basis der A1-Änderung, die A2-Änderung von DIN 1045-2 und die Änderung der Tabelle 31 (Stützenheibemessung) in DIN 4102-22. Bei den Einwirkungsnormen DIN 1055 sind diverse Auslegungen zu Nutz-, Wind- und Schneelasten zu erläutern. Die Teilnehmer sollen unmittelbar für ihre tägliche Arbeit relevante Informationen und Beispiele erhalten.

Beide Hauptreferenten, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Konrad Zilch (TU München) und Dr.-Ing. Frank Fingerloos (DBV), waren an der Normungsarbeit beteiligt.

Die Termine sind:

- 16. November München,
- 23. November Dortmund,
- 30. November Hamburg,
- 07. Dezember Frankfurt und
- 18. Januar Berlin.

Als Gastreferenten werden in Dortmund Prof. Dr.-Ing. Reinhard Maurer (TU Dortmund), in Hamburg Dr.-Ing. Lutz Pisarsky (DBV) und in Berlin Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich erwartet.

Mitveranstalter sind die Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik (BVPI), der Verband Beratender Ingenieure (VBI) und die Bayerische Ingenieurekammer Bau.

Die Teilnahmegebühr beträgt 190 Euro und für Mitglieder der Kammer und der genannten Verbände 150 Euro.

Tel.: 030/23 60 96-32
 Fax: 030/23 60 96-34
 E-Mail: mrochen@betonverein.de
 www.betonverein.de

16. Bautechnisches Seminar am 14. November in Ratingen

Die Landesvereinigung der Prüfmgenieure für Baustatik in Nordrhein-Westfalen, der Landesverband NRW des Verbandes Beratender Ingenieure VBI und das nordrhein-westfälische Bauministerium führen am 14. November 2007 in der Stadthalle von Ratingen das 16. Bautechnische Seminar NRW durch.

Auf dem Programm stehen brandschutztechnische Nachweise für Bauteile und Tragwerke, die Tragfähigkeit bestehender bauli-

cher Anlagen, Rissbildungen in feuerverzinkten Stahlkonstruktionen, Anforderungen an moderne Fassaden (nebst ausgewählten Lösungen) und Informationen und Hinweise der Obersten Bauaufsichtsbehörde.

Die Teilnahme kostet 60 Euro (Bauaufsichtsbehörden: 30 Euro).
 Tel.: 0201/438 72-35
 Fax: 0201/438 72-10
 E-Mail: info@bvs-nrw.de
 www.vpi-nrw.de ► aktuell

Call for Papers:

Deutscher Energieberatertag

Die Bundesingenieurkammer und andere Verbände veranstalten am 9. April 2008 in Frankfurt/Main den 4. Deutschen Energieberatertag. Für diese Tagung können noch Beitragsvorschläge eingereicht werden, deren Kurzdarstellungen müssen bis zum 17. Dezember eingesandt worden sein. Alle Einzelheiten über die Tagungsbeiträge und über die Veranstaltung stehen unter www.energieberatertag.de

Enge deutsche Zusammenarbeit mit allen CEBC-Mitgliedern

Die BVPI treibt die Dokumentation von Bauschäden europaweit voran

„Eines der strategischen Ziele des BVPI-Vorstandes im Sinne des Mottos: ‚Lokal handeln – global denken‘ ist die Mitarbeit der BVPI in den für uns relevanten europäischen Gremien. Damit verschaffen wir unseren Gedanken Gehör, und wir nehmen die Erfahrungen und Absichten unserer europäischen Nachbarn zur Kenntnis.“

Mit diesem Satz hat der Geschäftsführer der BVPI, Diplomingenieur Manfred Tiedemann, seine Teilnahme an der jüngsten Sitzung des CEBC kommentiert, des European Consortium of Building Control, in dem Vertreter der Bauverwaltungen und Prüforganisationen der EU-Mitglieder vertreten sind. In halbjährlichem Rhythmus finden die CEBC-Konferenzen statt, in denen die besonderen fachlichen Fragen des jeweiligen Gastgeberlandes im Mittelpunkt stehen. Außerdem werden dort die

Ergebnisse der Arbeit der CEBC-Fachgremien behandelt, die sich mit folgenden Themen befassen:

- Energieeffizienz,
- Haftung,
- behindertengerechtes Bauen,
- Versicherungen,
- Konsequenzen der Klimaveränderung,
- Prüfungssysteme,
- Planungs- und Bauschäden.

Die letzte Konferenz fand am 15. und 16. Oktober 2007 in Helsingør (bei Kopenhagen) statt, die kommenden Termine in 2008 werden in Belgien und Lettland ausgerichtet.

Für die Bearbeitung eines neuen CEBC-Themas "Planungs- und Bauschäden" hat die BVPI die Leitung übernommen, die aktuellen Arbeiten wurden jüngst aufgenommen. Dafür war zunächst eine grundlegende Abstimmung über Terminologie und Ziele nötig. Erste Aufgabe wird es sein, europaweit die Quellen für Schadensmeldungen ausfindig zu machen und nach dem Vorbild der BVPI ein Formblatt für die Meldung von Planungs- oder Bauschäden für alle CEBC-Mitglieder in Europa zu entwerfen und bereitzustellen.

„Freudenstädter“ Arbeitstagungen der Prüfindgenieure in Baden-Württemberg

Die Arbeitstagung „Freudenstadt“ der Landesvereinigung der Prüfindgenieure in Baden-Württemberg hat dieser Jahr auch wieder in Baden-Baden stattgefunden und ist bei den Teilnehmern gut angekommen. Neben den obligatorischen fachlichen Themen bestand die Gelegenheit, mit der Politik und der obersten Bauaufsicht ins Gespräch zu kommen. Gerade im Hinblick auf unsere neue Normengeneration und die anstehenden Eurocodes. Zwischenzeitlich ist es auf Grund der Gespräche gemeinsam gelungen, drei Prüfindgenieure in die Spiegelausschüsse für die Bearbeitung der nationalen Anhänge zu entsenden. So besteht zumindest die Chance, gemeinsam eine Vereinfachung durch „Praxis-elemente“ zu erreichen.

Die bautechnischen Themen dieser „Freudenstädter“ Arbeitstagung befassten sich mit Erdbeben, Beton, Optimierung und Robustheit von Tragwerken sowie Materialwahl im Stahlbau und der in den letzten Jahren aufgetretenen Verzinkungsproblematik. Auch der Blick auf das „Beispiel Natur“ kam im Festvortrag „Bionik“ nicht zu kurz.

Die nächste Arbeitstagung findet am 27. und 28. Juni nächsten Jahres findet wieder in Baden-Baden statt. Eingeladen sind alle Prüfindgenieure in Deutschland und darüber hinaus auch interessierte Behördenvertreter sowie die Vertreter der Politik. Neben aktuellen technischen und wissenschaftlichen Vorträgen besteht auch bei

dieser Arbeitstagung wieder die Gelegenheit, im tagungs- und im gesellschaftlichen Ambiente Kontakte zu vertiefen, neue zu knüpfen und fachliche Gespräche zu führen. Gerade auch mit dem Blick auf Europa und die auf den Berufsstand zukommende Dienstleistungsrichtlinie ist es neben der Weiterbildung das Ziel der Tagung, in Gesprächen mit der obersten Bauaufsicht und der Politik ein positives Meinungsbild über die bautechnische Prüfung zu entwickeln.

Dr.-Ing. Frank Breinlinger

Telefon: 07461/184-0
 Telefax: 07461/184-100
 frank.breinlinger@breinlinger.de
 www.vpi-bw.com
 www.breinlinger.de

In der *Ingenieurbox* der BVPI-Website

Bundesvereinigung öffnet Internet-Datenbank mit harmonisierten Technischen Mitteilungen

Sie ist nach Fachgebieten geordnet und kann nach Bundesländern und Stichwörtern gefiltert werden

Die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) hat in der *Ingenieurbox* ihrer Website eine Datenbank eröffnet, in der – nach Fachgebieten und Bundesländern geordnet – länderübergreifend harmonisierte *Technische Mitteilungen* veröffentlicht werden, deren Inhalte und Gültigkeiten dem Suchenden über vorgegebene oder eigene Stichwörter erschlossen werden.

Sinn dieses Internet-Dienstes der BVPI ist es, dem Fachpublikum unter einer einheitlichen Datenbankstruktur jene *Technischen Mitteilungen* über bautechnische Vorschriften und Berechnungsverfahren auf unmittelbare Weise nutzbar zu machen, die mit dem Ziel von den Ländern erarbeitet und herausgegeben werden, eine einheitliche Umsetzung der eingeführten technischen Regeln zu erreichen und solche offene oder nicht einheitlich geklärte Fragen zu beantworten, die die bautechnische Prüfung betreffen.

Die Datenbankeintragen der BVPI betreffen vor allem jene

Technische Mitteilungen, die in mehreren Bundesländern zu jeweils den gleichen Themen parallel erarbeitet oder sogar mit gleichem Inhalt veröffentlicht worden sind. Solche fachlichen und inhaltlichen Doubletten waren für die BVPI der Anlass, die vorhandenen *Mitteilungen* zu sichten und in jeweils konkret abgestimmter Version in ihrer Datenbank zusammenzufassen. Die Parallel-Gültigkeiten einzelner Technischer Mitteilungen in mehreren Bundesländern sind in den Recherche-Ergebnissen der Datenbank der BVPI auf den ersten Blick erkennbar, weil jeder Datensatz in seiner Fußzeile anzeigt, in welchen Bundesländern

die gerade gesuchte und gefundene Vorschrift Gültigkeit hat.

Die Technischen Mitteilungen sind in der Regel mit den Bauaufsichtsbehörden abgestimmt, sie stellen aber nach Auskunft der BVPI keine verbindliche Festlegung dar, sondern sind als Empfehlungen für die ingenieurtechnische Arbeit zu verstehen.

Die Datenbank ist umso wichtiger, als die Harmonisierung immer weitergeht. Eine Reihe von Mitteilungen ist durch die neue Normengeneration bei den Lastannahmen und im Stahlbetonbau zurückgezogen worden oder derzeit in Überarbeitung. Zukünftige, neue Mitteilungen werden bereits im Vorfeld zwischen den Koordinierungsausschüssen in den Ländern abgestimmt und in die Datenbank aufgenommen.

Hessen: Wieder ein erfolgreiches Seminar für Tragwerksplaner

Zum 21. Fortbildungsseminar für Tragwerksplanung sind mehr als 800 Teilnehmer in die Friedberger Stadthalle gekommen. Eingeladen hatte die Vereinigung der Prüfsingenieure für Baustatik in Hessen zusammen mit dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung und der Ingenieurkammer Hessen.

Die Vorträge informierten über neue Normen und techni-

sche Entwicklungen im Bereich der Tragwerksplanung, des Brandschutzes, der Bauphysik und des Baurechtes. Mehrere Berichte über Schadensfälle rundeten das Bild ab. Dieses jährlich Anfang September stattfindende Tagesseminar dient aber nicht nur der Fortbildung, sondern auch dem Meinungsaustausch und der Kontaktpflege der hessischen, aber auch zahlreicher Ingenieure aus anderen Bundesländern.

In diesem Jahr wurde dem scheidenden Vorsitzenden der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure in Hessen, Dr.-Ing. Michael Heunisch, gedankt, der nicht weniger als 14 dieser Seminare vorbereitet und zum Erfolg geführt hat.

Das 22. Seminar wird Anfang September 2008 stattfinden.

Dr.-Ing. H. Deutsch

Weiterbildungsseminar und Zertifizierungslehrgang für Sachkundige Planer für Betoninstandsetzung

Auch nicht zertifizierte Ingenieure können daran teilnehmen

Am 24. November 2007 wird an der TU Braunschweig das zweite Weiterbildungsseminar für „Sachkundige Planer für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauteilen“ gemäß der entsprechenden Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) stattfinden. An dieser Veranstaltung können auch solche Ingenieure teilnehmen, die (noch) nicht zu den zertifizierten Planern gehören. Für das Frühjahr 2008 ist ein weiterer Lehrgang zur Vorbereitung der Zertifizierung von sachkundigen Planern vorgesehen.

Das Weiterbildungsseminar wird vom Arbeitskreis Betoninstandsetzung im Bau-Überwachungsverein (BÜV) organisiert. Er sorgt damit für die Fortsetzung der jährlichen Weiterbildung der zertifizierten sachkundigen Planer, die von der Zertifizierstelle des Deutschen Institutes für Prüfung und Überwachung (DPÜ-Zert) vorgesehen ist. Themen der diesjährigen Veranstaltung sind:

■ Zukunftsperspektiven der zertifizierten sachkundigen Planer,

■ Entwicklung der akkreditierten Personalzertifizierung im DPÜ,

■ Stand der Normung in der Betoninstandsetzung,

■ Anwendung der EN 1504,

■ Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken,

■ Problematik der Schichtdicken bei Oberflächenschutzsystemen.

Als Referenten konnte neben dem Referatsleiter Baustoffe der Bundesanstalt für Wasserbau, Diplom-Ingenieur Andreas Westdarp, auch wieder Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach vom Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) gewonnen werden, der gleichzeitig der Vorsitzende der Prüfungskommission der DPÜ Zert GmbH ist, und Dipl.-Chem. Peter Holdt und Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer.

Für das Frühjahr 2008 ist bei ausreichender Zahl von An-

meldungen ein weiterer Lehrgang für die Vorbereitung der Zertifizierung als „Sachkundiger Planer für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ vorgesehen. Auch dieser wird wieder an zwei Wochenenden (Freitag und Samstag) sowie abschließendem Prüfungstag (Sonntag) durchgeführt werden.

Da nach Auffassung des Arbeitskreises Betoninstandsetzung im BÜV die Zahl solcher Fortbildungsangebote in der Betoninstandsetzung relativ gering ist, die neben dem vielfältig abgedeckten Themenkreis der ZTV-Ing außerdem auch Hochbauten und Sondergebiete wie Wasserbau- oder Abwasserbauwerke umfassen, sind für diesen Zertifizierungslehrgang neben den zertifizierungswilligen Teilnehmern, die vorrangig behandelt werden müssen, auch Teilnehmer willkommen, die lediglich an der Fortbildung interessiert sind.

Anmeldungen zum Weiterbildungsseminar und Interessenbekundungen zur Teilnahme am Zertifizierungslehrgang werden erbeten an die

Bundesgeschäftsstelle des DPÜ
Kurfürstenstraße 129
10785 Berlin
Tel.: 030/3198914-30
Fax: 030/3198914-39

oder:

DPÜ-Zertifizierstelle GmbH
Frau Sabine Klever
Ferdinandstraße 38-40
20095 Hamburg
Tel.: 040/35009-290
Fax: 040/35009-490

Leistungskatalog für die Fachbauleitung im Brandschutz

Die Ingenieurkammer-Bau von Nordrhein-Westfalen hat einen Leistungskatalog mit Kriterien für die Fachbauleitung im Brandschutz herausgegeben, der, wie es im Vorwort heißt, „aus den Erfahrungen der täglichen Praxis heraus“ und unabhängig von den Besonderheiten des Baurechts der Länder Mindeststandards für die unterschiedlichen Aufgaben der

Fachbauleitung Brandschutz dokumentiert und überall im Bundesgebiet angewendet werden kann.

Er kostet eine Schutzgebühr von 10 Euro und kann bei der Ingenieurkammer bestellt werden:
Tel.: 0211/130 67-123,
Fax: 0211/130 67-156,
spangel@ikbaunrw
www.ikbaunrw.de

BÜV- und BVPI-Mitglieder gründen neue Vereinigungen für das Eisenbahnwesen: vpi-EBA und bvs-EBA

Weil die Prüfleistungen, die das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) bisher zu vergeben hatte, auf Anordnung des Bundesbauministeriums künftig von der DB AG beauftragt werden sollen, haben Mitglieder des Bauüberwachungsvereins BÜV und der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) in enger Abstimmung mit dem EBA und der DB AG zwei neue Vereine gegründet: die vpi-EBA und die bvs-EBA

Hintergrund dieser Vereinsgründungen ist das Pilotprojekt, mit dem die DB AG seit November 2006 in ihrem Bereich West schon geübt hat, was in absehbarer Zeit bundesweit eingeführt werden soll: die eigenverantwortliche Beauftragung der Prüfungen und Begutachtungen durch die DB AG bei gleichzeitiger stichprobenartiger Überwachung der Prüfer und Gutachter durch das EBA.

Die vpi-EBA versteht sich als Interessenvertretung aller Gutachter und Prüfer für den bautechnischen Bereich im Ei-

senbahnwesen. Neben der Kontakthaltung mit dem EBA und der DB AG werden die Weiterbildung und Information der Mitglieder eine große Rolle spielen.

Gleichzeitig und folgerichtig wurde auch eine Gesellschaft zur Bewertung und Verrechnung von Aufträgen für die Prüfung/Begutachtung eisenbahntechnischer Nachweise, die bvs-EBA, gegründet. Sie soll die Einhaltung der Gebührenordnung sicherstellen. Die durch beide neuen Organisationen garantierte Qualität und Honorarsi-

cherheit wird bei der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen und beim Bau-Überwachungsverein als große Chance für die Prüfsachverständigen angesehen.

Um vpi-EBA deshalb eine breite Basis zu schaffen, wird – auch auf Wunsch des EBA, das die Gründung der vpi-EBA ausdrücklich begrüßt und unterstützt – allen Gutachtern und Prüfern der Zugang zur vpi-EBA ermöglicht, die im Referat 21 des EBA zugelassen sind, also z. B. auch den Experten der Fachrichtungen Geotechnik und Oberbau.

Für Fragen steht die Geschäftsstelle der BVPI in Berlin zur Verfügung.
Tel.: 030/3198914-40
Fax: 030/3198914-49
info@bvpi.de
www.bvpi.de

Weltweite Publicity am BVPI-Informationsstand beim IABSE-Symposium in Weimar

An einem attraktiv aufgemachten Informationsstand hat die Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) anlässlich des Ingenieur-Symposiums der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE), das dieses Jahr vom 19. bis 21. September in Weimar durchgeführt worden ist, Besuchern aus der ganzen

Welt, vor allem aus dem europäischen Ausland (Niederlande, Italien, Kroatien etc.), und vielen Gästen aus Amerika, Asien und Afrika die Aufgaben und die Position des deutschen Prüfsachverständigen erläutert.

Von besonderem Interesse war die immer wiederkehrende Frage nach dem Wesen der Hoheitlichkeit der Tätigkeit der deutschen Prüfsachverständigen, womit die IAB-

SE-Veranstaltung auch als ideales Sprachrohr für die hoheitliche, präventive bautechnische Prüfung durch unabhängige, selbstständige Prüfsachverständigen in Deutschland diene.

Bei nahezu allen Besuchern war die Resonanz auf die verfügbaren Informationen durchweg positiv und bietet jetzt eine gute Möglichkeit für die zukünftige Kontaktpflege.

„Der Verbraucherschutz ist längst nicht mehr gewährleistet“

Bundesvereinigung der Prüfsingenieure fordert schärfere Brücken-Kontrollen

BVPI-Präsident Andrä: Immer mehr Bau-Pfusch gebietet die Beendigung des Deregulierungswahns

Die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) hat vor den Folgen für die Sanierung und damit für die Sicherheit von Brücken gewarnt, die von den insgesamt zurückgehenden Investitionen des Bundes in die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland ausgehen.

Am Rande ihrer diesjährigen Jahrestagung in Weimar sagte der Präsident der BVPI, Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä, es sei fahrlässig, die Investitionen für die Verkehrsinfrastruktur in den kommenden Jahren nicht auf den Bedarfsfall einzustellen und sogar weiter zu kürzen, obwohl eine Sanierungswelle für die Brücken bevorsteht. Schon heute würden viele Bauwerke nicht ausreichend überprüft und instand gesetzt, sagte Andrä. 15 Prozent der Autobahnbrücken hätten Mängel.

Mit Sorge beobachten die Prüfsingenieure auch die Diskussion über so genannte Gigaliner, also überdimensional lange Lkw-Züge. Es gebe bislang keine zuverlässigen Berechnungen darüber, wann die Grenzen der Belastbarkeit von Brücken erreicht seien. Andrä bezweifelt deshalb, dass normale Brücken das kräftig wachsende Güterverkehrsaufkommen in Verbindung mit Gigaliner aushalten könnten. Die Reserven der Tragfähigkeit und der Dauerhaftigkeit der Bauwerke seien, so Andrä, allmählich aufgebraucht.

Der Rückgang der Überwachung von Bauwerken sei auch in allen anderen Bereichen festzustellen. Die Prüfsingenieure fordern deshalb mehr Verbraucherschutz. „Bad Reichenhall scheint vergessen zu sein. Bund, Länder und Kom-

munen kontrollieren immer weniger“, erklärte der BVPI-Präsident. 52 Prozent aller Bauwerke, die unmittelbar nach dem Unglück in Reichenhall geprüft worden waren, hätten starke Mängel gehabt, berichtete Andrä. Aber auch im Ein- und Zweifamilienhausbau stieg in den letzten fünf Jahren bei Neubauten die Zahl der Schadensfälle um rund 30 Prozent. Im Ein- und Zweifamilienhausbau müsse in den nächsten fünf Jahren mit einer Welle von Folgeschäden gerechnet werden. Die Ursachen dafür seien, wie Andrä sagte, „immer mehr Pfusch und das Ergebnis des Deregulierungswahns in Deutschland“.

Andrä fordert deshalb Änderungen in der Gesetzgebung. Das Baurecht und der Verbraucherschutz dürften kein Widerspruch sein. „Der Staat hat die Verantwortung für Sicherheit. Wer deregulieren will, muss auch sicherstellen, dass die wenigen Vorschriften, die es noch gibt, auch eingehalten werden“, so der Präsident. Das politische Ziel, aus Kostengründen auf die Überprüfung und Überwachung vieler Bauten zu verzichten und die Verantwortung auf den Betreiber abzuwälzen, habe verheerende Folgen.

Hinzu komme ein starker Rückgang der fachkompetenten Mitarbeiter in den Bauämtern. Die Behörden achteten heute nur noch auf die Einhaltung der Bebauungs-

pläne. Ob das Gebäude überhaupt standsicher ist, werde nicht mehr überprüft. „Gebäudesicherheit darf nicht länger nur noch nach ökonomischen Gesichtspunkten beurteilt werden. Der Schutz des Verbrauchers muss oberste Priorität haben. Was bei Lebensmitteln selbstverständlich ist, muss auch für Gebäude gelten“, so Andrä.

Die Entwicklung in Deutschland steht im krassen Gegensatz zu der Entwicklung in den europäischen Nachbarländern. Während in Deutschland die Deregulierung einen Raubbau an der Qualität betreibt, kopieren immer mehr Länder das frühere deutsche Prüfwesen. Norwegen beispielsweise hat aus den Erfahrungen mit laxen Bauvorschriften mittlerweile Konsequenzen gezogen und die bautechnische Prüfung nach deutschem Vorbild eingeführt.

Just zu ungefähr dieser Zeit stürzte in Amerika eine Mississippi-Brücke ein, und der ADAC gab sein zum Teil unvorteilhaftes Urteil über deutsche Brücken ab. Beide Ereignisse waren den Medien in Deutschland Anlass, ausführlich sowohl über das eine, wie über das andere Problem zu berichten - und zwar unter fachkundiger Assistenz der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik und ihres Geschäftsführers, Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann. Er ist in jenen Tagen von gleich mehreren Zeitungsredaktionen und Fernsehsendern, unter ihnen auch von der Redaktion der ZDF-Sendung „heute“ in der besten 19-Uhr-Sendezeit, zum Thema Bauschäden und Brücken befragt worden, was er nutzte, um

dezent aber deutlich auch auf die Probleme der Prüfungeneure hinzuweisen. Die immer unsinniger sich auswirkende fortschreitende Deregulierung bautechnischer Vorschriften, der Preiswettbewerb um Leistungen, die einem aushandelbaren Preis per se nicht unterliegen sollten oder könnten und die immer weiter auch am Bau um sich greifende „Geiz-ist-geil“-Mentalität führten, so sagte Tiedemann den Journalisten in ihre Mikrophone und Stenogrammblocke, zu immer mehr Unsicherheit unter den Bauherren. Diese Probleme wüchsen sich langsam aber sicher von Problemen der Prüfungeneure zu Problemen der Allgemeinheit und der bauenden Öffentlichkeit aus, wie jederman an der ansteigenden Zahl und zunehmenden Schwere der Bauschäden von Jahr zu Jahr immer deutlicher feststellen könne.

Die besten dieser Sendungen und Artikel hat die BVPI auf ihrer Website zusammengefasst, und zwar gleich auf der 1. Seite unter www.bvpi.de ► Aktuelle Information.

Bundesvereinigung bereitet Brandschutz-Seminare für Eurocodes-Anwendung vor

Die Bundesvereinigung der Prüfungeneure für Bautechnik (BVPI) bereitet derzeit eine Reihe von Weiterbildungsseminaren vor, mit denen Prüfungeneuren und Prüfsachverständigen die Anwendung der Brandschutzteile der Eurocodes erklärt werden. Wissenschaftlicher und didaktischer Partner der BVPI ist dabei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hossler, Beratender Ingenieur, Prüfungeneur für Baustatik und seit 1986 Universitätsprofessor für Brandschutz und Grundlagen des Massivbaus an der TU Braunschweig.

Für diese neue Serie von Weiterbildungsseminaren werden nach Auskunft Hosslers zur

Zeit „mit erheblichem Aufwand“ neuartige Unterlagen erarbeitet, die neben Erläuterungen und Hintergrundinformationen über die Nachweisverfahren eine Vielzahl von Anwendungsbeispielen für alle Bauweisen enthalten werden. Sie sollen Tragwerksplaner und Prüfungeneure bzw. Prüfsachverständige in die Lage versetzen, brandschutztechnische Nachweise bei der täglichen Arbeit anwenderfreundlich und ingenieurtechnisch nachvollziehbar zu führen.

Über die Veranstaltungsorte und die Seminartermine wird die Bundesvereinigung alle Mitglieder rechtzeitig und ausführlich informieren.

Das Deutsche Institut für Bautechnik wurde für Typenprüfungen in Berlin anerkannt

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) ist als Bautechnisches Prüfamt für die Durchführung von Typenprüfungen in Berlin anerkannt worden. Wie das Institut in seinen Mitteilungen kürzlich berichtete, wurde die Anerkennung mit der 1. Änderungsverordnung der Bautechnischen Prüfungsverordnung (BauPrüfVO) des Landes Berlin vom 13. Februar 2007 vollzogen. Zum Leiter des Prüfamtes ist der Chef der Abteilung Konstruktiver Ingenieurbau des DIBt, Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft, bestellt worden, der das Prüfamt innerhalb des DIBt organisatorisch zugeordnet worden ist.

Begründet wird die Übernahme der neuen Aufgabe mit der Tendenz, Versuche durch Berechnungen zu ersetzen, weil Versuche einerseits zu teuer seien und zu lange dauerten und weil es andererseits immer bessere Berechnungsmethoden gebe. Da auch im Zulassungsverfahren bei statischen Berechnungen das Vier-Augen-Prinzip gefordert werde, heißt es in dem Bericht der DIBt-Mitteilungen, sei es erforderlich, im Zulassungsverfahren vom Antragsteller gelieferte statische Berechnungen zu prüfen. Diese Prüfung werde teilweise im DIBt durchgeführt, teilweise würden aber auch externe Experten, wie Prüfungeneure

oder Typenprüfungen anderer Prüfämter herangezogen.

Um hierbei Synergieeffekte erzielen zu können, sei es nur folgerichtig, heißt es in dem Bericht weiter, nun auch im DIBt selbst Typenprüfungen durchzuführen. Neben der eigenen Kompetenz in fast allen Bereichen des Bauens stehe dem DIBt für Sonderfragen auch das Netzwerk der über 600 externen Sachverständigen zur Verfügung. Weil außerdem in NRW, im Saarland und in Hessen die dortigen Prüfämter aufgelöst worden seien, gebe es einen zusätzlichen Bedarf an Prüfkapazität, die das DIBt nun anbieten könne.

Rechnerische Nachweise im Brandschutz – Zukunftsaufgabe für Prüfsingenieure

Die neuen Eurocode Nachweise für den baulichen Brandschutz können nur von erfahrenen Ingenieuren geführt werden

Weil mit den brandschutztechnischen Eurocode-Nachweisen das bisherige Sicherheitsniveau eingehalten werden muss, sollten sie nur von entsprechend ausgebildeten und erfahrenen Personen angewendet werden. Nachweise mit allgemeinen Rechenverfahren sind darüber hinaus wie statische Berechnungen für schwierige Tragwerke einzu-stufen und nach dem Vier-Augen-Prinzip zu prüfen. Hier eröffnet sich ein neues Betätigungsfeld für Tragwerksplaner und Prüfsingenieure. Sie sollen nachfolgend auf die Möglichkeiten und Probleme der rechnerischen Brandschutznachweise eingestimmt werden.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hossler



*Studium des Bauingenieurwesens an der TH Darmstadt; nach praktischen Tätigkeiten seit 1986 Universitätsprofessor für Brandschutz und Grundlagen des Massivbaus an der TU Braunschweig; seit 1986 Beratender Ingenieur für Bauwesen und Brandschutz, seit 1987 Prüfsingenieur für Baustatik, Inhaber eines Ingenieurbüros
d.hossler@tu-bs.de*

Dr.-Ing. Ekkehard Richter



Studium des Bauingenieurwesens an der TU Braunschweig; seit 1975 am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Projektleiter im Sonderforschungsbereich 148 „Brandverhalten von Bauteilen“; Mitarbeiter in nationalen und internationalen Normen- und Fachausschüssen (DIN, CEN, fib) e.richter@tu-bs.de

1 Einführung

Für die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen und Bauwerken des konstruktiven Ingenieurbaus werden künftig als europäisch harmonisierte technische Regeln die konstruktiven Eurocodes zur Verfügung stehen.

Neben dem übergeordneten Eurocode – EN 1990 – wurden dazu spezielle Brandschutzteile (Teile 1-2) zu den übrigen Eurocodes 1 bis 6 und 9 erstellt, die inzwischen auch als DIN EN-Normen erschienen sind. **Tab. 1** zeigt die von CEN herausgegebenen EN-Fassungen und die zugehörigen DIN EN-Fassungen mit dem jeweiligen Erscheinungsdatum und dem deutschen Titel.

Im Folgenden werden diese Normen entweder kurz als Eurocode 1 usw. oder als EN 1991-1-2 usw. zitiert (ohne Literaturverweis).

Die Brandschutzteile der Eurocodes dienen der allgemeinen Zielsetzung des vorbeugenden baulichen Brandschutzes, im Brandfall die Risiken für direkt betroffene Einzelpersonen und die Gesellschaft, für benachbarte Bauwerke und, falls erforderlich, für die Umgebung zu begrenzen.

Sie definieren die Einwirkungen im Brandfall und regeln die Berechnung und Bemessung von brandbeanspruchten Bauteilen und Tragwerken. Dabei dürfen nach dem Eurocode 1 Teil 1-2 als Brandbeanspruchung entweder nominelle Temperaturzeitkurven analog zu DIN 4102-2 [1a] oder berechnete Temperatur-Zeitverläufe von Naturbränden zugrunde gelegt werden.

In den baustoffbezogenen Eurocodes 2 bis 6 und 9 sind neben Nachweisen mittels tabellarischer Daten – die in Deutschland bisher überwiegend angewendet werden – auch allgemeine und vereinfachte Rechenverfahren geregelt, die sich eng an die Bemessung für die Gebrauchslastfälle bei Normaltemperatur anlehnen. Mit Hilfe der allgemeinen Rechenverfahren wird über eine vorgegebene Branddauer das

CEN-Norm	DIN-Norm	Deutscher Titel
EN 1991-1-2 November 2002	DIN EN 1991-1-2 September 2003	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke
EN 1992-1-2 Dezember 2004	DIN EN 1992-1-2 Oktober 2006	Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
EN 1993-1-2 April 2005	DIN EN 1993-1-2 Oktober 2006	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
EN 1994-1-2 August 2004	DIN EN 1994-1-2 November 2006	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
EN 1995-1-2 November 2004	DIN EN 1995-1-2 Oktober 2006	Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Bemessung für den Brandfall
EN 1996-1-2 Mai 2005	DIN EN 1996-1-2 Oktober 2006	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Allgemeine Regeln – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall
EN 1999-1-2 Februar 2007	DIN EN 1999-1-2 Mai 2007	Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall

Tabelle 1: Übersicht über die Originalfassungen und die deutschen Ausgaben der Eurocode-Brandschutzteile

tatsächliche Trag- und Verformungsverhalten brandbeanspruchter Bauteile und Tragwerke ermittelt, quasi als numerische Simulation von Realbrandversuchen.

Mit den vereinfachten Rechenverfahren wird nachgewiesen, dass Einzelbauteile den im Brandfall vorhandenen Lasteinwirkungen bei gleichzeitiger Brandbeanspruchung durch einen Normbrand vorgegebener Dauer standhalten. Dafür werden u. a. vereinfachte Annahmen für die Erwärmung der Bauteile und für die Beschreibung des Versagenszustandes im Brandfall getroffen.

Dort, wo Bemessungstabellen der DIN 4102-4 [1c] sinngemäß in die entsprechenden baustoffbezogenen Eurocodes übernommen wurden, ist die Gleichwertigkeit der harmonisierten europäischen Normen mit der bisherigen deutschen Praxis gegeben, so dass die Nachweise ohne Einschränkung zugelassen werden.

Bei den neuen rechnerischen Nachweisen muss sichergestellt werden, dass im jeweiligen Anwendungsbereich das bisherige brandschutztechnische Sicherheitsniveau eingehalten wird. Dazu gehört, dass diese Nachweise nur von solchen Personen angewendet werden, die über eine entsprechende Ausbildung und einschlägige Erfahrung verfügen. Die Nachweise mit allgemeinen Rechenverfahren sind darüber hinaus wie statische Berechnungen für schwierige Tragwerke einzustufen und grundsätzlich nach dem Vier-Augen-Prinzip zu prüfen.

Hier eröffnet sich ein neues Betätigungsfeld für Tragwerksplaner und Prüfengeure. Diese sollen mit dem vorliegenden Beitrag auf die Möglichkeiten, aber auch die Probleme der rechnerischen Brandschutznachweise eingestimmt werden.

Dabei werden die brandschutztechnischen und physikalischen Grundlagen nur soweit angesprochen, wie zum Verständnis der Zusammenhänge notwendig ist. Wer die passenden Nachweise auswählen und erfolgreich für die Bemessung einsetzen will, muss sich zuvor anhand der weiterführenden Literatur eingehender mit diesen Grundlagen auseinandersetzen.

2 Tragwerkseinwirkungen im Brandfall

2.1 Allgemeines

EN 1991-1-2 regelt die Rechengrundlagen zur Ermittlung der Temperatur- und Lasteinwirkungen. Der Brandfall wird dabei als ein außergewöhnliches Ereignis (accidental situation) angesehen, das nicht mit anderen, davon unabhängigen außergewöhnlichen Ereignissen zu überlagern ist. Auch zeit- und lastabhängige Einflüsse auf das Tragverhalten, die vor Auftreten des Brandfalls wirksam werden, müssen nicht berücksichtigt werden. Beispielsweise darf das Trag- und Verformungsverhalten von Betonstützen im Brandfall ohne Berücksichtigung von Kriech- und Schwindeinflüssen ermittelt werden, die bis zum Zeitpunkt der Brandbeanspruchung aufgetreten sind. Bei der brandschutztechnischen Bemessung ist es in der Regel nicht erforderlich, die Abkühlphase des Brandes zu berücksichtigen.

2.2 Thermische Einwirkungen

Die thermischen Einwirkungen auf Bauteile werden in Abhängigkeit von der (Heißgas-) Temperatur Θ_g in der Bauteilumgebung als Netto-Wärmestrom \dot{h}_{net} vorgegeben, der aus einem konvektiven Anteil und einem radiativen Anteil besteht:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \quad (1)$$

mit

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (\Theta_g - \Theta_m) \quad (2)$$

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4] \quad (3)$$

Darin bedeuten:

$\dot{h}_{net,c}$ konvektiver Anteil des Netto-Wärmestroms [W/m²]

$\dot{h}_{net,r}$ radiativer Anteil des Netto-Wärmestroms [W/m²]

α_c Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion [W/m²K]

Θ_g Heißgastemperatur in der Umgebung des Bauteils [°C]

Θ_m Oberflächentemperatur des Bauteils [°C].

Φ Konfigurationsfaktor (zur Berücksichtigung von Abschattungen) [-]

ε_m Emissivität der Bauteiloberfläche [-]

ε_f Emissivität des Feuers [-]

Θ_r Strahlungstemperatur der Umgebung [°C]

σ Stefan Boltzmann Konstante (= 5,67·10⁻⁸) [W/m²K⁴].

Vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend dürfen der Konfigurationsfaktor $\Phi = 1,0$ und die Strahlungstemperatur Θ_r gleich der Heißgastemperatur Θ_g gesetzt werden. Der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion darf auf der feuerabgekehrten Bauteilseite mit $\alpha_c = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen werden. Mit $\alpha_c = 9 \text{ W/m}^2\text{K}$ kann gerechnet werden, wenn die Wärmeübertragung durch Strahlung mit abgedeckt werden soll. Falls in den baustoffbezogenen Eurocodes keine anderen Angaben gemacht werden, darf $\varepsilon_m = 0,8$ gesetzt werden; für die Emissivität der Flamme gilt im Allgemeinen $\varepsilon_f = 1,0$.

Für die brandschutztechnische Bemessung werden verschiedene nominelle Temperaturzeitkurven zur Beschreibung der Heißgastemperatur Θ_g in Abhängigkeit der Branddauer t [min] mit dem jeweils zugehörigen Wärmeübergangskoeffizienten für Konvektion α_c vorgegeben.

Für die Heißgastemperatur Θ_g ist im Regelfall die Einheitstemperaturzeitkurve, die der ETK nach DIN 4102-2 [1a] entspricht, anzunehmen:

$$\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (4)$$

Dabei bedeutet t die Branddauer in Minuten. Für den konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten gilt $\alpha_c = 25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Unter bestimmten Randbedingungen, z. B. bei außerhalb eines Brandraumes liegenden Bauteilen bzw. Bauteiloberflächen, kann die Außenbrandkurve verwendet werden, die auch in DIN 4102-3 [1b] für Brüstungen und nichttragende Außenwände vorgegeben wird:

$$\Theta_g = 660 \cdot \left[1 - 0,687 \cdot e^{-0,32t} - 0,313 \cdot e^{-3,8t} \right] + 20 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (5)$$

mit dem konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten $\alpha_c = 25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Für Flüssigkeitsbrände kann die sog. Hydrocarbon-Brandkurve verwendet werden:

$$\Theta_g = 1080 \cdot \left[1 - 0,325 \cdot e^{-0,167t} - 0,675 \cdot e^{-2,5t} \right] + 20 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (6)$$

Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient beträgt in diesem Fall $\alpha_c = 50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Die drei nominellen Temperaturzeitkurven sind in **Abb. 1** dargestellt.

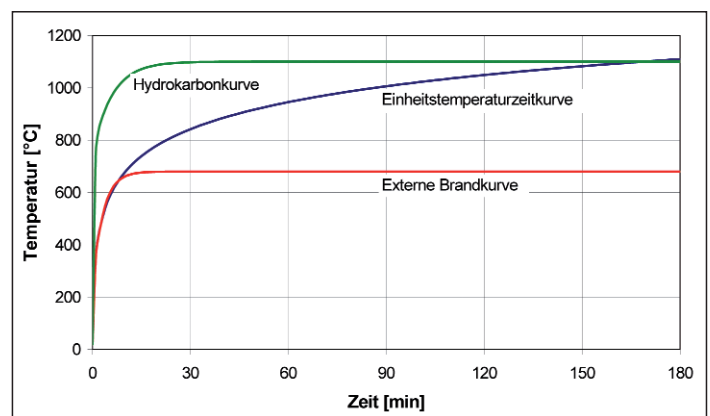


Abb. 1: Nominelle Temperaturzeitkurven nach Eurocode 1 Teil 1-2

Neben der Möglichkeit, die thermische Beanspruchung der Bauteile im Brandraum durch nominelle Temperaturzeitkurven zu beschreiben, bietet EN 1991-1-2 verschiedene Naturbrandmodelle an. Diese werden in informativen Anhängen näher beschrieben:

a) Vereinfachte Brandmodelle

- für Vollbrände, Beschreibung auf der Grundlage physikalischer Parameter
 - für innenliegende Bauteile (Anhang A) bzw.
 - für außenliegende Bauteile (Anhang B)
- für lokale Brände, Beschreibung mit Hilfe von Plume-Modellen (Anhang C)

b) Allgemeine Brandmodelle (Anhang D)

- Ein-Zonen-Modelle
- Zwei-Zonen-Modelle
- Feldmodelle.

Auf die Naturbrandmodelle zur realistischeren Beschreibung der Brandbeanspruchung kann hier aus Platzgründen nicht eingegangen werden; nähere Informationen finden sich z. B. in [2].

2.3 Mechanische Einwirkungen

EN 1991-1-2 unterscheidet zwischen direkten und indirekten Einwirkungen. Indirekte Einwirkungen infolge Brandbeanspruchung sind Kräfte und Momente, die durch thermische Ausdehnungen, Verformungen und Verkrümmungen hervorgerufen werden. Sie müssen nicht berücksichtigt werden, wenn sie das Tragverhalten nur geringfügig beeinflussen und/oder durch entsprechende Ausbildung der Auflager aufgenommen werden können. Außerdem brauchen sie bei der brandschutztechnischen Bemessung von Einzelbauteilen nicht gesondert verfolgt zu werden. Bei der Beurteilung der indirekten Einwirkungen sind besonders zu beachten:

- Zwangkräfte in Bauteilen, z. B. in Stützen mehrgeschossiger rahmenartiger Tragwerke mit aussteifenden Wänden,
- unterschiedliche thermische Ausdehnung in statisch unbestimmt gelagerten Bauteilen, z. B. durchlaufenden Decken,
- Eigenspannungen infolge thermischer Krümmungen,
- Auswirkungen thermischer Ausdehnung auf angrenzende Bauteile, z. B. Verschiebung des Stützenkopfes infolge thermischer Ausdehnung der Decke,
- Auswirkungen thermischer Ausdehnung auf Bauteile, die nicht vom Feuer beansprucht werden.

Für die Ermittlung der indirekten Einwirkungen sind die thermischen und mechanischen Materialkennwerte aus den baustoffbezogenen Eurocodes zu benutzen. Für den Fall, dass die indirekten Einwirkungen vernachlässigt werden, wird $E_{fi,d,t}$ (nach Gl. (7)) für den Zeitpunkt $t = 0$ berechnet ($A_d(t=0) = 0$)

Als direkte Einwirkungen werden die bei der Bemessung für Normaltemperatur berücksichtigten Belastungen (Eigengewicht, Wind, Schnee usw.) bezeichnet. Die maßgebenden Werte der Einwirkungen sind den verschiedenen Teilen der EN 1991 bzw. den zugehörigen Nationalen Anhängen zu entnehmen, wo auch allgemeine Regeln zur Berücksichtigung von Schnee- und Windlasten sowie Lasten infolge Be-

triebs (z. B. horizontale Kräfte infolge Kranbewegung) gegeben werden. Eine Verringerung der Belastung durch Abbrand wird nicht berücksichtigt.

Bei der Kombination von Einwirkungen im Brandfall darf berücksichtigt werden, dass es sich um eine außergewöhnliche Bemessungssituation handelt. Nach den Kombinationsregeln in EN 1990 [3] ergibt sich die maßgebliche Beanspruchung $E_{fi,d,t}$ während der Brandeinwirkung in der Regel (in allgemeiner Schreibweise) zu

$$E_{fi,d,t} = \sum \gamma_{GA} \cdot G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \sum A_d(t) \quad (7)$$

mit

G_k	charakteristischer Wert der ständigen Einwirkungen
$Q_{k,1}$	charakteristischer Wert der dominierenden veränderlichen Einwirkung
$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert weiterer veränderlicher Einwirkungen
$A_d(t)$	Bemessungswert der indirekten Einwirkungen
γ_{GA}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen (= 1,0)
$\psi_{1,1}, \psi_{2,i}$	Kombinationsbeiwerte nach EN 1990 bzw. dem zugehörigen Nationalen Anhang

Als Vereinfachung dürfen die Einwirkungen während der Brandbeanspruchung direkt aus den Einwirkungen bei Normaltemperatur abgeleitet werden:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} \cdot E_d \quad (8)$$

mit

E_d Bemessungswert der Einwirkungen nach EN 1991-1-1 [4] mit Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte γ_G für ständige und γ_Q für veränderliche Einwirkungen

$$\eta_{fi} = (\gamma_{GA} + \psi_{1,1} \cdot \xi) / (\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi) \quad (9)$$

Reduktionsfaktor, abhängig vom Verhältnis der dominierenden veränderlichen Einwirkung zur ständigen Einwirkung $\xi = Q_{k,1}/G_k$.

Abb. 2 zeigt die Auswertung der Gl. (9) für verschiedene Kombinationsbeiwerte $\psi_{1,1}$ und die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_G = 1,35$ und $\gamma_Q = 1,5$. In den baustoffbezogenen Eurocodes werden Werte für η_{fi} unter Berücksichtigung der für die jeweilige Bauweise typischen Lastverhältnisse ξ angegeben.

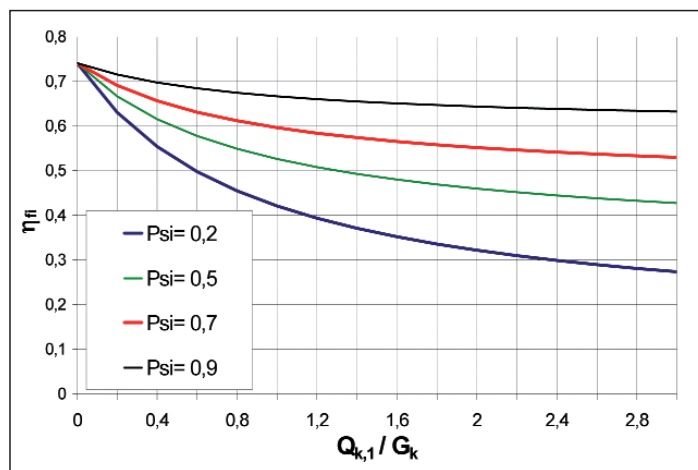


Abb. 2: Verhältnis zwischen den Bemessungswerten der Beanspruchung im Brandfall und unter normalen Nutzungsbedingungen in Abhängigkeit vom Verhältnis ξ zwischen der dominierenden veränderlichen Einwirkung $Q_{k,1}$ und der ständigen Einwirkung G_k

Analog zu Gl. (9) wird für die brandschutztechnische Bemessung mittels tabellarischer Daten folgendes Lastniveau zu Grunde gelegt:

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi} \cdot R_d \quad (10)$$

mit

R_d Bemessungswert des Bauteilwiderstands nach Teil 1 des jeweiligen Eurocodes

η_{fi} Lastniveau für die brandschutztechnische Bemessung.

3 Brandschutztechnische Nachweise

3.1 Allgemeines

Die Brandschutzteile der baustoffbezogenen Eurocodes sehen grundsätzlich brandschutztechnische Nachweisverfahren auf drei Stufen vor:

- mittels tabellarischer Daten (Nachweisstufe 1),
- mittels vereinfachter Rechenverfahren (Nachweisstufe 2) und
- mittels allgemeiner Rechenverfahren (Nachweisstufe 3).

Die Nachweisverfahren mittels tabellarischer Daten beschränken sich in der Regel darauf, die Querschnittsabmessungen des zu untersuchenden Bauteils (und z. B. bei Betonbauteilen den Achsabstand der Bewehrung) mit Werten zu vergleichen, die nach Brandversuchsergebnissen zum Erreichen der vorgesehenen Feuerwiderstandsdauer erforderlich sind.

Mit den vereinfachten Rechenverfahren wird in der Regel nachgewiesen, dass von einem Bauteil die im Brandfall maßgebenden Lasteinwirkungen nach Ablauf einer vorgeschriebenen Branddauer (Feuerwiderstandsdauer des Bauteils) aufgenommen werden können. Dafür werden u. a. Vereinfachungen bei der Ermittlung der Bauteiltemperaturen und der Beschreibung des Versagenszustandes im Brandfall getroffen.

Die allgemeinen Rechenverfahren ermitteln für eine vorgegebene Branddauer das tatsächliche Tragvermögen, ggf. auch das Verformungsverhalten der Bauteile. Sie bieten Lösungen für drei Probleme des baulichen Brandschutzes:

- 1) Ermittlung des Gleichgewichts- und Verformungszustandes eines Einzelbauteils zu beliebigen Zeitpunkten t bei vorgegebener Temperaturzeitkurve in der Bauteilumgebung, Belastung und Lagerung. Damit kann ein Brandversuch simuliert werden.
- 2) Ermittlung der von einem Einzelbauteil maximal aufnehmbaren Belastung (z. B. $N_{R,fi,d}$, $M_{R,fi,d}$) bei einer vorgegebenen Temperaturzeitkurve in der Bauteilumgebung nach einer bestimmten Brandeinwirkungsdauer.
- 3) Ermittlung des Gleichgewichts- und Verformungszustandes von Gesamt- oder Teiltragwerken aus mehreren Bauteilen bei lokaler Brandbeanspruchung, wobei sowohl nominelle Temperaturzeitkurven als auch natürliche Brandverläufe simuliert werden können.

Im Folgenden wird nur auf die Nachweisverfahren nach den Eurocodes 2 bis 5 eingegangen. Die Brandschutzteile des Eurocodes 6 (Mauerwerk), der für die nationale Anwendung weitgehend modifiziert werden muss, und des Eurocodes 9 (Aluminium), der für Deutschland weniger relevant ist, werden hier aus Platzgründen ausgespart.

3.2 Tabellarische Daten

Die Nachweisverfahren mittels tabellarischer Daten beschränken sich in der Regel darauf, die Querschnittsabmessungen oder Bekleidungsstärken eines Bauteils mit Werten zu vergleichen, die nach Brandversuchsergebnissen zum Erreichen der vorgesehenen Feuerwiderstandsdauer erforderlich sind. Sie entsprechen weitestgehend den bekannten Bemessungstabellen der DIN 4102-4 [1c].

Bemessungstabellen sind nur in den Brandschutzteilen der Eurocodes 2, 4 und 6 angegeben, die Brandschutzteile der Eurocodes 3, 5 und 9 enthalten

nur rechnerische Nachweisverfahren. Der Eurocode 5 stellt allerdings die erforderlichen Grundlagen für die Erstellung von Bemessungshilfen bereit. Grundsätzlich basieren die Tabellenwerte auf Ergebnissen von Berechnungen mit allgemeinen oder vereinfachten Rechenverfahren. Eine Interpolation zwischen den Werten ist erlaubt, eine Extrapolation über die untersuchten Bereiche hinaus ist nicht zulässig.

Die Bemessungstabellen sind ähnlich aufgebaut wie die Tabellen in DIN 4102-4 [1c]. In Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse werden Mindestwerte für die Querschnittsabmessungen, bei Stahlbeton-, Spannbeton- und Verbundbauteilen zusätzlich Mindestabstände der Bewehrung angegeben. Für Stahlbetonstützen, belastete Stahlbetonwände sowie für Verbundstützen und -träger geht als zusätzlicher Parameter der Lastausnutzungsfaktor ein.

EN 1992-1-2 enthält Bemessungstabellen für Stützen mit Rechteck- oder Kreisquerschnitt bei ein- und mehrseitiger Brandbeanspruchung, für nichttragende und tragende Wände, für Balken mit Rechteck- und I-Querschnitt bei drei- oder vierseitiger Brandbeanspruchung sowie für einachsige oder zweiachsige gespannte Platten, Durchlaufplatten, Flachdecken und Rippendecken.

In EN 1994-1-2 sind Bemessungstabellen für Verbundträger mit Kammerbeton und mit einbetoniertem Stahlquerschnitt sowie für Verbundstützen mit Kammerbeton, einbetoniertem Stahlquerschnitt und betongefülltem Hohlprofil angegeben.

Rechenvorschriften in EN 1992-1-2 ermöglichen bei statisch bestimmt gelagerten Stahlbetonbalken und -decken die individuelle Ermittlung der kritischen Temperatur sowie bei Stahlbetonstützen und belasteten Stahlbetonwänden die Bestimmung des aktuellen Lastausnutzungsfaktors. Für Bauteile aus hochfestem Beton können die Bemessungstabellen für Normalbeton verwendet werden, wenn die Mindestabmessungen mit einem empirischen Faktor erhöht und zusätzliche Vorkehrungen gegen Abplatzungen getroffen werden.

3.3 Vereinfachte Rechenverfahren

3.3.1 Allgemeines

Mit den vereinfachten Rechenverfahren wird in der Regel nachgewiesen, dass für die geforderte Feuerwiderstandsdauer t die maßgebenden Lastwirkungen $E_{fi,d,t}$ nach Eurocode 1 Teil 1-2 kleiner sind als der Bauteilwiderstand $R_{fi,d,t}$. Dafür werden u. a. Vereinfachungen bei der Temperaturermittlung für die Bauteilquerschnitte und bei der Beschreibung des Versagenszustandes im Brandfall getroffen.

3.3.2 Eurocode 2 Teil 1-2

Die in EN 1992-1-2 enthaltenen vereinfachten Rechenverfahren beschreiben die Verringerung der Tragfähigkeit von Bauteilen unter Brandbeanspruchung näherungsweise durch die temperaturabhängige Verkleinerung des Betonquerschnittes und die temperaturbedingte Reduzierung der Materialfestigkeiten. Die Verringerung des Betonquerschnittes berücksichtigt, dass die äußeren, dem Brand direkt ausgesetzten Betonbereiche zermürbt werden und nicht mehr mittragen. Der Tragfähigkeitsnachweis wird mit dem Restquerschnitt (Beton und Bewehrung) analog zum Nachweis für Normaltemperatur nach EN 1992-1-1 [5] geführt, allerdings werden die Festigkeiten von Beton und Bewehrungsstahl temperaturabhängig mit den Reduktionsfaktoren $k_c(\Theta)$ bzw. $k_s(\Theta)$ reduziert (**Abb. 3**).

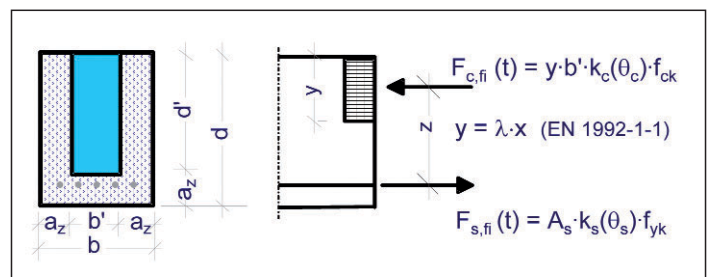


Abb. 3: Prinzip der Tragfähigkeitsberechnung mit brandreduziertem Betonquerschnitt und temperaturabhängig reduzierten Festigkeiten am Beispiel der Biegemomententragfähigkeit eines Stahlbeton-Rechteckquerschnitts

Zur Ermittlung der Querschnittstemperaturen von Wänden und Platten, Balken und Stützen mit üblichen Querschnittsformen bei Brandbeanspruchung nach der Einheitstemperaturzeitkurve werden im informativen Anhang A Diagramme mit Temperaturprofilen angeboten. Der reduzierte Betonquerschnitt und die temperaturabhängige Abminderung der Betonfestigkeit können mit vereinfachten Verfahren im informativen Anhang B bestimmt werden.

In den informativen Anhängen werden verschiedene vereinfachte Rechenverfahren angeboten, von denen in Deutschland voraussichtlich nur ein Verfahren für Stahlbetonquerschnitte mit Biegung und Längskraft und ein stark vereinfachtes Verfahren für statisch bestimmte gelagerte oder durchlaufende Balken und Platten angewendet werden dürfen.

Die vereinfachten Rechenverfahren eignen sich insbesondere für Bauteile, bei denen der vorhandene Achsabstand der Bewehrung oder die Querschnittsabmessung kleiner ist als der entsprechende Mindestwert aus den Bemessungstabellen und gleichzeitig die Tragfähigkeit bei Normaltemperatur nicht voll ausgenutzt wird.

3.3.3 Eurocode 3 Teil 1-2

Im Eurocode 3 Teil 1-2 werden vereinfachte Rechenverfahren für Einzelbauteile bereitgestellt, wobei der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{f,d,t}$ zum Zeitpunkt t üblicherweise mit der Annahme einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Querschnitt ermittelt wird. Ausgehend von der Tragfähigkeit bei Normaltemperatur nach EN 1993-1-1 [6] wird die Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung vereinfacht durch Abminderung mit einem Faktor $k_{y,t}(\Theta)$ ermittelt, der den temperaturabhängigen Festigkeitsabfall von Stahl berücksichtigt.

Zur Berechnung der Stahltemperaturen von unbekleideten und bekleideten Querschnitten im Gebäudeinneren werden Gleichungen angegeben, mit denen die Temperaturerhöhung $\Delta\Theta_{a,t}$ im Zeitintervall Δt ermittelt wird. Die Stahltemperaturen in Bauteilen außerhalb des Gebäudes können mit vereinfachten Ansätzen im informativen Anhang B ermittelt werden.

Wenn eine nicht gleichmäßige Temperaturverteilung im Querschnitt und entlang der Längsachse eines Bauteils berücksichtigt werden soll, kann der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit mit Anpassungsfaktoren κ_1 und κ_2 modifiziert werden.

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Bauteiltemperatur werden Gleichungen angegeben für folgende Einzelbauteile: Zugglieder, druckbeanspruchte Bauteile mit Querschnitten der Klasse 1 bis 3 (nach EN 1993-1-1), Träger mit Querschnitten der Klasse 1 bis 3, auf Biegung mit Axialdruck beanspruchte Bauteile der Querschnittsklassen 1 bis 3 sowie Bauteile mit Querschnitten der Klasse 4.

Die Bemessung bei Annahme einer gleichmäßigen Temperaturverteilung im Bauteil darf alternativ auf Temperaturebene durchgeführt werden durch Vergleich der Bauteiltemperatur mit einer kritischen Temperatur $\Theta_{a,crit}$, die vom Ausnutzungsgrad μ_0 zum Zeitpunkt $t = 0$ der Brandbeanspruchung abhängt.

3.3.4 Eurocode 4 Teil 1-2

In EN 1994-1-2 werden vereinfachte Rechenverfahren auf Grundlage der Plastizitätstheorie für geschützte und ungeschützte Verbunddecken, Verbundträger mit und ohne Kammerbeton, Stahlträger mit Kammerbeton und Verbundstützen bereitgestellt. Dazu werden jeweils Gleichungen für die Querschnittstragfähigkeit angegeben, z. B. die Biegemomenttragfähigkeit bei Verbunddecken und -trägern oder die Grenznormalkraft bei Verbundstützen unter Berücksichtigung der Knickgefahr. Darin werden die

im Brandfall mittragenden Querschnittsteile (Beton, Stahlprofil, Betonstahl) einzeln berücksichtigt.

Der Temperatureinfluss auf das Baustoffverhalten kann durch Verringerung der Querschnittsabmessungen und Reduktion der mechanischen Festigkeitseigenschaften erfasst werden. Nähere Angaben dazu enthalten die informativen Anhänge E (Träger ohne Kammerbeton) und F (Träger mit Kammerbeton).

In EN 1994-1-2 wird auch ein vereinfachtes Rechenverfahren für Verbundstützen in ausgesteiften Rahmen beschrieben. Bei diesem Verfahren wird die zentrische Grenznormalkraft in Abhängigkeit von einem bezogenen Schlankheitsgrad für den Brandfall durch einen Reduktionsfaktor gemäß EN 1993-1-1 [6] vermindert. Eine exzentrische Last kann nach Anhang G vereinfacht durch Umrechnung im Verhältnis der Grenznormalkraft bei exzentrischem Angriff zur Grenznormalkraft bei zentrischem Angriff jeweils für Normaltemperatur nach EN 1994-1-1 [7] erfasst werden.

3.3.5 Eurocode 5 Teil 1-2

Das Tragverhalten von Holzbauteilen bei Brandbeanspruchung wird – neben der Temperaturentwicklung im Querschnitt – vor allem durch den Abbrand der äußeren, dem Feuer direkt ausgesetzten Querschnittsbereiche beeinflusst. Für die Abbrandraten verschiedener Holzsorten (Vollholz, Brettschichtholz, u. a.) bei Normbrandbeanspruchung werden in EN 1995-1-2 jeweils zwei Bemessungswerte in mm/min angegeben:

- β_0 für die eindimensionale Abbrandrate
- β_n für die ideelle Abbrandrate unter Berücksichtigung von Eckausrundungen.

Typische Werte für β_0 liegen bei 0,65 bis 1,0 mm/min; β_n ist in der Regel 0,05 mm/min, bei Vollholz ausnahmsweise 0,15 mm/min höher. Bei einem anfänglichen Schutz der Oberflächen gegen Abbrand, z. B. durch eine Bekleidung, darf die Abbrandrate abgemindert werden.

EN 1995-1-2 bietet zwei vereinfachte Rechenverfahren für die Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit an. Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt wird der Ausgangsquerschnitt um die ideelle Abbrandtiefe reduziert, die gegenüber dem mit ideeller Abbrandrate berechneten Wert vergrößert wird, um Festigkeits- und Steifigkeitsverluste der unter der Abbrandgrenze liegenden Schicht zu kompensieren. Der ideelle Restquerschnitt darf dann mit den Festigkeits- und Steifigkeitswerten für Normaltemperatur analog zu EN 1995-1-1 [8] nachgewiesen werden.

Das zweite Verfahren, die Methode mit reduzierten Eigenschaften, darf für Rechteckquerschnitte aus Nadelholz bei drei- oder vierseitiger Brandbeanspruchung und für Rundhölzer aus Nadelholz bei allseitiger Brandbeanspruchung angewendet werden, die bei Normbrandbedingungen unter Biege-, Druck- oder Zugbeanspruchung stehen. Für die Biege-, Druck- und Zugfestigkeit und für den E-Modul werden in Abhängigkeit von einem Profilmfaktor (Umfang der beflamten Querschnittsteile p / Fläche A_p) des Restquerschnittes Abminderungsfaktoren $k_{mod,fi}$ angegeben.

Der informative Anhang E enthält für raumabschließende Konstruktionen in Holztafelbauweise ein vereinfachtes Verfahren zum Nachweis der Wärmedämmung zwecks Einhaltung des Temperaturkriteriums auf der dem Feuer abgewandten Seite.

3.3.6 Fazit

Mit den vereinfachten Rechenverfahren der Brandschutzteile der Eurocodes 2 bis 5 kann die Tragfähigkeit der Bauteile unter Normbrandbeanspruchung für eine Branddauer nachgewiesen werden. Die Nachweisverfahren liefern keine Aussagen über die im Brandfall entstehenden Verformungen. Der Raumabschluss und die Wärmedämmung (ΔT -Kriterium) können – mit Ausnahme des Eurocodes 5 – nicht nachgewiesen werden.

3.4 Allgemeine Rechenverfahren

3.4.1 Allgemeines

Allgemeine Rechenverfahren können für den brandschutztechnischen Nachweis von Einzelbauteilen, Teil- und Gesamttragwerken mit beliebiger Querschnittsart und -form und bei voller oder lokal begrenzter Temperaturbeanspruchung angewendet werden. Für den Nachweis werden Rechengrundlagen zur Ermittlung der Temperatur- und Lasteinwirkungen benötigt, die in EN 1991-1-2 geregelt sind. Weiterhin werden Angaben über die temperaturabhängige Veränderung der thermo-mechanischen Eigenschaften der Baustoffe (Wärmeleitfähigkeit, Festigkeit, thermische Dehnung usw.) benötigt. Dazu enthalten die Brandschutzteile der baustoffbezogenen Eurocodes jeweils im Abschnitt 3 mehr oder weniger detaillierte Angaben, die zum Teil in Anhängen ergänzt werden.

Der brandschutztechnische Nachweis wird in der Regel unterteilt in eine thermische und eine mechanische Analyse:

■ Im Rahmen der thermischen Analyse werden die Temperaturen im Bauteilquerschnitt berechnet. Da-

bei wird von den Heißgastemperaturen im Brandraum gemäß EN 1991-1-2 ausgegangen. Bei der Berechnung der Temperaturen im Bauteilquerschnitt müssen die temperaturabhängigen thermischen Materialkennwerte des Bauteilquerschnitts und – sofern vorhanden – der Schutzschichten berücksichtigt werden.

■ Im Rahmen der mechanischen Analyse wird das Trag- und ggf. auch das Verformungsverhalten der brandbeanspruchten Bauteile oder Tragwerke berechnet. Dabei müssen auf der Einwirkungsseite die Einflüsse aus der Belastung, behinderten thermischen Verformungen (Zwangkräfte und -momente) sowie gegebenenfalls aus nichtlinearen geometrischen Einflüssen berücksichtigt werden. Auf der Widerstandsseite gehen die temperaturabhängigen thermo-mechanischen Eigenschaften der Baustoffe und die thermischen Dehnungen ein. Das Tragverhalten nach dem Abkühlen des Tragwerks, die sog. Resttragfähigkeit im wieder erkalteten Zustand, wird in der Regel nicht betrachtet.

Die Anwendung der allgemeinen Rechenverfahren bedarf in Deutschland in jedem Einzelfall der Genehmigung durch die Bauaufsichtsbehörde. Die Nachweise müssen von einem für Brandschutznachweise qualifizierten Prüfenieur oder Prüfsachverständigen geprüft werden.

3.4.2 Thermische Analyse

Ausgehend von dem nach EN 1991-1-2 ermittelten Zeitverlauf der Heißgastemperatur Θ_g , werden die thermischen Einwirkungen auf Bauteile vereinfacht als Wärmestromdichte \dot{h}_{net} (vgl. Gln. (1) bis (3)) berechnet. In EN 1991-1-2 werden keine Angaben über die Gültigkeit der darin enthaltenen Vereinfachungen gemacht, wenn anstelle der Einheitstemperaturzeitkurve mit einem natürlichen Brandverlauf gerechnet wird. Bei experimentellen Untersuchungen der Wärmeübergangsbedingungen auf Bauteile im Brandfall [9] wurde festgestellt, dass der Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion α_c im natürlichen Brand zwischen 15 und 25 W/(m²K) und der Emissionsgrad ε der Heißgase in Abhängigkeit vom Brandverlauf zwischen 0,8 und 1,0 liegen kann. Die Werte weisen im natürlichen Brand wegen der unterschiedlichen Anordnung der Bauteile zu den Flammen, der unterschiedlichen Ausführung der Bauteiloberflächen und der unterschiedlichen Dichte der verrauchten Heißgasschicht größere Streuungen auf. Die Übertragung der für nominelle Temperaturzeitkurven gültigen Vereinfachungen auf natürliche Brandbeanspruchungen kann daher nur eine grobe Näherung sein.

Grundlage für die Berechnung der Temperaturverteilung in Bauteilen ist die Differentialgleichung

von Fourier (Gl. (11)) zur Beschreibung der instationären Wärmeleitung in Festkörpern. Dabei wird vorausgesetzt, dass keine Wärmequellen oder -senken im Körperinneren vorhanden sind.

$$\frac{\delta\Theta}{\delta t} = a \cdot \left(\frac{\delta^2\Theta}{\delta x^2} + \frac{\delta^2\Theta}{\delta y^2} + \frac{\delta^2\Theta}{\delta z^2} \right) \quad (11)$$

mit

Θ Temperatur [K]

t Zeit [s]

$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$ Temperaturleitzahl [m^2/s]

λ Wärmeleitfähigkeit [$\text{W}/(\text{mK})$]

ρ Rohdichte [kg/m^3]

c_p spezifische Wärme [$\text{J}/(\text{kgK})$]

x, y, z Raumkoordinaten [m]

Eine analytische Lösung für Gl. (11) lässt sich nur für den Sonderfall eines homogenen und isotropen Körpers mit eindimensionalem Wärmestrom und temperaturunabhängigen thermischen Materialeigenschaften finden. Zur Berechnung der Temperaturverteilung innerhalb brandbeanspruchter Bauteile aus Beton und Stahl müssen die temperaturabhängigen thermischen Materialeigenschaften Wärmeleitfähigkeit λ , spezifische Wärme c_p und Rohdichte ρ berücksichtigt werden. Damit ist die Zielgröße der Berechnung, die Temperatur, von temperaturabhängigen Eingangsparametern abhängig. Zur Lösung werden numerische Methoden wie die Finite Element Methode (FEM) oder die Methode der Finiten Differenzen mit Integrationsverfahren über die Zeitschritte eingesetzt. Für baupraktische Fälle werden dabei folgende Vereinfachungen getroffen:

- Die Temperatursausbreitung in Bauteillängsrichtung wird vernachlässigt. In stabförmigen Bauteilen wird die Temperatursausbreitung nur in der Querschnittsfläche (zweidimensional) und in flächigen Bauteilen nur über die Querschnittsdicke (eindimensional) berechnet.

- Wasserdampfbewegungen werden nicht erfasst.

- Beim Beton wird der Energieverbrauch für das Verdampfen von Wasser und sonstige Energie verzehrende Vorgänge vereinfacht über die Wahl des Rechenwertes für die spezifische Wärmekapazität des Betons im Temperaturbereich 100 – 200 °C berücksichtigt (Abb. 4).

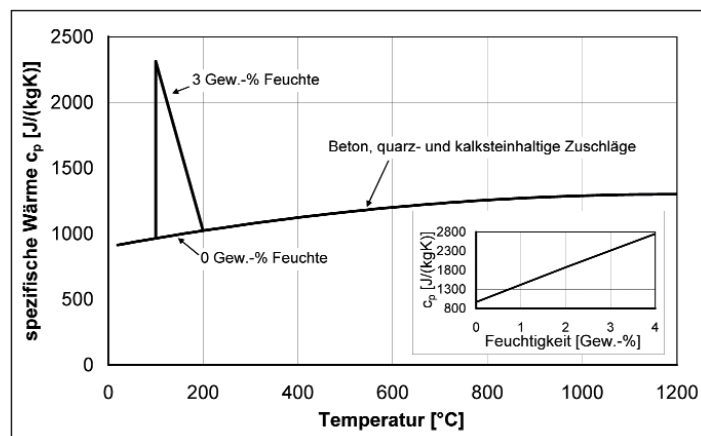


Abb. 4: Rechenwerte der temperaturabhängigen spezifischen Wärmekapazität von Beton

- Beton wird bezüglich seiner thermischen Materialeigenschaften als homogener Baustoff angesehen. Das heterogene Gefüge, Kapillarporen und Risse werden pauschal in den thermischen Materialgesetzen erfasst.

In die Berechnung der Temperaturverteilung gehen die Kennwerte für die thermischen Materialeigenschaften λ , c_p und ρ als charakteristische Größen X_k mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,fi}$ ein. Dabei muss unterschieden werden, ob eine Vergrößerung des Kennwertes die Sicherheit erhöht – dann gilt Gl. (12) – oder die Sicherheit verkleinert – hierfür gilt Gl. (13):

$$X_{fi,d} = \frac{X_{k,\Theta}}{\gamma_{M,fi}} \quad (12)$$

$$X_{fi,d} = X_{k,\Theta} \cdot \gamma_{M,fi} \quad (13)$$

Die charakteristischen Werte X_k werden im Allgemeinen als 5 %-Fraktile definiert, die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{M,fi}$ werden in den Brandschutzteilen der Eurocodes 2 bis 5 und in den zugehörigen Nationalen Anhängen einheitlich zu $\gamma_{M,fi} = 1,0$ festgesetzt.

Für die Berechnung der Temperaturverteilung in hochbautypischen Bauteilen können die folgenden Hinweise nützlich sein. Zusätzlich sind die Angaben in den Handbüchern der benutzten Programme zu beachten.

- Bei der Diskretisierung der Bauteilquerschnitte sollte die Größe der finiten Elemente der Temperaturverteilung angepasst werden. Im Bereich großer Temperaturgradienten – z. B. an den beflamten Querschnittsrändern – sollte eine feinere Diskretisierung als im Querschnittsinneren vorgenommen werden.

- Elementgrößen mit maximal 2 – 3 cm Kantenlänge sollten nicht überschritten werden.
- Die Länge der Elementseiten sollten im Verhältnis kleiner oder gleich 1:2 gewählt werden.
- Symmetriebedingungen hinsichtlich der Beflammung sollten ausgenutzt werden, um die Anzahl der Elemente zu begrenzen.
- Die Diskretisierung der thermischen und mechanischen Analyse sollten auf einander abgestimmt sein.
- Das Zeitintervall zur Berechnung der Temperaturverteilung sollte bei Stahlbeton-, Verbund- und unbekleideten Stahlquerschnitten ca. 2 – 5 Minuten und bei bekleideten Stahlquerschnitten weniger oder gleich 1 Minute betragen.
- Für Stahlbetonquerschnitte mit praxisüblichem Bewehrungsgehalt darf die Bewehrung bei der thermischen Analyse vernachlässigt werden. Die Temperatur in der Achse des Bewehrungsstabes entspricht in etwa der Temperatur im ungestörten Beton.

3.4.3 Mechanische Analyse

Ohne genauen Nachweis dürfen für den Reduktionsfaktor η_{fi} (vgl. Gl. (9)) die in **Tab. 2** aufgeführten Werte angesetzt werden.

Brandschutzteil der Eurocodes und NA	Reduktionsfaktor η_{fi}
2 und 4	0,7
3 und 5	0,65

Tabelle 2: Reduktionsfaktor η_{fi} zur Ermittlung der mechanischen Einwirkungen im Brandfall aus den Einwirkungen bei Normaltemperatur

Für Bauteile und Tragwerke wird der brandschutztechnische Nachweis in der Regel als

- Querschnittsanalyse und / oder
- Analyse des Systemverhaltens

durchgeführt. Dabei wird von der nach Abschnitt 3.4.2 berechneten Temperaturverteilung im Bauteilquerschnitt ausgegangen, zusätzlich werden die temperaturabhängigen Baustoffeigenschaften (Festigkeit, Elastizitätsmodul, thermische Dehnung) berücksichtigt.

In der Querschnittsanalyse wird die plastische Tragfähigkeit des Bauteilquerschnitts berechnet und mit der betreffenden Schnittgröße aus den im Brandfall maßgebenden mechanischen Einwirkungen verglichen, das Verformungsverhalten der Bauteile oder Tragwerke wird nicht berechnet. Ein typischer Anwendungsfall ist ein statisch bestimmt gelagerter Balken oder Träger, für den die über die Branddauer t

mit der Erwärmung des Querschnitts veränderliche Biegemomententragfähigkeit $M_{R,fi,d,t}$ und das Biegemoment in Feldmitte $M_{E,fi,d,t}$ gegenüber gestellt werden (**Abb. 5**):

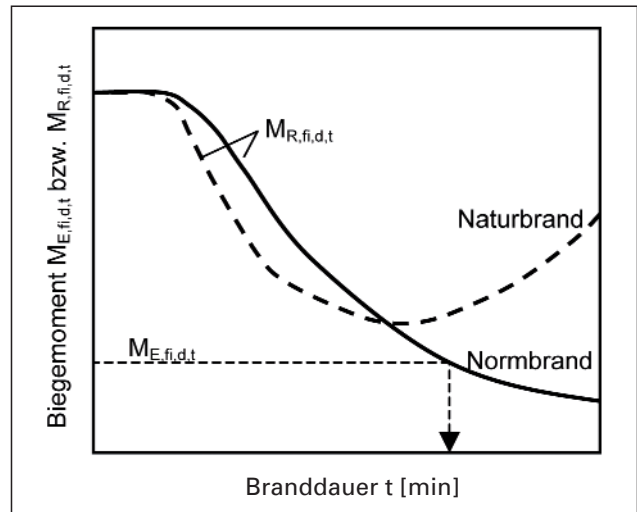


Abb. 5: Prinzipieller Verlauf der Biegemomententragfähigkeit und des Biegemomentes infolge der Einwirkungen im Brandfall bei einem statisch bestimmt gelagerten Balken

$$M_{E,fi,d,t} \leq M_{R,fi,d,t} \quad (14)$$

Bei der Analyse des Systemverhaltens eines Bauteils oder Tragwerks wird das Trag- und Verformungsverhalten unter Brandeinwirkung berechnet. Typische Anwendungen sind brandschutztechnische Bemessungen schlanker Druckglieder und statisch unbestimmter Systeme wie Rahmentragwerke und Durchlaufträger. In diesen Fällen hängt die Beanspruchung von den Verformungen des Bauteils oder Tragwerks ab, beispielsweise müssen bei schlanken Stützen die Einwirkungen nach Theorie 2. Ordnung und bei statisch unbestimmten Systemen die thermisch bedingten Zwangsschnittgrößen berücksichtigt werden.

Grundlage der brandschutztechnischen Bauteil- und Tragwerksanalyse sind die temperaturabhängigen Spannungs-Dehnungslinien und thermischen Dehnungen der Baustoffe. In den Abschnitten 3 der Brandschutzteile der Eurocodes 2, 3 und 4 sind alle wesentlichen Informationen zur temperaturabhängigen Veränderung der mechanischen Baustoffwerte enthalten. Zur numerischen Beschreibung temperaturabhängiger Spannungs-Dehnungslinien und der thermischen Dehnungen sind Gleichungen angegeben. Eingangsparemeter für die Berechnung der temperaturabhängigen Spannungs-Dehnungslinien sind die charakteristischen Werte (5 %-Fraktilen) der maßgebenden Festigkeiten f_{ck} , f_{yk} bzw. f_{ay} , beim Spannstahl wegen des Fehlens einer ausgeprägten Streckgrenze der Wert $0,9 \cdot f_{pk}$.

Exemplarisch sind in **Abb. 6** die temperaturabhängigen Spannungs-Dehnungslinien für Beton mit überwiegend quarzhaltigen Zuschlägen und in **Abb. 7** für kalt verformten Betonstahl (BSt 500 S) wiedergegeben. **Abb. 8** zeigt die thermischen Dehnungen für Beton, Betonstahl, Spannstahl und Baustahl.

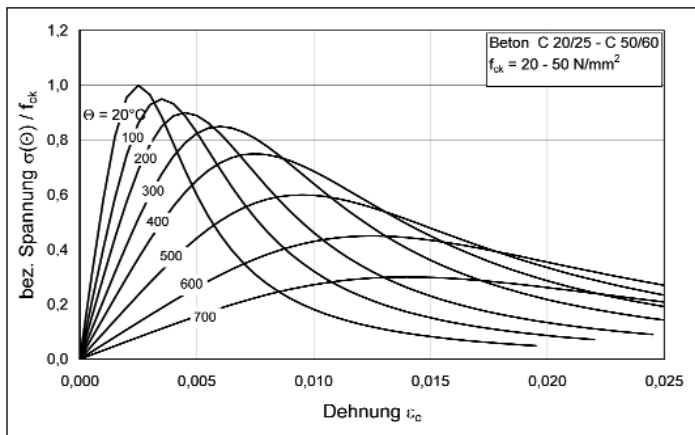


Abb. 6: Temperaturabhängige Spannungs-Dehnungslinien von Beton mit überwiegend quarzhaltigen Zuschlägen

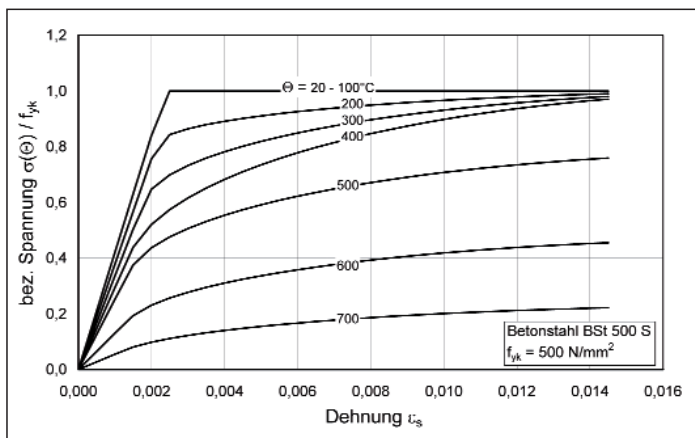


Abb. 7: Temperaturabhängige Spannungs-Dehnungslinien von kalt verformtem Betonstahl (BSt 500 S)

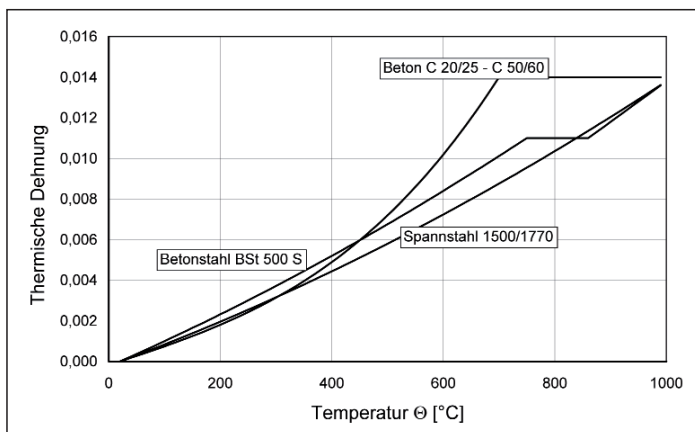


Abb. 8: Thermische Dehnung von Beton, Betonstahl, Spannstahl und Baustahl

Zur Ermittlung der Bemessungswerte werden die charakteristischen Werte durch die von den Streuungen der Baustoffkennwerte abhängigen Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{M,fi}$ dividiert:

$$X_{fi,d} = k_{\Theta} \cdot \frac{X_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (15)$$

mit

k_{Θ} temperaturabhängiger Reduktionsfaktor für Festigkeit und E-Modul des Baustoffs

$\gamma_{M,fi}$ Teilsicherheitsbeiwert für den entsprechenden Baustoff im Brandfall

Generell werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die thermo-mechanischen Baustoffkennwerte in den Brandschutzteilen der Eurocodes und den Nationalen Anhängen zu $\gamma_{M,fi} = 1,0$ gesetzt. In EN 1995-1-2 werden die Bemessungswerte der Festigkeit und des E-Moduls zusätzlich mit dem Modifikationsbeiwert für den Brandfall $k_{mod,fi}$ abgemindert.

4 Nationale Anwendung

4.1 Allgemeines

Für die Anwendung der Brandschutzteile der Eurocodes EN 1991-1-2 usw. in Deutschland sind zusätzlich die Nationalen Anhänge (NA) zu beachten. In den NA sind einerseits Festlegungen für die „national festzulegenden Parameter“ (englisch: NDP) zu treffen, für die in den Eurocodes Vorschlagswerte angegeben sind mit dem ausdrücklichen Hinweis auf eine mögliche Anpassung im Nationalen Anhang. Außerdem muss festgelegt werden, wie mit alternativ angebotenen Nachweismethoden zu verfahren ist, die hauptsächlich in informativen Anhängen zu den Eurocode-Teilen beschrieben sind.

Die Auswirkungen der in den Brandschutzteilen der Eurocodes geregelten Nachweisverfahren auf das brandschutztechnische Sicherheitsniveau wurden in verschiedenen Forschungsvorhaben im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) [10] bis [14] eingehend untersucht. Dabei wurden auch umfangreiche Vergleiche zwischen den vorgeschlagenen Bemessungsmethoden und Simulationen mit allgemeinen Rechenverfahren sowie Ergebnissen von Brandversuchen durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen und ihre Konsequenzen für die Anwendung der einzelnen Eurocodeteile

wurden in Arbeitsgruppen des DIN-Spiegelausschusses „Konstruktiver Brandschutz“ beraten. Auf dieser Grundlage wurden Entwürfe für die Nationalen Anhänge erarbeitet. Im Folgenden werden die Vorschläge für die nationalen Festlegungen zusammenfassend dargestellt.

4.2 Vorschläge für die Nationalen Anhänge

4.2.1 EN 1991-1-2

Bei brandschutztechnischen Nachweisen für Tragwerke im Hochbau ist grundsätzlich die Einheitstemperaturzeitkurve anzuwenden. Die Anforderungen an die zu berücksichtigende Branddauer werden in der anzuwendenden Landesbauordnung und hierzu erlassenen Verordnungen oder Richtlinien vorgegeben.

Zum Nachweis des Raumabschlusses bei nichttragenden Außenwänden und aufgesetzten Brüstungen darf als Brandbeanspruchung von außen die Außenbrandkurve (abgeminderte ETK) angesetzt werden. Für die Innenseite der Bauteile gilt die Einheitstemperaturzeitkurve.

Für Tragwerksteile von Hochbauten, die ganz vor der Fassade des Gebäudes liegen, darf ebenfalls die Außenbrandkurve angesetzt werden, sofern nicht die thermischen Einwirkungen nach Anhang B ermittelt werden.

Naturbrandmodelle dürfen im Einzelfall mit Zustimmung der Bauaufsichtsbehörde angewendet werden. Die Nachweise sind durch einen hierfür qualifizierten Prüferingenieur bzw. Prüfsachverständigen (nach Landesrecht) zu prüfen.

Ein vereinfachtes Naturbrandmodell für Raumbrände im Hochbau, das im informativen Anhang A beschrieben ist, darf in Deutschland nicht angewendet werden. Statt dessen kann ein im Anhang 1 zum Nationalen Anhang beschriebenes vereinfachtes Verfahren zur Ermittlung von Naturbrandkurven herangezogen werden.

Die Erwärmungsbedingungen von Bauteilen im Einflussbereich eines lokal begrenzten Brandes dürfen mit dem im informativen Anhang C gegebenen Verfahren berechnet werden.

Für die Anwendung allgemeiner Brandmodelle werden im informativen Anhang E Angaben zu Brandlasten und Energiefreisetzungsraten gemacht, die in Deutschland nicht angewendet werden dürfen. Die erforderlichen Eingangsdaten werden in Anhang 1 zum Nationalen Anhang in Verbindung mit einem übergreifenden Sicherheitskonzept für die Brandschutznachweise neu festgelegt.

4.2.2 EN 1992-1-2

Nach EN 1992-1-2 darf der Wert für die thermische Leitfähigkeit von Beton im Bereich zwischen unterem und oberem Grenzwert festgelegt werden. Für Deutschland gilt die obere Grenzfunktion.

Allgemeine Rechenverfahren dürfen nur in Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde für brandschutztechnische Nachweise von Einzelbauteilen, Tragwerken und Gesamttragwerken angewendet werden. Die Nachweise sind von einem hierfür qualifizierten Prüferingenieur zu prüfen.

Für den Reduktionsfaktor zur Ermittlung der mechanischen Einwirkungen im Brandfall gilt $\eta_{fi} = 0,7$.

Bei Durchlaufplatten muss die Stützbewehrung an jeder Stelle gegenüber der nach EN 1992-1-1 erforderlichen Stützbewehrung um $0,15 l$ verlängert werden, wobei l die Stützweite des angrenzenden größeren Feldes ist.

Die Regelungen für Bauteile aus hochfestem Beton werden zum Teil außer Kraft gesetzt, da sie nicht mit Erkenntnissen aus experimentellen und theoretischen Untersuchungen übereinstimmen.

Die in den informativen Anhängen beschriebenen alternativen Nachweisverfahren dürfen zum Teil in Deutschland nicht angewendet werden, da sie nationalen Erkenntnissen und Erfahrungen widersprechen. Die sogen. Zone-Methode für Querschnitte mit Biegung und Längskraft nach Anhang B sowie das vereinfachte Rechenverfahren nach Anhang E für biegebeanspruchte Balken und Platten dürfen ohne Einschränkung angewendet werden.

4.2.3 EN 1993-1-2

Erweiterte Berechnungsverfahren dürfen nur im Einzelfall mit Zustimmung der Bauaufsichtsbehörde angewendet werden und nur dann, wenn durch Validierungsberechnungen die richtige Erfassung der folgenden Punkte nachgewiesen wird:

- die maßgebende Versagensart des Tragwerkes,
- das temperaturabhängige Verhalten von Baustoffen und Bauteilen und
- die thermischen Dehnungen und Verformungen.

Vereinfachend darf angenommen werden, dass ein Bauteil mit einem Querschnitt der Querschnittsklasse 4 seine lastabtragende Funktion zum Zeitpunkt t eines gegebenen Brandes erfüllt, wenn die Stahltemperatur Θ_a an keiner Stelle des Querschnitts den Wert $\Theta_{crit} = 350 \text{ °C}$ erreicht.

Die in Anhang G angegebenen Materialeigenschaften und Berechnungsregeln dürfen nur für die Bemessung von Bauteilen aus den Stahlsorten 1.4301, 1.4401, 1.4571, 1.4003 und 1.4462 verwendet werden.

Bei der Bemessung von dünnwandigen Bauteilen mit Querschnitten der Querschnittsklasse 4 sind die Regeln des Anhangs E zu beachten.

Für die Bemessung von geschraubten und geschweißten Verbindungen darf alternativ zu den in EN 1993-1-2 angegebenen Regeln der Anhang D angewendet werden. Bei geschraubten Verbindungen mit kombinierter Beanspruchung aus Scher-/Lochleibung und Zug darf der Nachweis nach Anhang D mit abgeminderten Größen für die Grenzscherkraft und die Grenzzugkraft der Schrauben geführt werden.

4.2.4 EN 1994-1-2

Nach EN 1994-1-2 darf der Wert für die thermische Leitfähigkeit von Beton im Bereich zwischen unterem und oberem Grenzwert festgelegt werden. Übereinstimmend mit EN 1992-1-2 gilt für Deutschland die obere Grenzfunktion.

Allgemeine Rechenverfahren dürfen nur nach Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde für brandschutztechnische Nachweise von Einzelbauteilen, Tragwerken und Gesamttragwerken angewendet werden. Die Nachweise sind von einem hierfür qualifizierten Prüfer zu prüfen.

Als Knicklänge von Verbundstützen in horizontal ausgesteiften Tragwerken gilt der 0,5-fache Wert der Systemlänge L in einem Normalgeschoss bzw. der 0,7-fache Wert im Dachgeschoss (ohne obere Einspannung der Stützen). Das vereinfachte Nachweisverfahren gilt nicht für verschiebbliche Systeme.

4.2.5 EN 1995-1-2

Für den Reduktionsfaktor zur Ermittlung der mechanischen Einwirkungen im Brandfall gilt bei Nutzlasten der Kategorie E nach DIN EN 1991-1-2 der Abminderungsfaktor $\eta_{fi} = 0,7$, ansonsten ist $\eta_{fi} = 0,6$ zu verwenden.

Beide vereinfachte Rechenverfahren für die Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit – die Methode mit reduziertem Querschnitt und die Methode mit reduzierten Eigenschaften – dürfen in Deutschland angewendet werden.

Die informativen Anhänge A bis E mit erweiterten Nachweismöglichkeiten sollen ebenfalls für die nationale Anwendung freigegeben werden.

4.3 Weiteres Vorgehen

Die Entwürfe der Nationalen Anhänge werden zur Zeit in den Arbeitsgruppen zu den einzelnen Eurocode-Teilen abgestimmt, um dann im Spiegelausschuss „Konstruktiver Brandschutz“ beraten und als Normentwürfe verabschiedet zu werden. Anschließend erfolgt eine Abstimmung mit der gemeinsamen Arbeitsgruppe „Europäische Brandschutzbemessungsnormen“ der Fachkommissionen Bauaufsicht und Bautechnik der ARGEBAU. Sofern die obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder keine gravierenden Bedenken gegen die nationalen Festlegungen haben, werden die Nationalen Anhänge als Normentwürfe zur Veröffentlichung durch das DIN freigegeben. Voraussichtlich wird es eine ausreichende Frist für Stellungnahmen interessierter Fachkreise geben. Diese sollen während der Einspruchsfrist durch Publikationen und Workshops über die Brandschutzteile der Eurocodes, deren Grundlagen und Auswirkungen der Nachweise auf das brandschutztechnische Sicherheitsniveau der Brandschutzbemessungen informiert werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die Brandschutzteile der Eurocodes, die als europäisch harmonisierte Normen verabschiedet wurden und inzwischen auch in deutscher Ausgabe als DIN EN-Normen erschienen sind. Diese Normen werden die Brandschutzpraxis verändern, weil sie neben Nachweisen mit tabellarischen Daten, wie wir sie bisher aus der DIN 4102-4 gewohnt sind, auch vereinfachte und allgemeine Rechenverfahren regeln. Diese Verfahren können nur von qualifizierten Fachleuten angewendet werden. Da sich die rechnerischen Brandschutznachweise an den Tragwerksnachweisen für die Gebrauchslastfälle bei Normaltemperatur orientiert und zum Teil deren Ergebnisse weiter verwenden, sind die Tragwerksplaner hierfür prädestiniert. Allerdings müssen sie dazu die speziellen brandschutztechnischen und physikalischen Grundlagen beherrschen und entsprechende Erfahrung in deren Anwendung gesammelt haben.

Die Nachweise mit tabellarischen Daten (in den Eurocodes 2 und 4) und die vereinfachten Rechenverfahren unter Vorgabe einer nominellen Brandbeanspruchung nach der Einheitstemperaturzeitkurve zur Erfüllung bauordnungsrechtlicher Brandschutzanforderungen werden in Deutschland – bis auf einige Ausnahmen – ohne Einschränkungen zugelassen. Hingegen wird es bei den sogenannten allgemeinen Rechenverfahren (d. h. numerischen Simulationsverfahren) und bei der Definition der

Brandbeanspruchung mit einem Naturbrandmodell die Auflage geben, dass die betreffenden Nachweise nur im Einzelfall mit Zustimmung der Bauaufsichtsbehörde angewendet werden dürfen und durch einen hierfür qualifizierten Prüflingenieur bzw. Prüfsachverständigen (nach Landesrecht) zu prüfen sind.

Damit entsteht ein neues Betätigungsfeld für Prüflingenieure und Prüfsachverständige, auf das diese rechtzeitig vorbereitet werden sollten. Deshalb ist geplant, über die Bundesvereinigung der Prüflingenieure ab Anfang 2008 eine Reihe von Weiterbildungsveranstaltungen an unterschiedlichen Orten des Bundesgebietes zu organisieren, um den Mit-

gliedern die brandschutztechnischen Nachweisverfahren und ihre Hintergründe zu erläutern und die Anwendung an typischen Beispielen aus der Praxis zu üben.

Die Autoren bedanken sich bei den Federführenden der baustoffbezogenen Arbeitsgruppen im DIN-Spiegelausschuss „Konstruktiver Brandschutz“, insbesondere bei den Herren Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. G. Sedlacek (EC 3), Prof. Dr.-Ing. P. Schumann (EC 4) und Prof. Dr.-Ing. S. Winter (EC 5), für die aktuellen Informationen zu den Entwürfen der Nationalen Anhänge.

6 Literatur

- [1a] DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Teil 2: Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen. September 1977
- [1b] DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Teil 3: Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen. September 1977
- [1c] DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. März 1994
- [2] Hosser, D. (Hrsg.): Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes. Technischer Bericht vfdB TB 04/01, 1. Auflage Mai 2006. Altenberge, Braunschweig: vfdB, 2006
- [3] EN 1990: Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung. April 2002
- [4] EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau. April 2002
- [5] EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Dezember 2004
- [6] EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Mai 2005
- [7] EN 1994-1-1: Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Dezember 2004
- [8] EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. November 2004
- [9] Steinert, C.: Bestimmung der Wärmeübergangsbedingungen auf Bauteile im Brandfall. Abschlussbericht zum DFG-Vorhaben Ko 204 / 38-1. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Braunschweig, 1996
- [10] Hosser, D., Kampmeier, B., Zehfuß, J.: Überprüfung der Anwendbarkeit von alternative Ansätzen nach Eurocode 1 Teil 1-2 zur Festlegung von Brandschutzanforderungen bei Gebäuden. Schlussbericht zum DIBt-Vorhaben ZP 52-5-3.83-1041/03. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Braunschweig, Dezember 2004
- [11] Hosser, D., Richter, E.: Überführung von prEN 1992-1-2 in EN-Norm und Bestimmung der national festzulegenden Parameter (NDP) im Nationalen Anhang zu EN 1992-1-2. Schlussbericht zum DIBt-Vorhaben ZP 52-5-7.240-1132/04. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Braunschweig, Dezember 2006
- [12] Feldmann, M., Sedlacek, G., Heinemeyer, C.: Überführung in die EN-Fassung von Eurocode 3 Teil 1-2. Schlussbericht im Auftrag des DIBt. Lehrstuhl für Stahl- und Metallbau, Aachen, Oktober 2004
- [13] Schumann, P., Kettner, F., Ostheer, S.: Bestimmung der thermischen Materialkennwerte von Normalbeton für die brandschutztechnische Bemessung von Verbundbauteilen nach EC 4 Teil 1-2. Schlussbericht zum DIBt-Vorhaben P 32-5-17.13-1051/03. Institut für Stahlbau, Hannover, Juli 2004
- [14] Scheer, C., Winter, S., Peter, M., Meyn, W.: Überführung in die EN-Fassung von Eurocode 5 Teil 1-2 (Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten – Allgemeine Regeln: Bemessung für den Brandfall) – Überprüfung des Sicherheitsniveaus. Forschungsbericht zum DIBt-Vorhaben. Berlin, Februar 2005

Regelwerke, Prüfungen und Überwachungen im Konstruktiven Glasbau

Das materialgerechte Konstruieren mit Glas bedarf eines vollständigen Wissens über Produkte und Regeln

Glas wird schon lange nicht mehr nur als raumabschließendes Element verwendet, sondern erhält immer häufiger auch aussteifende und lastabtragende Funktionen. Weil aber dafür keine ausführliche Normung existiert, sind im Vorfeld solcher Anwendungen experimentelle Nachweise erforderlich. So besteht oftmals eine große Unsicherheit über den richtigen Umgang mit dem Baustoff Glas. Im Rahmen des folgenden Aufsatzes wird der Baustoff Glas deshalb mit seinen besonderen Eigenschaften charakterisiert. Neben den verwendbaren Bauprodukten werden die momentanen und zukünftigen Anwendungsregeln für die Berechnung und Bemessung dargestellt. Der Umgang mit aus öffentlich-rechtlicher Sicht nicht geregelten Bauprodukten und Bauarten wird abschließend erläutert.

*Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller
Dipl.-Ing. Kristina Härth
Dipl.-Ing. Jan Wünsch
Technische Universität Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen
Institut für Baukonstruktion*

1 Einführung

Sand, Soda und Kalk – hinter diesen unscheinbaren Hauptbestandteilen verbirgt sich ein Baustoff, der wie kein anderer in den letzten Jahren an Beliebtheit gewonnen hat: Glas. Es steht für Transparenz, Eleganz und Leichtigkeit, und damit ist auch die stetig wachsende Anwendung dieses Baustoffes in der Architektur zu erklären [1], [2], [3]. Dabei wird Glas schon lange nicht mehr nur als raumabschließendes Element verwendet, sondern es erhält aussteifende und lastabtragende Funktionen.

Glas steht aber auch für ein schwer einschätzbares Materialverhalten, für plötzliches Versagen und für hohe Verletzungsgefahr; Glas wird daher oft auch misstrauisch betrachtet. Zudem wird sein Einsatz durch den Umstand erschwert, dass im Gegensatz zu anderen Baustoffen keine umfassende Normung vorliegt und im Vorfeld vieler Anwendungen experimentelle Nachweise erforderlich sind.

So besteht oftmals große Unsicherheit über den richtigen Umgang mit dem Baustoff Glas. Im Rahmen dieses Aufsatzes wird der Baustoff Glas mit seinen besonderen Eigenschaften charakterisiert. Ne-



*Abb. 1: Great Court des British Museum, Architekten: Foster + Partners.
© Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden*

ben den verwendbaren Bauprodukten werden die momentanen und zukünftigen Anwendungsregeln für die Berechnung und Bemessung dargestellt. Der Umgang mit aus öffentlich-rechtlicher Sicht nicht geregelten Bauprodukten und Bauarten wird abschließend erläutert.

2 Materialgerechtes Konstruieren

Um mit Glas materialgerecht konstruieren zu können, muss man die besonderen Eigenschaften kennen, die Glas von anderen Baustoffen unterscheiden. Denn kein anderer Baustoff reagiert auf unsachgemäße Behandlung so unmittelbar und empfindlich wie Glas.

Laut Definition handelt es sich bei Glas um einen in seiner überwiegenden Masse nichtkristallinen, spröden, anorganischen, vorzugsweise oxidischen Baustoff. Die im Bauwesen verwendeten Gläser gehören der Gruppe der Silicatgläser an, darunter das am stärksten verbreitete Kalk-Natronsilicatglas. Aufgrund des fehlenden Kristallgitters erhält Glas seine besondere Eigenschaft der Transparenz, die silicatische Grundmasse verleiht ihm zudem Härte und Festigkeit. Allerdings führt sie auch zu einer weiteren charakteristischen Eigenschaft, die für den Einsatz als Baustoff einen gewissen Nachteil darstellt: die Sprödigkeit. Glas weist keinerlei plastisches Materialverhalten auf. Bis zum Erreichen seiner Bruchdehnung, die bei ca. 0,1% liegt, verhält es sich ideal-elastisch. Wird diese Grenze der elastischen Verformbarkeit nur geringfügig überschritten, kommt es zu schlagartigem Versagen. Der Bruch tritt plötzlich, ohne Vorankündigung ein, da keine plastischen Verformungen, wie beispielsweise bei metallischen Werkstoffen, zu beobachten sind [4].

Betrachtet man die Festigkeiten des Baustoffes Glas, der mit seinem spezifischen Gewicht von 2500 kg/m³ im Bereich des Stahlbetons liegt, so findet man eine hohe Druckfestigkeit, aber eine sehr geringe praktische Zugfestigkeit vor, die nicht einmal 10% der Druckfestigkeit erreicht. Dieser geringen praktischen Zugfestigkeit der Glasbauteile, auch als Makrofestigkeit bezeichnet, steht eine ungleich höhere Mikrofestigkeit des Werkstoffes Glas gegenüber. Die theoretische Zugfestigkeit, aus Atom- und Ionenbindungen der Glasstruktur berechenbar, beträgt bei Flachglas ca. 6500 bis 8000 MPa. Die praktische Zugfestigkeit oxidischer Basisgläser liegt jedoch zwischen 30 und 80 MPa. Verantwortlich für diesen enormen Unterschied sind Diskontinuitäten, Mikrorisse, Kerbstellen und Oberflächenfehler des Glases.

Dabei sind auch Größe der zugbelasteten Oberfläche, einschließlich der Kante, sowie Dauer der Belastung von Bedeutung, da die Häufigkeit von Oberflächendefekten und damit die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Kerbstelle an einer relativ hoch beanspruchten Stelle gemeinsam mit der Oberflächengröße zunimmt und die Defekte bei andauernder Belastung anwachsen. Kurzzeitige Spitzenbelastungen sind für Glas somit weniger problematisch als Dauerbelastungen geringerer Stärke. Oberflächenbeschädigungen entstehen bereits im Produktionsprozess und werden durch Weiterbearbeitungen und spätere mechanische Einwirkungen verstärkt [4], [5].

Um den Einfluss der Oberflächendefekte zu vermindern und somit die vergleichsweise geringe Zugfestigkeit des Baustoffes Glas zu erhöhen, werden die Verfahren der thermischen oder der chemischen Vorspannung angewendet. Dabei entstehen an den Oberflächen der Glasscheibe Druckspannungen, die bei Belastung durch Biegung zunächst überwunden werden müssen, so dass das Glasbauteil höheren Zugspannungen standhalten kann.

Bei den thermisch vorgespannten Gläsern wird zwischen zwei Glastypen unterschieden. Das voll vorgespannte Glas wird als Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) bezeichnet. Es zeichnet sich neben seiner höheren Festigkeit im Vergleich zu nicht vorgespanntem Glas durch ein krümeliges Bruchbild ohne scharfe Kanten aus, womit die Verletzungsgefahr erheblich gemindert wird.

Wird das Glas nicht voll vorgespannt, so spricht man von Teilvorgespanntem Glas (TVG). Dieses besitzt ebenfalls höhere Festigkeitswerte als Floatglas, erreicht aber nicht die des Einscheiben-Sicherheitsglases. Bei Bruch ergeben sich relativ große, scharfkantige Bruchstücke.

Eine weitere Möglichkeit der Festigkeitssteigerung bietet die chemische Verfestigung, die jedoch im Bauwesen nur eine untergeordnete Rolle spielt. Aufgrund hoher Kosten kommt sie nur in speziellen Fällen zur Anwendung, beispielsweise bei mehrfach gebogenen Gläsern, die nicht thermisch vorgespannt werden können.

Die Schwächen des Glases bezüglich seines spontanen Bruchverhaltens lassen sich ausgleichen, indem zwei oder mehr Glasscheiben mittels Kunststoffzwischen-schichten verbunden werden. Die Kopplung der einzelnen Gläser mit Folien verhindert bei Bruch einer oder mehrerer Scheiben das Totalversagen der Verglasung, stellt die Splitterbindung sicher und schafft somit die erforderlichen Sicherheitsreserven. Ein Austausch des Bauteils und eine Sicherung des betroffenen Bereichs werden möglich.

Das als Verbund-Sicherheitsglas (VSG) bezeichnete Glas wird unter Verwendung einer mit speziellen Eigenschaften versehenen Polyvinyl-Butyral-Folie (PVB) hergestellt. Aufgrund des großformatigen, verzahnten Bruchbildes, das zu einer guten Resttragfähigkeit führt, eignen sich vor allem TVG und Floatglas für diese Anwendung [4], [5].

Aufgrund der beschriebenen Eigenschaften sind bei der Konstruktion mit dem Baustoff Glas einige grundlegende Prinzipien zu beachten. So ist jeglicher Kontakt zwischen Glas und Werkstoffen gleicher oder größerer Härte unter Last oder Temperaturbeanspruchung zu vermeiden. Daher müssen beispielsweise im Auflagerbereich geeignete Zwischenmaterialien verwendet werden, um einen Kontakt zwischen Glas und der meist metallischen Unterkonstruktion zu verhindern.

Weiterhin stellt die Glaskante eine besonders sensible Stelle dar. Um sie vor harten Stoßbeanspruchungen zu schützen, die ein Versagen der gesamten Glasscheibe zur Folge hätten, sollte ein Kantenschutz vorgesehen werden oder die Konstruktion selbst die Kante so schützen, dass eine Beschädigung an dieser Stelle nicht auftreten kann. Zudem kann durch eine dem Zuschnitt nachfolgende Kantenbearbeitung die Qualität und Festigkeit der Kante gesteigert werden.

Sehr ungünstig wirken sich auch Zwangsbeanspruchungen auf eine Glaskonstruktion aus. Diese können beispielsweise durch Verformungen der Unterkonstruktion oder Temperaturbeanspruchungen entstehen. Je kleinformatiger und dicker und damit steifer eine Glasscheibe ist, umso empfindlicher reagiert sie auf Bewegungen der Unterkonstruktion. Eine zwängungsarme Lagerung ist in jedem Fall anzustreben. Bezüglich der Temperaturbeanspruchung von Glaskonstruktionen stellt vor allem die plötzliche Abkühlung, beispielsweise durch plötzlichen Schatteneinfall, einer zuvor durch Sonneneinstrahlung erhitzten, fest eingebauten Scheibe eine Gefahr dar, da hierbei Zugspannungen in der Oberfläche der Scheibe entstehen [4], [5], [6].

Die linienförmig geklemmte Lagerung von Glasscheiben stellt eine materialgerechte Variante der Auflagerung dar. Bei den zwei- bis vierseitig gelagerten Scheiben wird in der Regel von einer gelenkigen Lagerung, also einer freien Verdrehbarkeit über dem Auflager, ausgegangen. Durch entsprechende Materialien (beispielsweise Elastomerstreifen) als elastische Unterlage kann diese Lagerung gewährleistet werden. Da die Glasscheiben immer gegen abhebende Lasten zu sichern sind, muss unter Umständen auch eine teilweise Einspannung der Scheiben berücksichtigt werden.

Eine volle Einspannung der Glasscheiben ist eher selten, da sie für das spröde Material Glas nicht vorteilhaft ist. Sie kommt aber beispielsweise bei Glasbrüstungen zur Anwendung, die an der Stirnseite einer Geschossdecke durch Klemmung befestigt sind.

Da die linienförmige Lagerung oftmals durch eine verformbare Unterkonstruktion realisiert wird, stellt diese dann keine völlig starre Lagerung dar. Um große Verformungen der Glaskante zu vermeiden und keine zu hohen Zwangsbeanspruchungen in die Glasscheibe einzutragen, muss daher auch die Verformung der Unterkonstruktion begrenzt werden. Da große Randverformungen bei Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) zu Undichtigkeiten des Randverbundes führen können, ist auch hier eine Beschränkung der Randverformung notwendig.

Vor allem bei Überkopfverglasungen werden neben der reinen Tragfähigkeit auch die Schutzziele der Verkehrssicherheit maßgebend. Hierfür sind konstruktive Bedingungen einzuhalten, die das Herabfallen der Gesamtverglasung und großer Bruchstücke auf unterhalb gelegene Verkehrsflächen verhindern. Die vierseitig linienförmige Lagerung bietet bei Verwendung von VSG mit entsprechenden Glaseinständen und entsprechend dicker PVB-Folie ein sehr gutes Resttragfähigkeitsverhalten. Die PVB-Folie sorgt nach dem Scheibenbruch für eine entsprechend gute Splitterbindung [6], [7].

Die punktförmige Lagerung von Glasscheiben (siehe **Abb. 2**) bietet gegenüber der linienförmigen Lagerung den Vorteil einer filigraneren Glashaltekonstruktion. Sie kann mit oder ohne Durchdringung der Glasscheibe ausgeführt werden.

Häufiger anzutreffen ist die Variante mit Durchdringung der Glasscheibe. Die Glasscheiben werden durch Kunststoffzwischenhülsen oder ein Vergussmaterial vor dem Kontakt mit den durchdringenden Bolzen geschützt. Die Kraftübertragung erfolgt über Lochlaibung. Die Punkthalter werden in unterschiedlichen Ausführungen hergestellt. Prinzipiell kann man zwischen starren und gelenkigen Punkthaltern unterscheiden. Im Vergleich zu den linienförmig gelagerten Scheiben ergeben sich bei den punktförmig gelagerten deutlich kompliziertere Spannungszustände, die mit aufwendigeren Berechnungen verbunden sind.

Die größten Hauptzugspannungen bilden sich meist im Bereich der Bohrlöcher aus. Dies ist nicht unproblematisch, weil derartige lokale Spannungsspitzen vom Glas nicht umgelagert und plastisch abgebaut werden können. Sie stellen dadurch oft den Ausgangspunkt für ein Versagen der Glasscheibe dar. Daher sollten für punktförmig gelagerte Gläser nur vorgespannte Scheiben verwendet werden.

Der Spannungsverlauf ist aber auch stark von den Freiheitsgraden der Auflagerung abhängig. So bringen starre Punkthalter bei Verformung des Systems zusätzlich Biege- und Torsionsbeanspruchungen in die Scheibe. Gelenkige Punkthalter hingegen minimieren diese Zwängungsbeanspruchung der Scheibe – umso mehr, desto geringer der Abstand des Punkthaltergelenkes von der Mittelfläche der Glasscheibe ist.

Eine zusätzliche Anordnung von festen und verschieblichen Lagern in Scheibenebene ermöglicht in dieser Ebene eine statisch bestimmte Lagerung. Dies führt zudem zu einer besseren Ausnutzung der Tragfähigkeit der Glasscheibe, da nicht mehr die hohen Spannungskonzentrationen am Bohrloch bemessungsmaßgebend sind. Nicht immer lässt sich jedoch eine theoretisch statisch bestimmte Lagerung in der Baupraxis umsetzen, so dass neuere allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) den Ansatz von Zwangsbeanspruchungen bei der Berechnung und Bemessung fordern.

Auch die Beschaffenheit der Glasbohrung und die gewählten Zwischenschichtmaterialien haben einen Einfluss auf den Spannungsverlauf. So sollte die Bohrung, ebenso wie die Glaskanten einer Scheibe, nachträglich bearbeitet werden, um eine höhere Oberflächengüte an dieser Stelle zu erhalten [5], [6].

3 Regelwerke

3.1 Bauprodukte

Im Hinblick auf Bauprodukte aus Glas stellt sich für den Hersteller, den Verarbeiter und den planenden Ingenieur, bei der Fülle der zur Verfügung stehenden Verglasungen, die Frage des Nachweises der Verwendbarkeit. Darüber hinaus ist die Fachbauleitung bei der Dokumentation der Konformitäts- und Übereinstimmungsnachweise, der Überprüfung von vorgeschriebenen Kennzeichnungen auf der Verglasung sowie der Sicherstellung des korrekten Einbaus der Verglasung gefordert. Nachfolgend sollen die derzeit zur Verfügung stehenden Bauprodukte in die bestehenden baurechtlichen Rahmenbedingungen eingeordnet werden [8].

Die Musterbauordnung (MBO) [9] und deren Umsetzung in die Landesbauordnungen (LBO) regeln den Umgang mit Bauprodukten sowie Bauarten aufgrund der zu erreichenden Schutzziele. Bauprodukte und Bauarten lassen sich daraufhin in geregelte, nicht geregelte oder sonstige unterscheiden. In Abstimmung mit den Bundesländern und in Übereinstimmung mit dem Bauproduktengesetz (BauPG)

[10] und der Bauproduktenrichtlinie [11], [12], [13] werden vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) die Bauregellisten (BRL) A und B sowie die Liste C [14], [15] geführt. Diese enthalten öffentlich-rechtliche Bestimmungen zu den Anforderungen an Bauprodukte und Bauarten.

Darüber hinaus setzen die Bundesländer in der Regel die Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB) [16] in die Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) um. Hierin enthalten sind die Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten sowie Regeln für die Planung, Bemessung und Konstruktion baulicher Anlagen und ihrer Teile. Die Umsetzung der MLTB in den einzelnen Bundes-

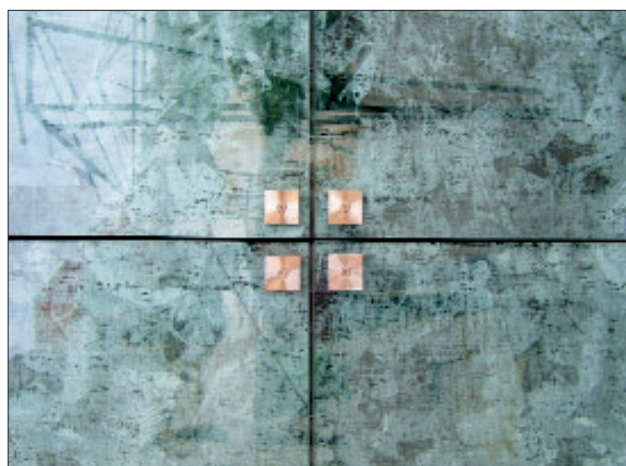


Abb. 2: Detail der punktförmig gelagerten Verglasung am Kulturspeicher Würzburg, Architekten: Brückner & Brückner. © Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

ländern kann zeitlich variieren. Dies kann im Bereich des Konstruktiven Glasbaus zu unterschiedlicher baurechtlicher Lage führen.

Derzeit findet im Bereich der geregelten Bauprodukte aus Glas der Übergang von der nationalen Normung hin zur Europäischen Normung statt. Die in BRL B bekannt gemachten harmonisierten Europäischen Normen (hEN) regeln den Nachweis der Brauchbarkeit nach dem BauPG für das jeweilige Bauprodukt und die Art des Konformitätsnachweises.

Dieser erfolgt durch den Hersteller und je nach zutreffendem System mit Hilfe anerkannter Stellen. Die Kennzeichnung der Konformität des Bauproduktes mit der zutreffenden hEN und der BRL B erfolgt mittels CE-Zeichen. Allerdings müssen Anwendungsnormen oder Anwendungsregeln in der LTB oder allgemein anerkannte Regeln der Technik für diese Bauprodukte existieren. Sind solche nicht vorhanden, wird die Verwendung dieser Bauprodukte als nicht geregelte Bauart gehandhabt. Der alleinige

Nachweis der Konformität mit einer in BRL B bekannt gemachten hEN ist also nicht als Nachweis der Verwendbarkeit zu verstehen [17].

Als technische Bestimmungen gelten ausschließlich die Regelungen der BRL A und der LTB. Der Verwendbarkeitsnachweis von Bauprodukten und Bauarten erfolgt als Übereinstimmungsnachweis mit den nationalen Anpassungen zur jeweiligen hEN nach BRL A oder LTB. Alternativ gelten übergangsweise noch nationale Normen und Richtlinien nach BRL A oder LTB. Die Übereinstimmungserklärung kann durch den Hersteller (ÜH-Verfahren) oder durch den Hersteller nach vorheriger Prüfung durch eine anerkannte Prüfstelle (ÜHP-Verfahren) erfolgen.

Ein Übereinstimmungszertifikat wird durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle (ÜZ-Verfahren) erteilt. Die Art des erforderlichen Übereinstimmungsnachweises ist in der BRL für das jeweilige Bauprodukt festgelegt. Die Kennzeichnung der Übereinstimmung hat gemäß der in den Ländern eingeführten Verordnung über das Übereinstimmungszeichen (ÜZVO) mittels Ü-Zeichen zu erfolgen [18].

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, den Verwendbarkeitsnachweis für nicht geregelte Bauprodukte oder für wesentlich von den Technischen Regeln abweichende Bauprodukte über allgemeine

bauaufsichtliche Zulassungen (abZ), Europäische Technische Zulassungen (ETZ) mit eventuell nationalen Verwendungsbeschränkungen, allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) oder eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) zu erbringen. Die nachfolgende **Tab. 1** soll eine zusammenfassende Übersicht der baurechtlichen Einordnung bieten [6], [19], [20].

Als geregelte Bauprodukte gelten gemäß MLTB in Zusammenhang mit der aktuellen Fassung der BRL A Teil 1, Ausgabe 2006/2 [14], [15] folgende Glasprodukte:

- Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas mit den Bezeichnungen Floatglas, poliertes Drahtglas, Ornamentglas und Drahtornamentglas nach EN 572-9:2004 [21];
- beschichtetes Glas nach EN 1096-4:2004 [22];
- thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach EN 12150-2:2004 [23];
- vorgefertigte absturzsichernde Verglasung nach TRAV [24], deren Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen bereits nachgewiesen wurde (TRAV, Abschnitt 6.3) oder rechnerisch nachweisbar ist (TRAV, Abschnitt 6.4).

Als Bauprodukt vorgefertigte absturzsichernde Verglasungen nach TRAV sind ausschließlich werk-

Bauprodukte nach MBO					
National					Europäisch
Geregelt ¹⁾	Nicht geregelt			Sonstige	Geregelt ²⁾
–	allgemein	keine erheblichen Anforderungen oder allgemein anerkannte Prüfverfahren	bauaufsichtlich untergeordnete Bedeutung		–
BRL A Teil 1 ³⁾	–	BRL A Teil 2	Liste C	allgemein anerkannte Regeln der Technik	BRL B
Technische Regeln	ZiE ⁴⁾ oder abZ ⁵⁾	abP ⁶⁾	kein Verwendbarkeitsnachweis	kein Verwendbarkeitsnachweis	Technische Regeln ⁷⁾ und Verwendungsbeschränkung
Übereinstimmungsnachweis ⁸⁾			kein Übereinstimmungsnachweis		Nachweis der Konformität ⁹⁾
Ü-Zeichen			kein Ü-Zeichen		CE-Zeichen
¹⁾ Bauprodukte, die von bekannt gemachten Regeln der Technik nicht oder nicht wesentlich abweichen. ²⁾ Bauprodukte nach Bauproduktengesetz (BauPG), Bauproduktenrichtlinien oder Vorschriften zur Umsetzung sonstiger Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft. ³⁾ BRL: Bauregelliste. ⁴⁾ ZiE: Zustimmung im Einzelfall. ⁵⁾ abZ: allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. ⁶⁾ abP: allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis. ⁷⁾ Nachweis der Brauchbarkeit nach § 5 BauPG. ⁸⁾ Durch Übereinstimmungsverfahren §§ 22 bis 25 MBO. ⁹⁾ Nachweis der Konformität nach § 8 BauPG.					

Tab. 1: Unterscheidung der Landesbauordnungen in geregelte, nicht geregelte und sonstige Bauprodukte. [6], [19]

seitig vormontierte Glashaltekonstruktionen mit Verglasungen definiert. Die Bauart „absturzsichernde Verglasungen nach TRAV“ wird über die MLTB bekannt gegeben [24].

Zusätzlich weist die MLTB, Fassung September 2006 [25], bereits auf die BRL A Teil 1, Ausgabe 2007/1 [26] hin. Beide lagen zur Zeit der Drucklegung dieses Artikels als Ankündigung vor. Darin werden zusätzlich die nachfolgenden Bauprodukte eingeführt:

- Mehrscheiben-Isolierglas nach EN 1279-5:2005 [27];
- heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach EN 14179-2:2005 [28];
- Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas nach EN 14449:2005 [29].

Als geregeltes Bauprodukt VSG gelten nur Verglasungen mit Zwischenschichten aus Polyvinyl-Butyral (PVB). Die PVB-Folien haben dabei eine Reißfestigkeit von mehr als 20 N/mm² und eine Bruchdehnung von mehr als 250% aufzuweisen [7], [14].

In BRL A Teil 1 findet sich auch weiterhin die Auflistung von Produkten nach bisherigen nationalen Produktnormen, deren Koexistenzperioden offiziell bereits beendet sind.

Zusätzlich sind nachfolgende Bauprodukte in BRL B, Ausgabe 2006/2 [14], [15], verzeichnet:

- Borosilicatgläser nach EN 1748-1-2:2004 [30],
- Glaskeramik nach EN 1748-2-2:2004 [31],
- teilvorgespanntes Kalknatronglas nach EN 1863-2:2004 [32],
- chemisch vorgespanntes Kalknatronglas nach EN 12337-2:2004 [33],
- thermisch vorgespanntes Borosilicat-Einscheibensicherheitsglas nach EN 13024-2:2004 [34],
- Erdalkali-Silicatglas nach EN 14178-2:2004 [35],
- thermisch vorgespanntes Erdalkali-Silicat-Einscheibensicherheitsglas nach EN 14321-2:2005 [36],
- Silikonklebstoff für geklebte Glaskonstruktionen nach ETAG 002, Teil 1 [37],
- geklebte Glaskonstruktionen nach ETAG 002, Teile 1 bis 3 [37], [38], [39].

Die Verwendung nach Technischen Bestimmungen (beispielsweise als linienförmig gelagerte

Verglasung) der in BRL B benannten Bauprodukte erfordert gemäß der MLTB für das jeweilige Bauprodukt einen getrennten Verwendbarkeitsnachweis, beispielsweise in Form einer abZ.

Eine Ausnahme stellt Teilvorgespanntes Kalknatronglas (TVG) dar, für das die MLTB die Verwendung nach Technischen Bestimmungen ermöglicht. Dabei gilt jedoch, dass es nur verwendet werden darf, wenn bei der Bemessung die für Floatglas geltende zulässige Biegezugspannung angesetzt wird. Zudem kann es nur als allseitig linienförmig gelagertes MIG mit einer Fläche von maximal 1,6 m² und als VSG mit einer Fläche von maximal 1,0 m² eingesetzt werden. Anderweitige Verwendungen gelten wiederum als nicht geregelte Bauart. Ein wirtschaftlicher Einsatz von TVG wird somit erst durch eine abZ möglich [16].

Eine Sonderstellung nehmen die in der TRAV [24] behandelten absturzsichernden Verglasungen ohne Nachweis der Stoßsicherheit ein. Für diese liegt mit der TRAV in Anlehnung an die EN 12600:2002 [40] ein allgemein anerkanntes Prüfverfahren vor, so dass das Bauprodukt in BRL A Teil 2 beziehungsweise die Bauart in BRL A Teil 3 geführt wird. Der Nachweis der Verwendbarkeit erfolgt mit Hilfe eines abP durch dafür anerkannte Prüfstellen.

3.2 Berechnung und Bemessung

3.2.1 Anwendungsregeln nach MLTB Fassung Februar 2006

Für die Berechnung und Bemessung im Konstruktiven Glasbau liegen momentan praktisch keine national eingeführten Normen vor.

Eine Ausnahme bilden die DIN 18516 Teil 4: „Außenwandbekleidungen, hinterlüftet; Einscheibensicherheitsglas; Anforderungen, Bemessung, Prüfung“ [41] sowie die DIN V 11535 Teil 1: „Gewächshäuser; Ausführung und Berechnung“ [42].

Auf nationaler und auch internationaler Ebene wird an der Erstellung von Normen für den Konstruktiven Glasbau gearbeitet, ein Termin für deren Einführung ist aber noch nicht in Sicht. Maßgeblich sind daher momentan zwei Richtlinien:

- die Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV) [7] und
- die Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV) [24].

Eingeführt sind diese beiden Richtlinien in den einzelnen Bundesländern in den Fassungen September 1998 (TRLV) und Januar 2003 (TRAV).



Abb. 3: Structural Glazing Fassade des BBC Scotland Headquarters,
Architekten: David Chipperfield Architects.
© Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

In der TRLV werden Verglasungen geregelt, die an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten durchgehend linienförmig gelagert sind. Die Verglasungen werden bis zu einer Neigung von 10 Grad zur Vertikalen als Vertikalverglasung, bei größerer Neigung oder wenn diese nicht ausschließlich kurzzeitig veränderlichen Einwirkungen unterliegen, beispielsweise Schneeanhäufung bei Sheddächern, als Überkopfverglasung eingeteilt. Nicht geregelt durch die TRLV werden geklebte Fassadenelemente (siehe **Abb. 3**), Verglasungen, die planmäßig zur Aussteifung herangezogen werden sowie gekrümmte Überkopfverglasungen.

Als zu verwendende Baustoffe werden in der TRLV Glaserzeugnisse nach den nationalen Produktnormen genannt. Diese Produktnormen sind jedoch seit Ende der Koexistenzperiode im September 2006 nicht mehr gültig. Deshalb kommen als Bauprodukte alle in BRL A Teil 1 genannten Produkte sowie alle nicht geregelten Produkte mit einem vorhandenen Verwendbarkeitsnachweis in Frage.

Allerdings findet sich eine Vielzahl von konstruktiven Bedingungen für den Einsatz der linienförmig gelagerten Verglasungen, so dass Einschränkungen innerhalb der TRLV bestehen. So wird beispielsweise darauf hingewiesen, dass bei bestimmten Einsatzbereichen von Vertikalverglasung (erhöhte Temperaturbeanspruchung, keine umlaufende Einfassung) anstelle von ESG nur heißgelagertes ESG (ESG-H) zu verwenden ist.

Bei Überkopfverglasungen ist insbesondere die Sicherheit von sich darunter befindlichen Verkehrsflächen zu gewährleisten. Dies erfolgt durch die Beschränkung auf VSG und Drahtglas für die der Ver-

kehrfläche zugewandten Glasscheibe oder durch Unterspannen der Glaskonstruktion mit einem Netz geringer Maschenweite. Die technischen und konstruktiven Bestimmungen können der Richtlinie entnommen werden [7], [43].

Die Bemessung linienförmig gelagerter Verglasungen nach TRLV erfolgt noch nach dem Konzept der zulässigen Spannungen. Zulässige Biegezugspannungen für die verwendbaren Bauprodukte finden sich in der Richtlinie und beinhalten bereits entsprechende Sicherheitsbeiwerte.

Daneben sind auch Angaben zu Durchbiegungsbegrenzungen zu finden. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass eine Bemessung nach TRLV für übliche Fensterformate und -konstruktionen nicht erforderlich ist. Um welche Formate und Konstruktionen es sich handelt, wird in der Richtlinie genau definiert [6], [7], [43], [44].

Bei Mehrscheiben-Isolierverglasung (MIG) sind bei der Bemessung Druckdifferenzen zwischen Scheibenzwischenraum und der Umgebung zu berücksichtigen, die sich aus Veränderung von Temperatur oder atmosphärischem Luftdruck sowie aus einer Differenz der geografischen Höhe zwischen Herstellungs- und Einbauort ergeben können.

Weiterhin ist die Kopplung der Einzelscheiben über das eingeschlossene Gasvolumen zu berücksichtigen. Eine Berücksichtigung der Schubkopplung über den Isolierglas-Randverbund ist jedoch nicht zulässig. Gleiches gilt für den günstig wirkenden Schubverbund von VSG und VG. Da bei einer Mehrscheiben-Isolierverglasung mit VSG der Schubverbund jedoch ungünstig wirken kann, ist hier eine Grenzbetrachtung mit vollem Schubverbund durchzuführen [6], [7], [43], [44].

Die TRAV stützt sich auf die TRLV, geht allerdings weiter und regelt eine spezielle Anwendung: Verglasungen, die gegen Absturz sichern.

Diese Verglasungen werden nach TRAV in drei Kategorien eingeteilt. Grob zusammengefasst sind das

- Vertikalverglasungen nach TRLV, die zusätzlich eine absturzsichernde Funktion erfüllen (Kategorie A, C2 und C3),
- tragende Glasbrüstungen mit durchgehendem Handlauf (Kategorie B) sowie
- Geländerausfachungen aus Glas (Kategorie C1).

Die verwendbaren Bauprodukte entsprechen denen der TRLV, innerhalb der einzelnen Kategorien werden jedoch Einschränkungen bezüglich der zu verwendenden Gläser gemacht [24], [45].

Beim Nachweis der Tragfähigkeit unter statischer Einwirkung nach TRAV, bei der die zulässigen Biegezugspannungen nach TRLV zugrunde liegen, wird als zusätzliche Einwirkung eine Holmlast nach Technischen Baubestimmungen berücksichtigt. Zusätzlich muss auch eine hinreichende Tragfähigkeit für den Fall eines Personenanpralls nachgewiesen werden.

Dieser Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartigen Einwirkungen kann auf eine von drei möglichen Varianten erbracht werden.

Generell besteht die Möglichkeit, den Nachweis der Stoßsicherheit als experimentellen Nachweis zu führen (siehe **Abb. 4**). In der TRAV sind zudem Verglasungen mit versuchstechnisch nachgewiesener Stoßsicherheit in Tabellenform aufgeführt. Diese aufgrund vorliegender Versuchserfahrungen nachgewiesenen Konstruktionen bilden die zweite Nachweismöglichkeit. Diese beschränken sich auf bestimmte Lagerungsarten, Glasaufbauten und -geometrien. Eine absturzsichernde Verglasung, die diesen Tabellen genügt, muss nicht weiter auf stoßartige Einwirkungen nachgewiesen werden.

Schließlich besteht als dritte Möglichkeit, einen vereinfachten rechnerischen Nachweis mittels Spannungswerten zu führen. Beide letzt genannten Nachweisformen gelten nur in Zusammenhang mit den technischen Bestimmungen der TRAV. Die TRAV regelt dabei nicht nur den Verglasungsaufbau sondern auch die Anforderungen an die Glashaltekonstruktion [6], [24], [44], [45].

3.2.2 Anwendungsregeln nach MLTB Fassung September 2006

Mit der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen, Fassung September 2006 [25], ergeben sich einige Neuerungen, die den Konstruktiven Glasbau betreffen. Diese Fassung der Technischen Baubestimmungen kann jedoch frühestens ab Mitte Oktober 2007 von den einzelnen Ländern umgesetzt werden, da nachträglich Änderungen in die Muster-Liste eingearbeitet wurden. Diese Änderungen der Muster-Liste betreffen jedoch nicht den Konstruktiven Glasbau. Da aber eine Umsetzung dieser Technischen Baubestimmungen in den einzelnen Ländern in naher Zukunft abzusehen ist, sollen die Neuerungen für den Konstruktiven Glasbau hier dargestellt werden.

Mit der Umsetzung dieser Technischen Baubestimmungen wird eine neue Fassung der TRLV (August 2006) [46] eingeführt. Diese ist in ihren Grundzügen mit der vorherigen Fassung vergleichbar, hat jedoch auch einige relevante Änderungen. In die Auflistung der verwendbaren Bauprodukte wurde das

Teilvorgespannte Glas (TVG) aufgenommen. Dieses muss eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzen, der auch die zulässige Biegezugspannung des jeweiligen Glases zu entnehmen ist. Damit darf nach TRLV auch VSG aus TVG nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung verwendet werden.

Eine weitere Veränderung ist, dass die Verwendungsmöglichkeit von monolithischem ESG ohne Heißlagerung deutlich eingeschränkt wurde. In der momentanen Fassung der TRLV [7] wird ESG-H nur für bestimmte Einbausituationen gefordert, in der neuen Fassung [46] muss ESG-H bei monolithischer Bauweise immer verwendet werden. Eine Ausnahme bilden lediglich Einbauhöhen unterhalb vier Metern, bei denen Personen nicht direkt unter die Verglasung treten können.

Neu in der TRLV sind auch zusätzliche Regelungen für begehbare Verglasungen. Damit gelten diese bei Einhaltung der Vorgaben der Richtlinie als geregelte Bauart, was bisher nicht der Fall war. Begehbare Verglasungen müssen aus mindestens drei Scheiben bestehen. Die Bemessung wird zum einen mit einer flächigen Nutzlast und zum anderen mit einer Einzellast an statisch ungünstigster Stelle durchgeführt. Weitere Änderungen in der TRLV sind konstruktiver Art; so dürfen Überkopferverglasungen aus VSG bis zu 30 cm über das linienförmige Auflager hinausragen. Die Sicherung gegen abhebende Lasten an linienförmigen Auflagern darf nach der neuen Richtlinie auch punktuell erfolgen.

Die zweite Neuerung, die den Konstruktiven Glasbau berührt, ist die Einführung einer bisher noch nicht vorhandenen Richtlinie, den Technischen Regeln für die Bemessung und die Ausführung punktförmig gelagerter Verglasungen (TRPV) [47]. Mit der



Abb. 4: Experimenteller Nachweis der Stoßsicherheit.
© Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

TRPV werden punktförmig gelagerte Verglasungen, die nur Einwirkungen aus ihrem Eigengewicht, Temperatur und normal zur Scheibenfläche erfahren, geregelt. Zur Aussteifung herangezogene, punktförmig gelagerte Verglasungen liegen außerhalb des Geltungsbereiches. Einschränkungen werden zudem in der Einbauhöhe (Oberkante maximal 20 m über Gelände) und der Glasscheibengröße (maximal 2500 mm × 3000 mm) gemacht.

Als punktförmige Halter, von denen mindestens drei pro Glasscheibe vorhanden sein müssen, können Randklemmhalter ohne Scheibendurchdringung und gebohrte Tellerhalter verwendet werden. Bei den zu verwendenden Glaserzeugnissen muss es sich um VSG aus ESG beziehungsweise ESG-H handeln oder um VSG aus TVG nach abZ. Über Randklemmhalter können zudem zweischeibige Isolierverglasungen punktförmig gelagert werden, solange mindestens eine Scheibe aus VSG und die andere aus VSG oder ESG-H besteht. Die Richtlinie regelt Vertikal- und Überkopfverglasungen. Punktförmig gelagerte begehbare oder bedingt betretbare Verglasungen gelten als nicht geregelte Bauart, bei absturzsichernden Verglasungen mit punktförmiger Lagerung ist wiederum die TRAV [24] zu beachten.

4 Prüfungen und Überwachungen

Nachfolgend soll auf Prüfungen und Überwachungen im Zusammenhang mit der Entwicklung und dem Nachweis nicht geregelter Bauprodukte und Bauarten eingegangen werden (**Tab. 2**). Auf Prüfungen, Überwachungen und Zertifizierungen im Rahmen des Konformitätsnachweises oder des Übereinstimmungsnachweises von Glaserzeugnissen soll dagegen hier nicht näher eingegangen werden.

Der Verwendbarkeitsnachweis nicht geregelter Bauprodukte beziehungsweise der Anwendbarkeits-

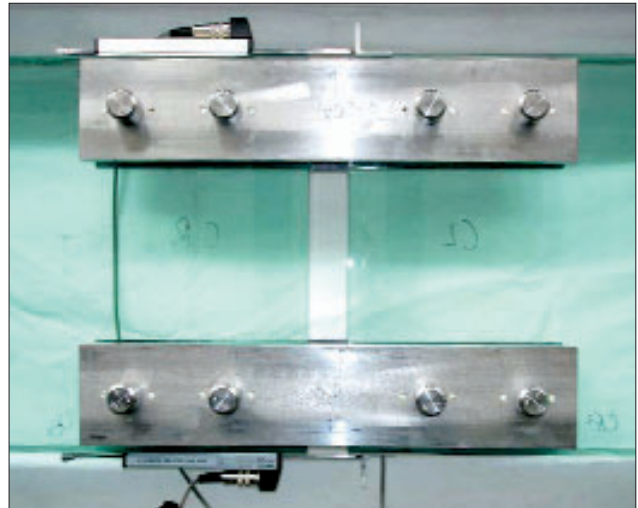


Abb. 5: Glasträgerstoß, für den ein experimenteller Nachweis der Tragfähigkeit erforderlich ist.
© Institut für Baukonstruktion, Technische Universität Dresden

nachweis von Bauarten kann im Konstruktiven Glasbau häufig über ein abP, eine ZiE oder eine abZ erfolgen. Durch diese Möglichkeiten können auch innovative, aber nicht geregelte oder von Technischen Bestimmungen abweichende Konstruktionen umgesetzt werden (**Tab. 3**).

Ein im Geltungsbereich der TRAV allgemein anerkanntes Prüfverfahren stellt der experimentelle Nachweis der Stoßsicherheit dar. Hierbei wird der Anprall eines menschlichen Körpers bei Sturz gegen die Verglasung simuliert.

Neben der Verglasung wird auch die Auflagerkonstruktion auf ihre Eignung hin bewertet. Anträge auf die Erteilung eines abP sind an Prüfstellen zu richten, die nach BRL A Teil 2 laufende Nummer 2.43 und BRL A Teil 3 laufende Nummer 2.12 akkreditiert sind.

Außerhalb des Geltungsbereiches der TRAV – als Beispiele seien hier Glasbrüstungen ohne Handlauf oder punktförmig geklemmte Verglasungen aus

	abZ, § 18 MBO ^{1), 3), 4)}	abP, § 19 MBO ^{1), 2)}	ZiE, § 20 MBO ^{1), 3)}
Zuständige Behörde	DIBt	Nach Landesbaurecht anerkannte Prüfstelle § 25 MBO	Oberste Bauaufsichtsbehörde
Geltungsdauer	5 Jahre ⁵⁾	5 Jahre ⁵⁾	Einmalig für beantragte Bauprodukte oder Bauarten

¹⁾ Vergleiche auch BRL A.
²⁾ Bauprodukte, deren Verwendung nicht der Erfüllung erheblicher Anforderungen an die Sicherheit baulicher Anlagen dienen oder Bauprodukte, die nach allgemein anerkannten Prüfverfahren beurteilt werden.
³⁾ Bauprodukte nach BauPG oder sonstigen Vorschriften der EU.
⁴⁾ Vorgehen analog in europäischen Ländern.
⁵⁾ In der Regel 5 Jahre mit der Möglichkeit zur Verlängerung um weitere 5 Jahre.

Tabelle 2: Verwendbarkeitsnachweise für nicht geregelte Bauprodukte und Bauarten.

Glaserzeugnis	Nachweisverfahren			Prüfverfahren
	abP ¹⁾	ZiE ²⁾	abZ ³⁾	
Absturzsichernde Verglasung ohne vorhandenen Nachweis der Stoßsicherheit nach TRAV	Ja	Nein	Nein	Durch die akkreditierte Prüfstelle, gemäß TRAV
Absturzsichernde Verglasung, abweichend von den technischen Bestimmungen der TRAV	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt, meist in Anlehnung an TRAV
Für Wartungs- und Reinigungsarbeiten bedingt betretbare Verglasungen	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt, meist in Anlehnung an GS-BAU-18 [48, 49]
Planmäßig begehbare Verglasungen, abweichend von den technischen Bestimmungen der TRLV ⁴⁾	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt, meist in Anlehnung an die Anforderungen an begehbare Verglasungen – Empfehlung für das Zustimmungsverfahren [50]
Linienförmig gelagerte Verglasungen, abweichend von den technischen Bestimmungen der TRLV	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt
Punktförmig gelagerte Verglasungen, abweichend von den technischen Bestimmungen der TRPV ⁵⁾	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt
Geklebte Glaskonstruktionen	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt
Sonderkonstruktionen, beispielsweise lastabtragende Glasbauteile	Nein	Ja	Ja	Nach Vorgaben der zuständigen obersten Baubehörde oder des DIBt

¹⁾ Antragstellung ist bei einer anerkannten Prüfstelle möglich.
²⁾ Antragstellung ist bei der zuständigen obersten Bauaufsicht des jeweiligen Bundeslandes möglich.
³⁾ Antragstellung ist beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) Berlin möglich.
⁴⁾ Bis zum Inkrafttreten der TRLV, Fassung August 2006, sind alle planmäßig begehbaren Verglasungen als unreguliert anzusehen.
⁵⁾ Bis zum Inkrafttreten der TRPV, Fassung August 2006, sind alle punktförmig gelagerten Verglasungen als unreguliert anzusehen.

Tabelle 3: Übersicht nicht geregelter Bauprodukte und Bauarten mit möglichen Verwendbarkeitsnachweisen und zugehörigen Prüfverfahren.

ESG genannt – wird eine abZ oder ZiE notwendig [24], [51].

Abgesehen vom experimentellen Nachweis der Stoßsicherheit in der TRAV sind keine weiteren allgemein anerkannten Prüfverfahren in den BRL und der MLTB für Verglasungen benannt. Für Verglasungen, die über ein Zustimmungsverfahren nachgewiesen werden sollen (siehe **Abb. 5**), ist deshalb frühzeitig die jeweilige oberste Bauaufsichtsbehörde einzuschalten.

Anhaltspunkte für das Zustimmungsverfahren werden von den jeweiligen Ländern in Form von Merkblättern oder in Form von Erlassen bekannt gegeben. Diese sind bei der jeweiligen obersten Bauaufsichtsbehörde erhältlich.

Die erforderlichen experimentellen Nachweise werden zwischen Baubehörde, Bauherrn, Planern, ausführenden Firmen und Prüfstelle abgestimmt. Im Rahmen von Zustimmungsverfahren können die obersten Bauaufsichten, zusätzlich zu den Prüfberichten einer anerkannten Prüfstelle, auch eine Gutachterliche Stellungnahme einer sachverständigen, privatrechtlich verantwortlichen Person anfordern. In

einer Gutachterlichen Stellungnahme werden die Versuchsergebnisse in Zusammenhang mit der Einbausituation im Einzelfall bewertet und Empfehlungen für die Ausführung abgegeben.

Abschließend sei an dieser Stelle noch auf notwendige Überwachungstätigkeiten bei der Montage von Glaserzeugnissen hingewiesen.

In der Muster-Verordnung über die Überwachung von Tätigkeiten mit Bauprodukten und bei Bauarten (MÜTVO) [52] wird in der laufenden Nummer 1 für den Einbau von punktgestützten, hinterlüfteten Wandbekleidungen aus ESG in einer Höhe von mehr als 8 m über Gelände eine Einbauüberwachung durch eine anerkannte Überwachungsstelle gefordert.

Auch im Rahmen einer abZ und ZiE können für punktförmig gelagerte Verglasungen Einbauüberwachungen erforderlich werden. Die Überwachungstätigkeit umfasst beispielsweise die Überprüfung von Geometrien, von Anzugsmomenten, der Lagerung der Punkthalter und von Tellergrößen oder die Untersuchung der Verglasungen auf Beschädigungen. Geklebte Glaskonstruktionen, insbesondere wenn diese auf der Baustelle ausgeführt werden sollen, können

ebenfalls die Forderung nach einer Einbauüberwachung hervorrufen.

5 Ausblick

Die Normung im Konstruktiven Glasbau befindet sich nach wie vor in einer Entwicklungsphase. Auf nationaler Ebene wird an der Erstellung der Normenreihe DIN 18008 „Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln“ gearbeitet. Diese Normenreihe legt Bemessungs- und Konstruktionsregeln sowie Vorgaben für erforderliche versuchstechnische Nachweise im Konstruktiven Glasbau fest und setzt sich aus den folgenden sieben Teilen zusammen:

- Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen
- Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen
- Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen
- Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen
- Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbbare Verglasungen
- Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Reinigungs- und Wartungsmaßnahmen betretbare Verglasungen
- Teil 7: Sonderkonstruktionen

Von diesen sieben Normteilen befinden sich die Teile 3 bis 7 noch in Vorbereitung, lediglich die Teile 1 und 2 wurden bereits im März 2006 als Entwurf der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Nach Ende der Einspruchsfrist im Juni 2006 wurde jedoch beschlossen, eine zweite Fassung der Norm-Entwürfe zu erarbeiten, um die Einsprüche zu berücksichtigen. Die erneute Vorlage dieser Norm-Entwürfe zur Prüfung und Stellungnahme wird daher in Kürze zu erwarten sein [53], [54], [55], [56].

Teil 1 [53] dieser Normenreihe beschreibt Grundlagen für alle darauf folgenden Normteile. So

werden neben allgemeiner Begriffsklärung auch die zu berücksichtigenden Einwirkungen, Spannungs- und Verformungsermittlung sowie die Nachweise beschrieben. Die grundlegende Änderung im Vergleich zu den bisherigen Richtlinien besteht darin, dass Nachweise zukünftig auch im Glasbau nach dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte geführt werden ($E_d \leq R_d$). Einige Materialkennwerte wie E-Modul, Querdehnzahl und Temperaturexpansionskoeffizient werden in der DIN 18008-1 angegeben, charakteristische Werte der mechanischen Festigkeit, wie bisher in der TRLV angegeben, werden hier allerdings nicht zu finden sein. Diese sind zukünftig der Bekanntmachung der Produktnormen in der Bauregelliste zu entnehmen.

In der Entwurfsfassung vom März 2006 war ursprünglich auch die Berücksichtigung eines Schubmoduls der PVB-Folie bei VSG bei kurzzeitigen Belastungen wie Wind sowie bei Stoßbelastung (voller Schubverbund) vorgesehen. Aufgrund von Einsprüchen wird diese Regelung jedoch in der neuen Entwurfsfassung nicht mehr vorhanden und eine Berücksichtigung des Schubverbundes bei VSG nach DIN 18008 nicht möglich sein.

Teil 2 [54] der Normenreihe ist an die TRLV angelehnt und regelt die linienförmig gelagerten Verglasungen. Hier finden sich die für diese Konstruktionsart verwendbaren Bauprodukte. Weiterhin werden spezifische, die Bauart betreffende Konstruktionsvorgaben in den einzelnen Normteilen zu finden sein.

Von der auf europäischer Ebene bearbeiteten Normenreihe EN 13474 „Glas im Bauwesen – Bemessung von Glasscheiben“ wurde bisher in Deutschland noch kein aktueller Entwurf veröffentlicht. Die Normen liegen lediglich als unveröffentlichte Fassung des Technischen Komitees TC129 aus dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) vor. Nach dieser Bemessungsnorm werden die Nachweise auch nach dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte geführt. Eine Aussage, wann ein Entwurf veröffentlicht wird, kann noch nicht getroffen werden. Eine Einführung in Deutschland ist in den nächsten Jahren noch nicht zu erwarten.

6 Literatur

- [1] Knaack U.: Konstruktiver Glasbau. Köln: Rudolf Müller 1998.
- [2] Knaack, U., Führer, W., Wurm, J.: Konstruktiver Glasbau 2. Neue Möglichkeiten und Techniken. Köln: Rudolf Müller 1998.
- [3] Schittich, C., Staib, G., Balkow, D., Schuler, M., Sobek, W.: Glasbau Atlas. 2. Auflage. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser 2006.
- [4] Petzold, A., Marusch, H., Schramm, B.: Der Baustoff Glas. Grundlagen, Eigenschaften, Erzeugnisse, Glasbauelemente, Anwendungen. 3. Auflage. Berlin: Verlag für Bauwesen 1990.
- [5] Wörner, J.-D., Schneider, J., Fink, A.: Glasbau. Grundlagen, Berechnung, Konstruktion. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur, Tokio: Springer 2001.

- [6] Weller, B., Tasche, S.: Glasbau. In: Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln. 32. Auflage. Herausgegeben von O. W. Wetzell. Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden: B. G. Teubner 2007. Seite 883-914.
- [7] Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV). Fassung September 1998. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 6/1998. Berlin: Ernst und Sohn 1998.
- [8] Schneider, H.: Stand der Normung im Glasbau. In: Tagungsband glasbau2005. Dresden: Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden 2005. Seite 23-34.
- [9] Musterbauordnung (MBO). Fassung November 2002. Berlin: Informationssystem Bauministerkonferenz 2002.
- [10] Bauproduktengesetz. Fassung April 1998. In: Bundesgesetzblatt Teil I, Jahrgang 1998, Nummer 25. Bonn: Bundesanzeiger Verlag 1998.
- [11] Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG). In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 40. Brüssel: 1989.
- [12] Richtlinie des Rates vom 22. Juli 1993 (93/68/EWG). In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 220. Brüssel: 1993.
- [13] Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. September 2003. In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 284. Brüssel: 1989.
- [14] Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C. Ausgabe: 2006/1. DIBt Mitteilungen, Sonderheft Nr. 33. Berlin: Ernst & Sohn 2006.
- [15] Änderungen der Bauregellisten A und B und der Liste C. Ausgabe: 2006/2. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 1/2007, Berlin: Ernst und Sohn 2007.
- [16] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB). Fassung Februar 2006. Berlin: Informationssystem Bauministerkonferenz 2006.
- [17] Reidt, A.: CE-Kennzeichnung – Neue harmonisierte Europäische Produktnormen für Bauprodukte aus Glas und ihre Anwendung in Deutschland. In: Tagungsband glasbau 2006. Dresden: Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden 2006. Seite 25-39.
- [18] Muster einer Verordnung über das Übereinstimmungszeichen (Muster-Übereinstimmungszeichen-Verordnung – MÜZVO). Fassung Oktober 1997. Berlin: Informationssystem Bauministerkonferenz 1997.
- [19] Reidt, A.: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Glaserzeugnisse. In: Tagungsband glasbau2004. Dresden: Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden 2004. Seite 7-18.
- [20] Reidt, A.: Europäisch Technische Zulassungen. In: Tagungsband glasbau2005. Dresden: Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden 2005. Seite 5-22.
- [21] DIN EN 572-9, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas – Teil 9: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 572-9:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [22] DIN EN 1096-4, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Beschichtetes Glas – Teil 4: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 1096-4:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [23] DIN EN 12150-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 12150-2:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [24] Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (TRAV). Fassung Januar 2003. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 2/2003. Berlin: Ernst und Sohn 2003.
- [25] Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB). Fassung September 2006. Berlin: Informationssystem Bauministerkonferenz 2006.
- [26] Veröffentlichung des Entwurfs vorgesehener Änderungen der Bauregelliste A, Teile 1 bis 3, der Bauregelliste B, Teil 1 und der Liste C für die Ausgabe 2007/1. Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik 2007.
- [27] DIN EN 1279-5, Ausgabe: 2005-08, Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas – Teil 5: Konformitätsbewertung. Deutsche Fassung EN 1279-5:2005. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [28] DIN EN 14179-2, Ausgabe: 2005-08, Glas im Bauwesen – Heißgelagertes thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 14179-2:2005. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [29] DIN EN 14449, Ausgabe: 2005-07, Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas – Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 14449:2005. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [30] DIN EN 1748-1-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Spezielle Basiserzeugnisse – Borosilicatgläser – Teil 1-2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 1748-1-2:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [31] DIN EN 1748-2-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Spezielle Basiserzeugnisse – Glaskeramik – Teil 2-2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 1748-2-2:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [32] DIN EN 1863-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Teilvorgespanntes Kalknatronglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 1863-2:2004.; Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [33] DIN EN 12337-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Chemisch vorgespanntes Kalknatronglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 12337-2:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [34] DIN EN 13024-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Thermisch vorgespanntes Borosilicat-Einscheibensicherheitsglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 13024-2:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [35] DIN EN 14178-2, Ausgabe: 2005-01, Glas im Bauwesen – Basiserzeugnisse aus Erdalkali-Silicatglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 14178-2:2004. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.
- [36] DIN EN 14321-2, Ausgabe: 2005-10, Glas im Bauwesen – Thermisch vorgespanntes Erdalkali-Silicat-Einscheibensicherheitsglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm. Deutsche Fassung EN 14321-2:2005. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2005.

- [37] ETAG 002, Teil 1, Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für geklebte Glaskonstruktionen (Structural Sealant Glazing Systems – SSGS), Teil 1: Gestützte und ungestützte Systeme (ETAG 002). In: Bundesanzeiger, Nummer 92a. Berlin: Bundesanzeiger Verlag 1999.
- [38] ETAG 002, Teil 2, Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für geklebte Glaskonstruktionen (SSGS), Teil 2: Beschichtete Aluminium-Systeme. In: Bundesanzeiger, Nummer 132a. Berlin: Bundesanzeiger Verlag 2002.
- [39] ETAG 002, Teil 3, Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für geklebte Glaskonstruktionen (Structural Sealant Glazing Systems – SSGS), Teil 3: Systeme mit thermisch getrennten Profilen. In: Bundesanzeiger, Nummer 105a. Berlin: Bundesanzeiger Verlag 2003.
- [40] DIN EN 12600, Ausgabe: 2003-04, Glas im Bauwesen – Pendelschlagversuch – Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas. Deutsche Fassung EN 12600:2002. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2003.
- [41] DIN 18516-4, Ausgabe: Februar 1990, Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 4: Einscheiben-Sicherheitsglas, Anforderungen, Bemessung. Deutsche Norm. Berlin: Beuth, 1990.
- [42] DIN V 11535-1, Ausgabe: 1998-02, Gewächshäuser – Teil 1: Ausführung und Berechnung. Deutsche Norm. Vornorm. Berlin: Beuth 1998.
- [43] Charlier, H., Feldmeier F., Reidt, A.: Erläuterungen zu den „Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen“. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 3/1999. Berlin: Ernst und Sohn 1999.
- [44] Weller, B., Reich, S., Wunsch, J.: Glasbau. In: Wendehorst Beispiele aus der Baupraxis. 2. Auflage. Herausgegeben von O. W. Wetzell. Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden: B. G. Teubner 2007. Seite 211-241.
- [45] Schneider, H., Schneider, J., Reidt, A.: Erläuterungen zu den „Technischen Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen TRAV), Fassung Januar 2003“, DIBt Mitteilungen 2/2003. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 3/2004. Berlin: Ernst und Sohn 2004.
- [46] Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV). Fassung August 2006. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 3/2007. Berlin: Ernst und Sohn 2007.
- [47] Technische Regeln für die Bemessung und die Ausführung punktförmig gelagerter Verglasungen (TRPV). Schlussfassung August 2006. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 3/2007. Berlin: Ernst und Sohn 2007.
- [48] DIN 4426, Ausgabe: 2001-09, Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege, Planung und Ausführung. Deutsche Norm. Berlin: Beuth 2001.
- [49] GS-BAU-18: Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung der bedingten Betretbarkeit oder Durchsturzicherheit von Bauteilen bei Bau- oder Instandhaltungsarbeiten. Ausgabe Februar 2001. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Frankfurt am Main: 2001.
- [50] Anforderungen an begehbbare Verglasungen, Empfehlungen für das Zustimmungsverfahren. In: DIBt Mitteilungen, Ausgabe 2/2001. Berlin: Ernst und Sohn 2001.
- [51] Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen. Stand Oktober 2005. DIBt Mitteilungen, Sonderheft Nr. 32. Berlin: Ernst & Sohn 2006.
- [52] Muster-Verordnung über die Überwachung von Tätigkeiten mit Bauprodukten und bei Bauarten (MÜTVO). Fassung Juni 2004. Berlin: Informationssystem Bauministerkonferenz 2004.
- [53] DIN 18008-1, Ausgabe: März 2006, Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen. Deutsche Norm. Entwurf. Berlin: Beuth, 2006.
- [54] DIN 18008-2, Ausgabe: März 2006, Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen. Deutsche Norm. Entwurf. Berlin: Beuth, 2006.
- [55] Schneider, H.: DIN 18008 – Grundlagen. In: Tagungsband glasbau2007. Dresden: Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden 2007. Seite 19-26.
- [56] Schneider, J.: DIN 18008 – Erläuterungen und Anwendung. In: Tagungsband glasbau2007. Dresden: Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden 2007. Seite 27-53.

Rissmonitoring in der modernen Bauwerksunterhaltung

Mit dem Digitalen Riss-Monitoring können Brückenschäden sehr genau beurteilt und dokumentiert werden

Die Erhaltung und Unterhaltung von Brücken wird in Zukunft eine immer wichtigere Rolle im Ingenieurbau spielen. Da knappe personelle und finanzielle Ressourcen zu einem möglichst wirtschaftlichen Einsatz der Mittel und Kapazitäten zwingen, müssen neue Wege gefunden werden, um die Bauwerke systematisch erfassen und auswerten zu können. In dieser Situation hat das Amt für Verkehrsmanagement in Düsseldorf ein mehrstufiges System für ein „Digitales Riss-Monitoring (DRM)“ entwickelt, mit dem Risse in Ingenieurbauwerken sehr genau beurteilt werden können.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Niemeier



Studium der Geodäsie an der TU Braunschweig und der Universität Bonn; seit 1986 Ingenieurbüro für Softwareentwicklungen im Bereich der Geodäsie; seit 1995 Geschäftsführender Leiter des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der TU Braunschweig

StOBR Dipl.-Ing. Rafael Stratmann



Studium des Bauingenieurwesens von 1991 bis 1996 an der TU Bochum; seit 2001 stellv. Abteilungsleiter Brücken-, Tunnel- und Stadtbahnbau im Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf

weitere Autoren:

Clive Fraser, Helmut Neuss, Björn Riedel, Eberhard Ziem

1 Einführung

Während man in den vergangenen Jahren in der Fachwelt noch häufig über den Neubau von Brückenbauwerken berichtet hat, wird die Erhaltung und Unterhaltung des „Anlagevermögens Brücke“ in Zukunft eine immer wichtigere Rolle im Ingenieurbau übernehmen.

Ein Großteil des Bauwerksbestandes in Deutschland hat mittlerweile ein durchschnittliches Alter von 30 bis 50 Jahren erreicht. Die zunehmenden Schäden an den Bauwerken sind der Beweis für dieses Alter und eine ursprünglich nicht vorgesehene, sehr dynamisch steigende Belastung durch den Straßenverkehr.

In diesem Zusammenhang treffen in den letzten Jahren zwei divergierende Tendenzen aufeinander: Zum einen erfordert der mit dem zunehmenden Bauwerksalter einhergehende Schädigungsgrad eine zunehmend sorgfältige Überwachungstätigkeit, und er erfordert auch einen steigenden Aufwand für die auszuführenden Erhaltungsleistungen; zum anderen jedoch sieht sich ein Großteil der Straßenbaulasträger mit der Tatsache konfrontiert, dem Druck immer knapper werdender Personal- und Finanzressourcen zu unterliegen.

Diese gegenläufigen Trends erfordern nicht nur einen möglichst wirtschaftlichen Einsatz der verbleibenden Mittel und Kapazitäten; es müssen auch neue Wege gefunden werden, um unter anderem auf der Seite der Überwachungstätigkeit den Zustand der Bauwerke besser und möglichst systematisch erfassen und auswerten zu können.

Dabei muss es das Ziel sein, spätere, nachfolgende und kostenintensive Instandsetzungsmaßnahmen kostenoptimiert – unter Berücksichtigung sowohl betriebs- als auch volkswirtschaftlicher Aspekte – durchführen zu können.

Das Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf hat zur Bewältigung dieser

Aufgabe ein mehrstufiges System für ein „Digitales Riss-Monitoring (DRM)“ entwickelt, mit dessen Hilfe die Frage der Beurteilung von Rissen in Ingenieurbauwerken – die ein wesentlicher Indikator für Schädigungen sein können – objektiv, sehr genau und detailliert beantwortet werden kann. Darüber hinaus sind die festgestellten Ergebnisse reproduzierbar, d.h., sie können auch für evtl. notwendige gerichtsfeste Aussagen verwendet werden.

Die Landeshauptstadt Düsseldorf ist Baulastträger von insgesamt 560 Ingenieurbauwerken; darunter befinden sich rd. 400 Brückenbauwerke mit einer Gesamtfläche von rd. 600.000 m².

Der im Jahr 2007 ermittelte Wiederbeschaffungswert beträgt 1,2 Mrd. Euro. An diesem Wert wird erkennbar, dass ein derartiges Vermögen auch für die Landeshauptstadt Düsseldorf einen sehr wesentlichen Bestandteil des städtischen Eigentums darstellt. Eine Verringerung dieses Wertes – z.B. durch eine überplanmäßige Abnutzung der Bauwerke oder durch Verringerung des Unterhaltungsetats – wäre allein aus (volks-)wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar, da ein derartiges Vermögen auch langfristig nicht wiederhergestellt werden kann.

Es ist also unabdingbar, eine Unterhaltungsstrategie zu wählen, mit der die Lebensdauer eines Ingenieurbauwerkes möglichst lange aufrecht erhalten werden kann.

Am Beispiel der erst vor kurzem geführten Diskussionen über die Beurteilung der Sicherheit von Brückenbauwerken in Deutschland wird deutlich, dass nicht nur Bemessungsregeln, sondern insbesondere auch die regelmäßigen Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 [1] ein wichtiger Bestandteil der Sicherheitsphilosophie der Baulastträger sein muss. Darüber hinaus können die Ergebnisse aus den Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 als Grundlage für eine erfolgreiche Unterhaltungsstrategie verwendet werden.

Die Art und Weise, wie die in den Bauwerksprüfungen festgestellten Schäden dokumentiert werden, ist in der DIN 1076 nicht geregelt. Eine einheitliche Bewertungsstrategie gibt die „Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF)“ [2] vor, die allerdings bindend nur im Bereich der Bundes- beziehungsweise Landesstraßenverwaltungen eingesetzt wird; nur vereinzelt wenden auch Kommunen diese Richtlinie an.

Nach dieser Richtlinie werden alle Schäden kategorisiert, verschlüsselt und mit Noten von 0 (ohne Einfluss auf das Bauwerk, sehr gut) bis 4,0 (sehr

schlechter Zustand, Gefahrenstelle, sofortige Maßnahmen sind erforderlich) versehen. Risse als Bestandteile der festgestellten Schäden werden ebenfalls mit derartigen Bewertungen versehen.

Mit diesem beziehungsweise einem nach Noten aufgebauten Bewertungssystem lässt sich ein Unterhaltungs- beziehungsweise Erhaltungskonzept entwickeln, wenn sich aus der Benotung eines jeden Schadens auch ein Wert ablesen lässt, der die Dringlichkeit einer zukünftigen Instandsetzungsmaßnahme widerspiegelt.

2 Die Bedeutung des DRM für das digitale Bauwerksmanagement

Die Frage nach der Beurteilung von Rissen in Bauwerken ist insbesondere durch die Ende der 70er Jahre an größeren Spannbetonbrücken aufgetretene Koppelfugenproblematik bekannt geworden. Seitdem sind die durch die Schäden aufgetretenen Erkenntnisse in die Regelwerke eingeflossen und von der Seite der Bemessung weitestgehend geklärt.

Doch im Zuge der laufenden Unterhaltung eines Ingenieurbauwerkes werden Risse in den Bauwerksprüfungen immer wieder festgestellt. Obwohl es sich – gerade bei Beton- beziehungsweise Spannbetonbauwerken um ein alltägliches Schadensbild handelt – fehlt bislang die Möglichkeit, die Risse möglichst objektiv zu dokumentieren.

Die normalerweise im heutigen Ingenieurbau auftretenden Risse beeinflussen weder die Tragfähigkeit noch die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerkes negativ.

Größere Risse, zu denen man zum Beispiel bei Spannbetonbauwerken schon Rissbreiten von mehr als 0,2 Millimeter als kritische Größe zählen kann, führen zu einer Schädigung des Bauteils, einhergehend mit einer unverhältnismäßig schnellen Weiterentwicklung des Schadensbildes. Bei Stahlbrücken muss die Frage nach der Bedeutung eines Risses sogar unabhängig von der Rissbreite in einer gesonderten Betrachtung ingenieurmäßig untersucht werden.

Ohne Einleitung von etwaigen Instandsetzungsmaßnahmen wird sowohl die Gebrauchstauglichkeit als auch die Dauerhaftigkeit des Bauwerkes – und dadurch letztendlich das „Gesamtvermögen Ingenieurbauwerke“ verringert.

Nicht zu verachten ist auch die Tatsache, dass gerade im innerstädtischen Umfeld eine Häufung von Rissen in einem Bauwerk zu einer Beeinträchtigung der Ästhetik und ebenso zu einer gefühlten Unsicherheit in der Bevölkerung führen können, was von Seiten der kommunalen Verwaltungen nicht gewünscht wird.

Erforderlich ist an dieser Stelle ein Überwachungssystem, mit dem eine präzise, objektive und eindeutige Aussage über die Bedeutung der Risse gemacht werden kann. Nur hierdurch ist es möglich, den Zustand eines Bauwerkes ganzheitlich zu beurteilen und möglichst wirtschaftliche Erhaltungsmaßnahmen planen zu können.

Mit Hilfe des Systems des „Digitalen Riss-Monitoring“ (DRM) besteht erstmalig die Möglichkeit, festgestellte Risse durch eine einfache fotografische Aufnahme mit einer digitalen Kamera zu dokumentieren und die Rissbreite über einen speziellen Rechenalgorithmus an jeder beliebigen Stelle zu ermitteln.

Der Ort des Risses im beziehungsweise am Bauwerk kann zusätzlich durch ein spezielles Georeferenzverfahren bestimmt werden. Der Bauwerksprüfer hat damit die Möglichkeit, einen Riss auch im Falle einer Wiederholungsprüfung wieder aufzufinden und eine gegebenenfalls mögliche Rissänderung (Breite, Länge, Verlauf) festzustellen.

Die Auswertung aller im Zuge einer Bauwerksprüfung dokumentierten Schäden erfolgt mit dem SIB-Bauwerke kompatiblen Bauwerksmanagementsystem „Baudat32“ (SIB-Bauwerke wird von der Bundes- beziehungsweise den Landesstraßenverwaltungen vertrieben; Baudat32 ist das für die Bedürfnisse der kommunalen Straßenbulasträger entwickelte Bauwerksmanagementsystem).

Hier werden die Schadensdaten in Kategorien und nach Schadensarten unterteilt, nach Bauteilgruppen sortiert und letztendlich einer ingenieurmäßigen Benotung unterzogen (Abb. 1).

IdNr.	Beibei	Schaden	Gruppe	Benotung
1	Trenn- / Kantenriss	vertikal	Logen und Übergänge	1
2	Trenn- / Kantenriss	horizontal	Logen und Übergänge	1
3	Gewebe	Kantenriss (Ri 4 - 5)	Kantenriss	2
4	Prüflinien	Kantenriss	Kantenriss	2
5	Trenn- / Kantenriss	horizontal	Logen und Übergänge	1
6	Prüflinien	Kantenriss (Ri 4 - 5)	Kantenriss	1
7	Trenn- / Kantenriss	vertikal	Logen und Übergänge	1
8	Flächen / Übergang	Vergrößerung	Flächen	2
9	Prüflinien	Kantenriss (Ri 4 - 5)	Kantenriss	1
10	Feldriss	lang (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
11	Feldriss	kurz (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
12	Querschnitt	Abplatzung	Schwerkraft / Druck	2
13	Feldriss	lang (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
14	Feldriss	kurz (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
15	Feldriss	lang (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
16	Feldriss	lang (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
17	Feldriss	lang (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2
18	Gewebe	Abplatzung	Schwerkraft / Druck	2
19	Gewebe	Abplatzung	Schwerkraft / Druck	2
20	Feldriss	lang (1,2-1,5 mm)	Schwerkraft / Druck	2

Abb. 1: Schadensauswertung im digitalen Bauwerksmanagement Baudat32

Die mit dem DRM wesentlich genauere Aufnahme und Lokalisation von Rissen ermöglicht eine sehr gute Beobachtung der Risse und damit eine verfeinerte Beurteilung.

Zukünftig können sogar georeferenzierte Rissdaten über das digitale Bauwerksmanagement in ein Nachrechnungssystem integriert werden (zum Beispiel Konvertierung in Finite-Element-Modelle), so dass auch die Frage statischer Auswirkungen von Rissbildern genauer untersucht werden kann.

3 Messtechnische Aufgaben beim Rissmonitoring

In der Praxis der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 ist bislang die manuelle Rissaufnahme mittels eines Vergleichsmaßstabes (Risslehre) oder einer Risslupe üblich. Dabei wird die Rissbreite an einer von dem Bauwerksprüfer festgelegten Stelle ermittelt und im Feldbuch niedergeschrieben (Abb. 2).

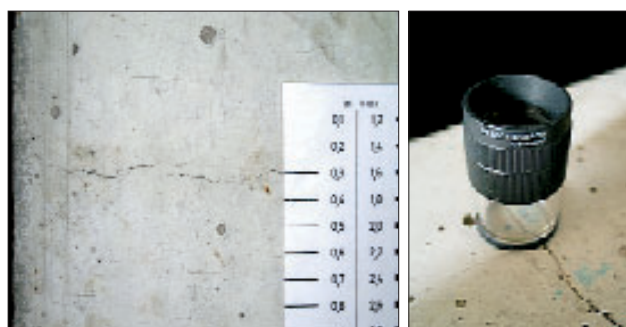


Abb. 2: Manuelle Rissaufnahme mit analoger Risslehre und Fadenzähler (Risslupe)

Die Rissbreite als markante Größe zur Bewertung eines derartigen Schadens wird immer nur punktuell aufgemessen, das heißt, der Rissverlauf wird nach Augenschein und (mehr oder weniger) unmaßstäblich im Feldbuch dokumentiert, wie auch die Lage der Messstelle am Objekt.

Aus einer kritischen Analyse des bisherigen Vorgehens bei einer Bauwerksprüfung nach DIN 1076 wurden die folgenden Anforderungen an ein optimales Messsystem identifiziert:

- Objektivität,
- Robustheit,
- Vielseitigkeit,
- Dokumentierbarkeit,
- Georeferenzierbarkeit.

Die bisher übliche Messung der Rissbreite mittels analoger Risslehre oder Risslupe sind subjektive Verfahren, da mit ihnen der Anwender nach seinem persönlichen Empfinden eine Rissbreite direkt vor Ort festlegt. Ein Versehen hierbei ist nicht aufdeckbar, das Verfahren beinhaltet keine Kontrollmöglichkeit. Wird dagegen ein digitales Bild vom Riss aufgenommen, so kann von einem objektiven Verfahren gesprochen werden. Die Ausgangsinformation ist für eine Nachbearbeitung oder auch eine Kontrolle im Büro vollständig verfügbar.

Seit längerer Zeit sind handelsübliche digitale Kameras ein Standardwerkzeug für die visuelle Erfassung von Schädigungen an Oberflächen und somit prinzipiell auch geeignet, Risse zu erfassen. Ansätze hierzu finden sich in [3, 4, 5].

In den nachfolgenden Abschnitten wird herausgearbeitet, dass die digitale Bildinformation allein für eine objektive Rissbreiten-Messung nicht ausreicht, hier vielmehr eine spezielle Kamera und ein aufwendiger Auswertalgorithmus erforderlich sind.

Im Bereich des Bauwerksmonitoring herrschen z.T. raue Einsatzbedingungen, die eine robuste Bauform, aber auch eine einfache Bedienung des Messgerätes erforderlich machen. Daneben muss das Messsystem vielseitig einsetzbar sein. In **Abb. 3** sind unterschiedliche Betonoberflächen dargestellt, für die eine Erfassung der Rissbreiten möglich sein muss. Neben Beton kommen zum Beispiel für Beweissicherungsaufgaben noch andere Oberflächen wie Keramik, Putz, Holz, usw. in Betracht, die sich durch ein völlig andersartiges Reflexionsverhalten auszeichnen können.

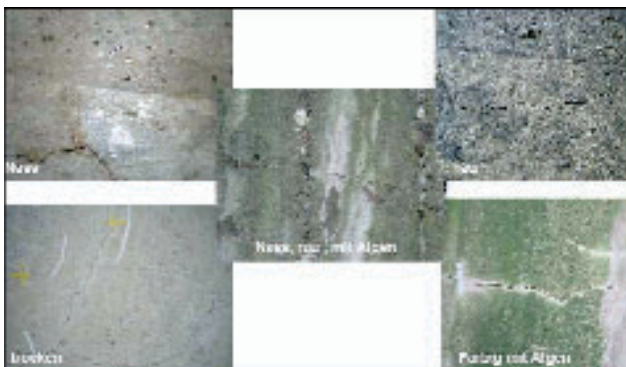


Abb. 3: Unterschiedliche Betonoberflächen

Durch die Möglichkeit zur Abspeicherung der Originalbilder beziehungsweise der ermittelten Rissbreiten sind die Ergebnisse einer Prüfung dokumentierbar. Damit kann die Historie der Entwicklung eines Risses über viele Jahre hinweg aufgezeigt werden.

Eine wesentliche Forderung bei der Entwicklung des Digitalen Rissmess-Systems (DRS) war der Verzicht auf jegliche Markierung am Objekt. Um trotzdem bei einer erneuten Prüfung denselben Riss(-abschnitt) ausmessen zu können, ist es erforderlich, die Position des Risses in einem geeigneten, übergeordneten Bezugsrahmen zu bestimmen, eine Aufgabe, die allgemein als Georeferenzierung bezeichnet wird.

Für Aufgaben des Brückenmonitoring wurde dazu die Position eines Risses in einem lokalen Koordinatensystem dreidimensional mittels Tachymeter bestimmt (**Abb. 4**). Bei einer erneuten Prüfung kann mittels eines Laserstrahls, der heute oft standardmäßig in den Strahlengang des Tachymeters eingespiegelt werden kann, der Ort der letzten Messung bis auf ein bis zwei Zentimeter reproduziert werden.



Abb. 4: Georeferenzierung mittels Tachymeters an der Theodor-Heuss-Brücke in Düsseldorf

4 Digitale Bildverarbeitung zur Erfassung der Rissbreiten

Der Aufbau einer digitalen Kamera ist durch die direkt adressierbaren Speicherchips gekennzeichnet, die Charge Coupled Devices (CCD), die rasterförmig angeordnet sind. Heute sind Auflösungen von $3\,000 \times 2\,000$ Pixel, das heißt, eine Gesamtauflösung von 6 MB, schon als normal zu bezeichnen. Bei diesen Digitalkameras wird bei Öffnung der Blende gleichzeitig das Feld von CCDs belichtet, wobei hier Grauwerte (0 für weiß und 256 für schwarz) und/oder auch Farbinformation, getrennt nach den Kanälen rot, grün und blau, abgespeichert werden. Wie in **Abb. 5** dargestellt, besteht eine direkte geometrische Beziehung zwischen der Position und Ausdehnung eines Objektes und der rasterförmigen Abbildung in der Kamera. Die Qualität der zentralperspektivischen Abbildung ist abhängig von der Brennweite des Ob-

jektives, der Gegenstandsweite, den Belichtungsverhältnissen (Störlight), den Linsenfehlern des optischen Systems und der Fertigungsqualität des CCD-Rasters. Als Ergebnis erhält man ein zweidimensionales Raster von Messpunkten (**Abb. 5**), die Pixel genannt werden und die die Ausgangsbasis für jede weitere Untersuchung bilden [6, 7, 8].



Abb. 5: Links: Prinzip der zentralperspektivischen Abbildung eines Risses auf den CCD-Sensor einer Digitalkamera. Dargestellt sind auch die Kontrollpunkte zur Überprüfung der Kamerakalibrierung. Rechts: DRS- Hardware bestehend aus Kamera und Tubus.

Grundsätzlich beruht die Auswertung von Messbildern in analoger beziehungsweise digitaler Form auf dem Prinzip der Mehrbildphotogrammetrie um dreidimensionale Objektkoordinaten abzuleiten. Hierbei wird der Sehprozess des Menschen, die Abbildung eines Objektes auf mindestens zwei Bilder über physikalische und geometrische Abbildungen, rekonstruiert. Durch zwei oder mehr Aufnahmen des gleichen Objektes können gemeinsame Strahlenbündel zusammengeführt werden. Die homologen Strahlen von einem Objektpunkt können über die Parameter der inneren Orientierung der Kamera (Brennweite, Bildkoordinatensystem) und die äußere Orientierung, die Positionen der Bilder zum Zeitpunkt der Aufnahme in einem Weltkoordinatensystem, über die Kollinearitätsgleichungen für die Bildkoordinaten zusammengeführt werden. Diese klassische Vorgehensweise ist in den photogrammetrischen Lehrbüchern beschrieben [8, 9].

Da aber in dem hier vorliegenden Anwendungsfall der Rissbreitenbestimmung nur der planare Abstand zwischen den Rissufern bestimmt werden soll und nicht die Tiefe des Risses, können Vereinfachungen im Aufnahme- und Auswertemodell durchgeführt werden. Dies bedeutet, dass die dreidimensionale Mehrbildphotogrammetrie durch die Einbildaufnahme bei fixem Aufnahmeabstand und bekannter innerer Orientierung der Kamera ersetzt wird. Ein Ausschnitt der Betonoberfläche mit Riss wird zentralperspekti-

visch über das Projektionszentrum (Objektiv) auf eine gewisse Anzahl Pixel des CCD-Arrays abgebildet. Der Abstand des Projektionszentrums vom Riss in Relation zur kalibrierten Kamerabrennweite des Objektivs definieren den Abbildungsmaßstab, das heißt, die Abbildung des Risses beziehungsweise der Rissbreite auf eine bestimmte Anzahl von Pixeln (**Abb. 5 links**). Für einen festen Kameraaufbau wird somit ein eindeutiger Skalierungsfaktor ermittelt, der die Umrechnung von Pixelwerten in metrische Abstände ermöglicht.

5 Das Digitale Rissmess-System (DRS)

5.1 Die Digitale Rissmess Kamera

Die derzeitige hardwaremäßige Realisierung des DRS-Systems (**Abb. 5 rechts**), erfolgte auf der Basis umfangreicher Tests mit verschiedenen Prototypen [3, 4, 10]. Zur Zeit wird eine Standard Canon A610 Digital Camera mit 5 Megapixel, 5µm Pixelgröße im Makromodus mit festen Einstellwerten genutzt, die auf einem zylindrischen Tubus fixiert ist, wodurch man einen festen Aufnahmeabstand erreicht. Durch integrierte, ringförmig angeordnete LEDs wird zusätzlich eine gleichmäßige, konstante Ausleuchtung der zu untersuchenden Oberfläche mit einer Abschirmung gegen externes Streulicht gewährleistet. Die Speicherung der digitalen Bilder erfolgt auf handelsüblichen Speicherkarten und die Stromversorgung von Kamera und Beleuchtung über wiederaufladbare NiMH-Akkus.

Der Tubus wird auf der Auflageseite zum Beton hin von einer kreisförmigen Fläche/Deckel mit einer ringförmigen Öffnung abgeschlossen. Auf der dem Objektiv zugewandten Seite befinden sich um die ringförmige Öffnung vier Kontrollpunkte, deren Abstand im Labor im Sub-Millimeter bestimmt wurde und die in jeder digitalen Aufnahme mit abgebildet werden (**Abb. 5 links** und **Abb. 6**).

Diese Referenzkoordinaten werden in einem Kalibrierfile mit den Kameraparametern abgelegt und bei jeder Auswertung abgefragt. Diese bekannten Punktabstände werden am Ende der Auswertung für die Skalierung vom Pixelsystem zum metrischen System genutzt und dienen zusätzlich der Kontrolle der Parallelität zwischen der Sensorebene und der Aufnahmeoberfläche.

5.2 Auswertung mittels Polyline-Fly-Fisher-Algorithmus

Die automatische und robuste Erkennung des Risses stellt hohe Anforderungen an die Algorithmen-

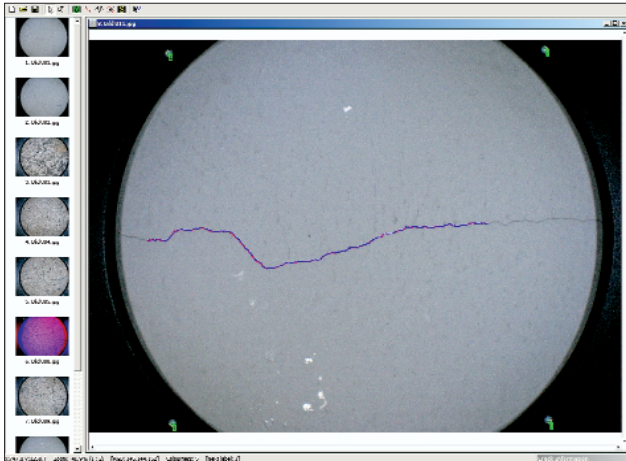


Abb. 6: DRS-Auswerte-Fenster mit dem digitalen Rissbild und der Risslinie, die der Polyline-Fly-Fisher Algorithmus als Rissverlauf automatisch detektiert hat. Erkennbar sind auch die vier Kontrollmarken am Rand

in der digitalen Bildverarbeitung. Für die in diesem Beitrag beschriebene Anwendung ist es nicht möglich, aus der Abbildung des Risses im digitalen Bild die beiden Kanten des Risses direkt zu extrahieren und durch Differenzbildung die Rissbreite abzuleiten, da keine allzu großen Kontrastunterschiede zwischen Rissufer und Rissinnerem bestehen müssen und die Anzahl der Pixel, die den Riss repräsentieren, für eine Kantenextraktion nicht unbedingt ausreichend sind.

Die derzeitige gewählte Auswertemethodik und ihre softwaremäßige Implementierung beruht im wesentlichen auf einer Modifizierung des Fly-Fisher-Algorithmus, der bereits in [10] und [4] dargestellt wurde. Die Softwareentwicklung wurde zwischenzeitlich von JAVATM auf C++ unter Nutzung der Microsoft Visual C++ 2005 Redistributable™ Umgebung umgestellt, um ein benutzerfreundliches Arbeiten in der Microsoft-Umgebung (Windows XP, Vista) mit der dort gebräuchlichen Fenstertechnik zu erreichen (Abb. 6).

Die Bearbeitung der Bilder und ihrer Rissbreiten erfolgt grundsätzlich projektorientiert, das heißt, für jedes Objekt wird ein neues Projekt eröffnet. In diesem Projekt werden die für die Auswertung nötigen Bilder geladen. Das auszuwertende digitale Bild wird ausgewählt, und die vier Kontrollpunkte werden automatisch gemessen, um festzustellen ob die Sensorlage mit der Kalibrierung im Labor übereinstimmt, sowie für die spätere Überführung der Ergebnisse in das metrische System.

Die Detektion des Risses im Bild erfolgt halb-automatisch, da die Bildverarbeitungsoperatoren nicht zuverlässig in der Lage sind, zwischen wahren Rissen und linienhaften Merkmalen in den Bildern zu unterscheiden. Derzeit gibt es in den Rissbildern mehrere

Risse, zum Teil auch Versprünge im Rissverlauf, so dass der zu untersuchende Riss beziehungsweise Rissabschnitt manuell ausgewählt werden muss, dann aber automatisch ausgemessen und objektiv und nachvollziehbar dokumentiert wird (Abb. 6).

Die Arbeitsweise des jetzt eingesetzten, gegenüber früheren Ansätzen leicht modifizierten Polyline-Fly-Fisher-Algorithmus zur Risserkennung beruht auf einem Suchalgorithmus, der ausgehend von dem durch den Cursor markierten Start (S)- und Endpunkte (E) des Risses eine Verbindung rechnet und dann längs dieser Linie automatisch den Riss verfolgt, wie in Abb. 7 schematisch dargestellt ist.

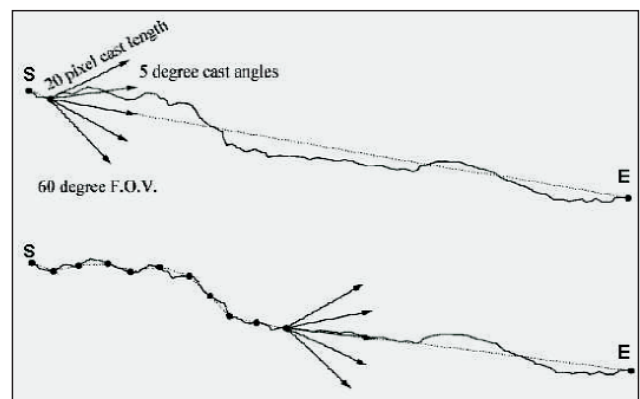


Abb. 7: Arbeitsweise des Polyline-Fly-Fisher-Algorithmus.

Die Rissverfolgung erfolgt entlang der Linie SE innerhalb eines 60 Grad großen Suchsektors. In diesem Sektor werden alle fünf Grad ein standardmäßig zwanzig Pixel langes Grauwertprofil gemessen. An der Position mit dem kleinsten Grauwert (dunkle Stelle) wird ein Punkt gesetzt und von diesem neuen Punkt der Suchlauf für den nächsten Rissabschnitt mit den gleichen Parametern gestartet. Ziel ist es, den kürzesten Verlauf des Risses zu verfolgen. Ist auf diese Weise der Riss polygonisiert, dann werden senkrecht zu den Polygonseiten Grauwertprofile gelegt, der zur Ableitung der Rissbreite dienen. Die Anzahl der Rissbreitenbestimmungen hängt von der Länge des polygonierten Risses ab, in der Regel mehrere hundert Messungen auf zum Beispiel fünf Zentimeter Risslänge.

Je Messstelle erfolgt die eigentliche Rissbreitenbestimmung nun innerhalb des Grauwertprofil, wie in Abb. 8 links dargestellt, das von der Betonoberfläche über die Risskante in den Riss und auf der anderen Risseite wieder hinaus auf die Betonoberfläche verläuft. Die abzuleitende Rissbreite wird standardmäßig aus der halben Grauwertdifferenz zwischen den dunkelsten Pixeln im Riss und den hellsten Pixeln auf der Oberfläche gebildet (Abb. 8 rechts). Dieser Schwellwert, wie auch alle anderen Parameter im Programm, können natürlich sinnvoll

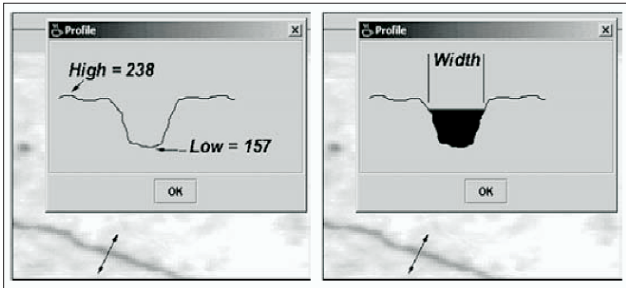


Abb. 8: Grauwertprofil für eine Rissbreitenbestimmung (links) und Visualisierung der abgeleiteten Rissbreite (rechts).

angepasst werden, zum Beispiel wenn die Rissufer stark ausgebrochen sind oder eine besondere Oberflächenstruktur/-beschaffenheit dies erforderlich macht.

Bei der Auswertung werden in einem Fenster innerhalb der Windows-Oberfläche die Ergebnisse, bestehend aus endgültiger Rissbreite mit Standardabweichung, Min-Max-Werte und Anzahl der Messungen, ausgegeben. Konkret zeigt **Abb. 6** als erste Stufe das digitale Bild für einen Versuchsblock aus Beton der TU Braunschweig mit nur einem kleinen, relativ geradlinig verlaufenden Riss. Nach manuellem Setzen von Anfangs- und Endpunkt erkennt der Polyline-Fly-Fisher-Algorithmus den Verlauf des Risses problemlos und misst automatisch an hier 1076 Stellen im Querprofil die Rissbreiten. Nach Ausreißererkennung und Mittelung ergibt sich eine Rissbreite für diesen Abschnitt des Risses von 0,14 Millimeter mit einer Standardabweichung von 0.05 Millimeter.

5.3 Weiterentwicklung des DRS (korrelativer Ansatz)

Die Weiterentwicklung des jetzigen Auswertansatzes basiert auf dem Prinzip der Ähnlichkeit der Rissufer nach Auftreten/Aufbrechen eines Risses. Diese Ähnlichkeit im Verlauf der Rissufer bleibt auch bei größeren Rissen und weitgehend selbst bei stärkerer Riss-Erosion erhalten. Das von Niemeier et al. [11] patentierte Verfahren zur Bestimmung der Rissbreite basiert nun darauf, eine numerisch maximale Korrelation zwischen den Rissufern herzustellen. Aus den hierfür notwendigen Verschiebungsbeträgen und Drehbewegungen eines Teilbildes gegenüber dem anderen Teilbild ergibt sich dann unmittelbar die Rissbreite und gegebenenfalls auch die Verschwenkung.

Zur besseren Separation der beiden Rissufer wurden bereits im jetzt verfügbaren Tubus zusätzlich eine rote und eine blaue LED diametral eingebaut, die den Riss schräg von oben beleuchten (**Abb. 9**). Damit wird jeweils die der Lichtquelle gegenüber liegende Rissseite überwiegend mit rot und die andere blau ausgeleuchtet. Entsprechend werden die Riss-

ufer auf der Seite der LEDs selbst hervorgehoben, indem hier zum Beispiel kein/kaum rotes beziehungsweise blaues Licht hinfällt.

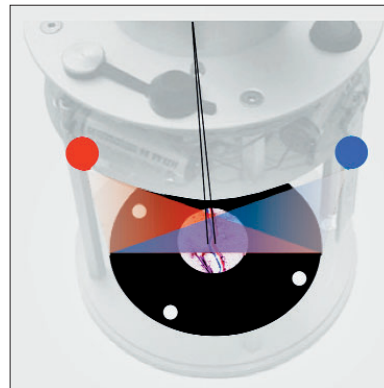


Abb. 9: Strahlen-gang im unteren Tubusteil des DRS mit multispektraler Ausleuchtung eines Risses.

Diese multispektrale Information wird dann für eine gesonderte Kantendetektion im roten beziehungsweise blauen Farbraum genutzt. Die so abgeleiteten Risskanten liegen in „quasi-vektorsierter“-Form vor, vergleichbar mit dem Ergebnis einer Houghstransformation [7]. Das virtuelle Zusammenschieben (Rotation und Translation) des Risses zu einer „glatten“ Betonoberfläche, wie sie vor Aufreißen des Risses existiert haben muss, erfolgt dann mit Hilfe eines Matching-Algorithmus, der auf der Basis des bekannten ICP-Algorithmus [12] derzeit programmtechnisch realisiert wird. Das zu erwartende Ergebnis ist in **Abb. 10** skizziert.

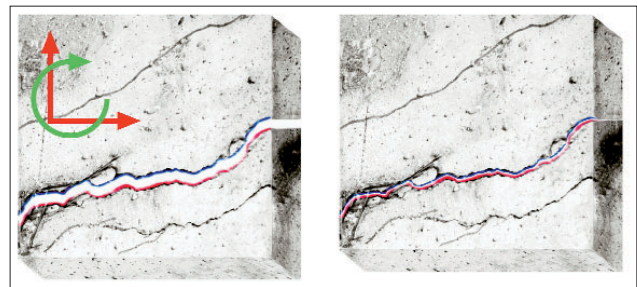


Abb. 10: Schemazeichnung für den korrelativen Lösungsansatz. Links : Deutlich hervortretende Rissufer bei multispektraler Beleuchtung. Rechts: Maximale Korrelation zwischen den Rissufern nach Verschiebung und ggf. Drehung

6 Dreistufiger Aufbau eines Digitalen Riss-Monitoring-Systems DRM

Für ein modernes digitales Riss-Monitoring im Bereich der Bauwerksunterhaltung sind nach diesen Überlegungen und Ausführungen die folgenden drei Teilaufgaben zu lösen:

Stufe 1: Mit Hilfe des hier vorgestellten „Digitalen Rissmess-Systems“ besteht erstmalig die Möglichkeit, festgestellte Risse durch eine optische Erfassung mit einer neu entwickelten digitalen Kamera zu dokumentieren und die Rissbreite über einen speziellen Rechenalgorithmus an (fast) jeder beliebigen Position zu ermitteln. Diese hochpräzise Rissbreitenmessung kommt ohne jede Markierung am Bauwerk aus.

Stufe 2: Der Ort des Risses im beziehungsweise am Bauwerk kann durch eine gesonderte Georeferenzierung bestimmt werden. Der Bauwerksprüfer hat damit die Möglichkeit, einen Riss auch im Falle einer Wiederholungsprüfung leicht wieder aufzufinden/zuzuordnen und eine mögliche Rissänderung (Breite, Länge, Verlauf) objektiv festzustellen.

Stufe 3: Schließlich erfolgt die Integration der Originalmessbilder, der Auswertergebnisse und der Georeferenzierung in ein Brückeninformationssystem, um eine zuverlässige Dokumentation der Ergebnisse vorliegen zu haben, um eine Schadensanalyse zu erstellen, um die Riss-Historie zu verfolgen und gegebenenfalls sogar mit der Möglichkeit, all diese Ergebnisse online abrufen zu können.

7 Anwendungsbeispiele aus der Praxis

7.1 Brückenbauwerk in Düsseldorf

Als Untersuchungsobjekt in der Landeshauptstadt Düsseldorf wurden die Anrampungen der Theodor-Heuss-Brücke untersucht. In einem Brückenfeld in fünfzehn Meter Höhe gibt es eine Reihe von Rissen, die mit dem DRS ausgemessen wurden (**Abb. 4**). Die Betonoberfläche ist hier recht rau, Erosionserscheinungen an den Rissufern sind schon feststellbar. Die Rissbilder (**Abb. 11**) konnten problemlos analysiert werden. In **Tabelle 1** sind die Ergebnisse der Rissbreitenmessung mittels analoger Risslehre, Fadenzähler (Risslupe) und DRS gegenübergestellt worden. Die Übereinstimmung darf als sehr gut angesehen werden.

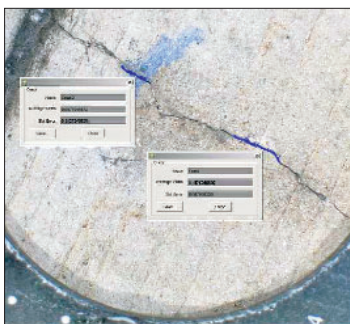


Abb. 11: Rissbild von der Anrampung der Theodor-Heuss-Brücke in Düsseldorf

Brücken-Risnummer	Risslehre (mm)	DRS (mm)	Fadenzähler (mm)
Nordparkbrücke			
717007	0.1	0.10	0.1
717018	0.3	0.35	0.3
717021	0.2	0.23	0.2
Theodor-Heuss-Brücke			
101002	0.1	0.08	0.1
101003	0.1	0.12	0.1
101005	0.1	0.08	0.1

Tabelle 1: Vergleich von Rissbreiten-Bestimmungen mittels Risslehre, Fadenzähler und DRS für das Beispiel der Nordparkbrücke und der Theodor-Heuss-Brücke in Düsseldorf

Weitere eingehende Untersuchungen im Bereich der Bauwerkunterhaltung wurden von der Firma Grassl [13] durchgeführt. Neben dem Nachweis der Praxistauglichkeit wurden Ansatzpunkte für Verbesserungen im Aufbau des Tubus und für die Auswertung gegeben, auf die zeitnah eingegangen werden wird. Von der Bauart des DRS her ist eine Erfassung von Rissen in Ecken und engen Passagen aber leider grundsätzlich nicht zu realisieren.

7.2 Beweissicherung

Im Bereich der Beweissicherung wurde das DRS von dem Sachverständigenbüro Rahmstorf-Kunkel-Littek eingesetzt, um unter anderem die Rissbreite für einen Vertikalriss im Rauputz eines Treppenhauses zu bestimmen. In **Abb. 12** ist die Aufnahme mit einer normalen Digitalkamera und wieder das Arbeitsfenster der DRS-Software dargestellt. Die Rissbreite konnte in diesem Fall problemlos mit 0,10 Millimeter bei einer Standardabweichung von $\sigma = 0,03$ Millimeter bestimmt werden [14].

Auch in diesem Untersuchungsbericht wurden dankenswerterweise vielfältige Ansätze für Verbesserungen des Messsystems gegeben: So wird in Zukunft für glatte und spiegelnde Oberflächen durch eine spezielle Regelung der Beleuchtung eine Messung mit dem DRS möglich sein.

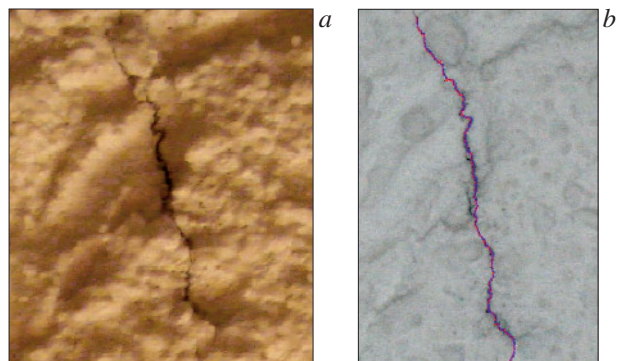


Abb. 12: Vertikalriss im Rauputz eines Treppenhauses: a) normales Image. b) mit DRS

8 Zusammenfassung und Ausblick

Das neu entwickelte Digitale Rissmess-System DRS hat sich als voll einsatzfähig für die Erfassung von Rissen im Rahmen der Bauwerksunterhaltung erwiesen und kann die Grundlage für ein modernes Digitales Riss-Monitoring bilden. Erstmals liegt ein Messsystem vor, mit dem die messtechnischen Anforderungen aus der Bauwerksunterhaltung (siehe Abschnitt 3) nach objektiver, robuster und dokumentierbarer Erfassung der Rissbreiten voll und ganz erfüllt werden.

Das Handling ist durch das geringe Gewicht des DRS und die allein erforderliche Auslösung der Kamera vor Ort problemlos möglich. Die Bedienung der halbautomatischen Auswertesoftware orientiert sich an der üblichen Fenstertechnik und ist ebenfalls leicht zu erlernen.

Als nächster Entwicklungsschritt soll zusätzlich zum bisher eingesetzten Polyline-Fly-Fisher-Algorithmus auch der in Abschnitt 5.3 vorgestellte korrelative Ansatz bis zur Praxisreife entwickelt werden. Damit ist dann auch eine Nutzung für wirklich große Rissbreiten und komplexere Rissbilder möglich, für die das bisherige System nicht ausgelegt ist.

9 Literatur

- [1] DIN 1076 : Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung, Beuth Verlag 1999
- [2] RI-EBW-PRÜF: Richtlinien zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076. Verlag / Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund
- [3] Niemeier, W., Riedel, B., Fraser, C.S. and Neuss, H. (2003): Bestimmung von Rissbreiten an Betonbrücken aus digitalen Bildern. Tagungsband GESA-Symposium Braunschweig 2003, VDI-Berichte 1757, S. 403-407.
- [4] Riedel B., Niemeier W., Fraser C., Dare, P., Cronk S. (2003): Development of an imaging system for monitoring cracks in concrete structures. In Grün, A.; Kahmen, H.(Eds.): 6th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, ETH Zürich.
- [5] Avak R., Schwuchow R., Franz M. (2007): Rissmonitoring von Betonoberflächen unter Verwendung digitaler Bildanalyseverfahren. Bautechnik vol. 84, S. 403-408
- [6] Haberäcker, P. (1995): Praxis der Digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung. Hanser Verlag, München Wien.
- [7] Jähne, B. (2002): Digitale Bildverarbeitung, Springer Verlag, Berlin. 5. Auflage
- [8] Luhmann, T. (2000): Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- [9] Kraus, K. (2004): Photogrammetrie, de Gruyter Verlag, Berlin
- [10] Dare, P.; Handley, H.; Fraser, C.; Riedel, B.; Niemeier, W. (2002): An operational application of automatic feature extraction: the measurement of cracks in concrete, Photogrammetric Record (UK), 17(99):453-464.
- [11] Niemeier W., Riedel B., Neuss H., Ziem E., Fraser C., Stratmann R. (2005): Verfahren zur Bestimmung der Rissgröße an Oberflächen. Patentschrift zum deutschen Patent -Nr.: 10 2005 023 096.2-54
- [12] Besl P.J., McKay N.D.(1992): A Method for Registration of 3D-Shapes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14(2), p.239-256
- [13] Grassl (2007): Erprobungsbericht zur Nutzung des DRS, Düsseldorf, interner Bericht.
- [14] Rahmstorf – Kunkel – Littek (2007): Einsatzmöglichkeit einer Spezialkamera zur Erfassung von Riss- und Fugenbreiten. Düsseldorf, interner Untersuchungsbericht.

Qualitätssicherung und Zustandsermittlung mit zerstörungsfreier Prüfung

Messen ist nicht alles – erst die qualifizierte Auswertung macht die Messung zur erfolgreichen Prüfung

Die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (ZfP-Bau) hat für die Zustandsermittlung, die Schadensdiagnose und für die Qualitätssicherung im Bauwesen zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dies liegt vor allem an der immer höheren Leistungsfähigkeit der ZfPBau-Verfahren, die im folgenden Beitrag skizziert werden. Er enthält auch einige Informationsquellen, um dem Auftraggeber von ZfP-Leistungen mehr Anwendungssicherheit zu bieten und um den „Nicht-ZfPBau-Spezialisten“ in die Lage zu versetzen, sich über die Anwendungsmöglichkeiten einen Überblick zu verschaffen bzw. Sicherheit darüber zu gewinnen, ob bei Leistungen, die er beauftragt hat, der aktuelle Stand der Technik angewandt wird. Um die Leistungsfähigkeit einzelner Verfahren für den Auftraggeber transparent zu machen, gewinnt auch die Validierung von ZfPBau-Verfahren für bestimmte Prüfaufgaben unter vorgegebenen Randbedingungen zunehmend an Bedeutung. Der Nutzen der Validierung wird in diesem Beitrag an einem konkreten Beispiel gezeigt.

Dipl.-Ing. Alexander Taffe



leitet bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung die Arbeitsgruppe „Kombination und Automatisierung zerstörungsfreier Bauwerksuntersuchungen“ (Fachgruppe VIII.2 „Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren“)

Alexander.Taffe@bam.de

1 Entwicklung der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen

Mit der zunehmenden Stahl- und Spannbetonbauweise wurden nach dem 2. Weltkrieg zunächst zerstörungsfreie Verfahren zur Ermittlung der Betondruckfestigkeit, sogenannte Kugelschlagversuche entwickelt, deren Prinzip aus der Härteprüfung an Stahl übernommen wurde. Aus dem Pendelhammer entstand der Rückprallhammer (Abb. 1), der heute immer noch zur Grundausstattung eines jeden Bauwerksprüfers gehört und bereits Anfang der 1950er Jahre in der Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [1] bekannt gemacht wurde. Damit konnte eine Qualitätssicherung des Betons auch im eingebauten Zustand erfolgen, um die Standsicherheit von Betonbauteilen zu gewährleisten.

Auch heute wird der Rückprallhammer immer noch häufig angewandt. Da dieses Verfahren als bekannt und bewährt angesehen wird, ist jedoch immer wieder eine zu unkritische Anwendung zu beobachten, insbesondere dann, wenn der Anwendungsbereich der Norm verlassen wird. Streng genommen darf eine Ermittlung der Druckfestigkeit nach alter DIN 1045 (07/1988) unter Verwendung DIN 1048 [2] nur bis zu einem Betonalter von 90 Tagen angewandt werden.

Insbesondere bei der Zustandsermittlung von Betonbauwerken darf eine Aussage zur Betonfestigkeit allenfalls mit „in Anlehnung an DIN 1048“ bezeichnet und nur als Richtwert gesehen werden. Darüber hinaus gilt die ermittelte Druckfestigkeit nur für den oberflächennahen Bereich.

Im Zuge der europäischen Harmonisierung von Normen erfolgt die Bestimmung der Rückprallzahl mit einem Federhammer aus Stahl derzeit nach [3], während die Bewertung der Druckfestigkeit in [4] geregelt ist. Dort wird aus einer Regressionsanalyse von Rückprallwerten und Betondruckfestigkeiten an Bohrkernen eine grundlegende Beziehung hergeleitet und die Druckfestigkeit als Schätzwert angegeben.

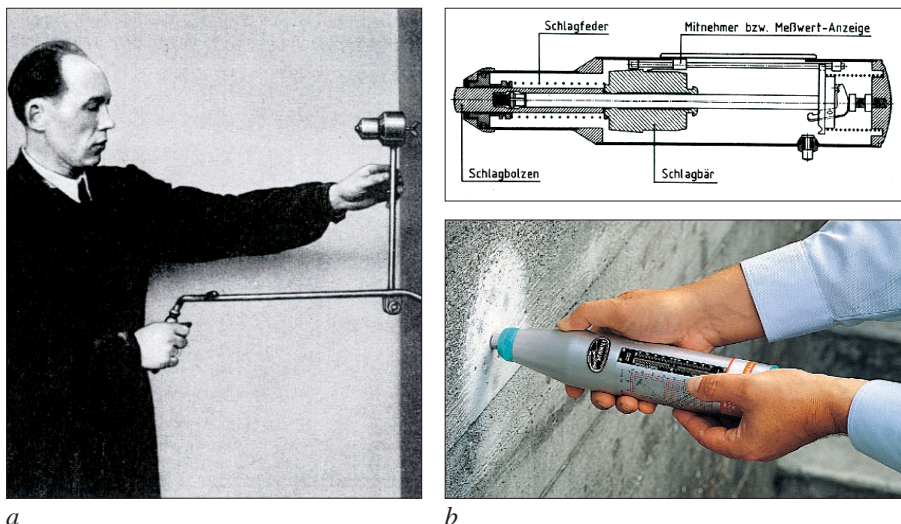


Abb. 1 (a): Anwendung des Pendelhammers [1] (b): Rückprallhammer nach Schmidt Foto: www.proceq.ch

Nachdem Korrosionsschäden wie in **Abb. 2a** infolge zu geringer Betondeckung und Tausalzeinwirkung immer häufiger an Bauwerken aus den 1960er und 1970er Jahren festgestellt wurden und nachfolgend normativ deutlich erhöhte Betondeckungen gefordert wurden, hat dies zur Entwicklung von Betondeckungsmessgeräten geführt, die bei der Zustandsermittlung von geschädigten Bauwerken und zur Qualitätssicherung beim Neubau eingesetzt wurden.

Heute kommerziell erhältliche Geräte weisen unterschiedliche Ausstattungsmerkmale bis zur bildgebenden Darstellung der gemessenen Bewehrung auf (**Abb. 2b** und **Abb. 2c**). Zur Angabe der richtigen Betondeckung ist die Kenntnis des Durchmessers des Bewehrungsstahls erforderlich. Die Eingabe des korrekten Durchmessers sollte aus dem Prüfprotokoll hervorgehen, da ein zu groß eingestellter Durchmesser zu einer Überschätzung der wahren Betondeckung führt und Bereiche mit zu geringer Beton-

deckung unerkannt bleiben. Mit einigen Geräten kann der Durchmesser des Bewehrungsstahls bestimmt werden, sofern die Betondeckung bekannt ist. Auch hier gilt der Grundsatz, nicht „blind“ der Digitalanzeige eines Messgeräts zu vertrauen. Das DBV-Merkblatt [5] zur Messung der Betondeckung weist darauf hin, im Zweifelsfall an repräsentativen Stellen die Bewehrung freizulegen und zu kalibrieren.

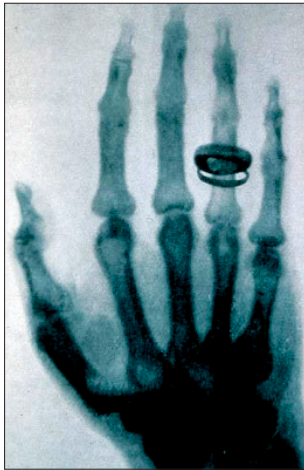
Die insbesondere in den 1980er Jahren erkannte Korrosionsproblematik durch Tausalz hat nachfolgend zur Entwicklung leistungsfähiger Potentialfeldmessgeräte geführt, mit denen pro Tag mehrere hundert Quadratmeter Bauteiloberfläche untersucht werden können, um Verdachtsstellen mit aktiver Korrosion zu lokalisieren.

Die Messergebnisse in Form von Potentialen (kleine Spannungen im Bereich zwischen -100 und -500 mV bei Verwendung einer Kupfer/Kupfersulfatelektrode) können farbcodiert dargestellt werden, was insbesondere Prüfer, die über wenig praktische Erfahrung verfügen, verführt, unkritisch von „vorhandenen“ Korrosionsschäden zu sprechen, wenn ein bestimmter Potentialwert unterschritten wird.

Die Schwierigkeit der Potentialfeldmessung liegt nicht in der Durchführung, sondern vielmehr in der korrekten Interpretation der Ergebnisse. Dazu müssen Randbedingungen des Bauteils (Feuchte- und Chloridgehalt des Betons, Art der Korrosion usw.) berücksichtigt werden. Um zu einer belastbaren Prüfaussage zu kommen, sind in der Regel ergänzen-



Abb. 2 (a): Typisches Schadensbild chloridinduzierter Lochfraßkorrosion durch Tausalz in Verbindung mit zu geringer Betondeckung; (b): Betondeckungsmessgerät im Einsatz; (c): Bildgebende Darstellung der Bewehrung und deren Tiefenlage



a



b

Abb. 3: ZfP in der Medizintechnik (a); Historisch – Röntgenbild der Hand von Albert von Kölliker aus dem Jahr 1896 von Wilhelm Conrad Röntgen [www.wikipedia.de]; (b): Modern: Feindiagnose eines Babys im Mutterleib mit Ultraschall

de Untersuchungen (Bohrmehlanalyse, Ermittlung der Karbonatisierungstiefe und Betonfeuchte) erforderlich.

Am Beispiel der Potentialfeldmessung wird deutlich, dass es mit dem Messen allein nicht getan ist, sondern dass eine Prüfung mit belastbarer Prüfaussage nur von Experten gewährleistet werden kann, die alle nötigen Randbedingungen zu einer richtigen Bewertung zusammenfassen können.

Die ZfP im Bauwesen wird oft an der ZfP in der Medizintechnik mit ihrer eindrucksvollen bildgebenden Darstellung gemessen (Abb. 3). Häufig wird dann auch die Frage gestellt, warum beispielsweise im Stahlbau die Anwendung von Ultraschall bereits seit Jahrzehnten zum Stand der Technik gehört, während sie im Bauwesen noch in der „Kinderschuh“ steckt. Die Aussage mit den „Kinderschuh“ wird insbesondere in Abschnitt 4 widerlegt, der Beispiele für die bildgebende Darstellung von Ultraschallergebnissen im Bauwesen zeigt.

Die Schwierigkeit der ZfP im Bauwesen liegt an der Zusammensetzung des Baustoffs Beton: Luftporen, die die Signale schwächen, Grenzflächen zwischen Zementmatrix und Gesteinskörnung, an denen die Signale gestreut werden, dichte Bewehrung im oberflächennahen Bereich und Spannstähle, die in metallische Hüllrohre mit Mörtel eingebettet sind. Dabei möchte man die Reflexion der Bewehrungstähle und der Hüllrohre sehen, nicht aber die Reflexion der Gesteinskörnung, die in der gleichen Größenordnung liegt. Stahl ist dazu ein vergleichsweise homogener Baustoff.

Im Vergleich zur Medizintechnik oder zur Prüfung an Stahlbauteilen, ist es technisch erforderlich,

an Beton Signale mit deutlich größeren Wellenlängen (Größenordnung Ultraschall: 2 bis 20 cm) und damit geringeren Frequenzen zu verwenden, um dem Problem der starken Schallschwächung hochfrequenter Signale im Beton entgegenzuwirken.

Das erfordert auch Prüfköpfe, deren Durchmesser ein Vielfaches der Wellenlänge aufweist. Da solche Prüfköpfe in der Praxis – insbesondere auf rauen und unebenen Betonoberflächen – nicht einsetzbar wären, werden

zunächst Einzelmessungen mit kleineren Prüfköpfen durchgeführt, die einen breiten Abstrahlwinkel haben.

Um das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern – wahre Reflektoren werden erkennbar, Rauschen wird abgeschwächt – kombiniert man die Daten aus einer Vielzahl von Einzelmessungen durch besondere Auswertungsalgorithmen, wie bei dem in Abschnitt 4 genannten SAFT-Algorithmus [6].

Neben der „intelligenten“ Auswertung von Daten führt auch die Kombination verschiedener Verfahren zu einer Verbesserung der Ergebnisse.

Ein Überblick der im Stahlbetonbau angewandten Verfahren wird u.a. in [16] gegeben, wo z. B. folgende Unterteilung zu finden ist.

- Mechanisch angeregte Verfahren (z. B. Ultraschall [7], Impakt-Echo-Verfahren [8], auch Rückprallhammer)
- Elektromagnetische Verfahren (z. B. Radar durch Aussenden und Reflexion von elektromagnetischen Wellen [9]; aktive Thermografie durch Detektion von Wärmestrahlung nach thermischer Anregung [10]; Radiografie durch Aussenden und Detektion von Röntgen- oder radioaktiver Strahlung [11])
- Elektrochemische Verfahren (z. B. Potentialfeldmessverfahren [12])
- Magnetische Verfahren (z. B. Messung der Betondeckung [13], Remanenzmagnetismus-Verfahren zur Ortung von Spanndrahtbrüchen [14])
- Spektroskopische Verfahren (z. B. Laser-Induzierte Breakdown Spektroskopie [15], [26], [27])

Bei den angegebenen Literaturstellen werden die Grundlagen der Verfahren detailliert beschrieben und praktische Anwendungsbeispiele gegeben.

2 Informationsquellen und Grundlagen erfolgreicher Anwendung

Während klassische Anwendungen wie der Rückprallhammer und Betondeckungsmessgeräte längst zur Standardausrüstung von Bauwerksprüfern gehören, sind neuere Entwicklungen häufig den am Bau Beteiligten nicht bekannt.

Um dem entgegenzuwirken, wurde bereits in den 1990er Jahren von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) das ZfPBAU-Kompodium erstellt (Abb. 4), in dem derzeit 115 ZfPBAU-Verfahren nach einer einheitlichen Gliederung beschrieben werden [22]. Das ZfPBAU-Kompodium ist im Internet verfügbar: www.bam.de/zfpbau-kompodium.htm. Die übersichtliche Gestaltung der einzelnen Seiten erlaubt auch dem „Nicht-ZfP-Spezialisten“, sich einen schnellen Überblick zu einem bestimmten Verfahren hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Anwendungsgrenzen und Aufwand an Zeit und Kosten zu verschaffen. Das Stichwortverzeichnis mit Begriffen zu Prüfaufgaben und Bauwerksschäden hilft schnell, auf der Website ein geeignetes Verfahren zu identifizieren und Kontakt zu Spezialisten herzustellen. Links zwischen den einzelnen Verfahren erlauben das schnelle Auffinden von Alternativen. Doch auch sachkundige Bauwerksprüfer finden

Merkblatt-Nr.	Titel des Merkblattes	Ausgabe-Datum
B 1	Merkblatt für Durchstrahlungsprüfung von Stahl- und Spannbeton	1990
B 2	Merkblatt für Bewehrungsnachweis und Überdeckungsmessung bei Stahl- und Spannbeton	1990
B 3	Merkblatt für elektrochemische Potentialmessung zur Ermittlung von Stahlbetonwerken	1990
B 4	Merkblatt für das Ultraschall-Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung mineralischer Baustoffe und Bauteile	1999
B 5	Merkblatt über thermographische Untersuchungen an Bauteilen und Bauwerken	1993
B 6	Merkblatt über die Sichtprüfung und Endoskopie als optische Verfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen	1996
B 8	Merkblatt über die seismischen Verfahren zur Untergrunderkennung und Ermittlung von Materialkennwerten des Bodens	1996
B 9	Merkblatt über die automatische Dauerüberwachung im Ingenieurbau	2000
B 10	Merkblatt über das Radarverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen	2001
B 11	Impakt-Echo	In Vorbereitung

Tab. 1: Merkblätter der DGZfP [23]

vertiefende Informationen über die Verfahren sowie Standardliteratur und aktuelle Veröffentlichungen. Auch der Auftraggeber findet hier schnell und übersichtlich Informationen, mit denen er feststellen kann, ob der von ihm beauftragte Dienstleister nach dem Stand der Technik arbeitet und Anwendungsgrenzen nicht überschritten werden.

Trotz der Möglichkeiten, die ZfPBAU-Verfahren heute bieten, werden sie oft nur zögerlich angewandt, was häufig mit dem geringen Grad der Normung dieser Verfahren begründet wird. Dabei existieren für die klassischen Verfahren Merkblätter, die von der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) veröffentlicht werden [23] und in Tab. 1 zusammengefasst sind. Diese Merkblätter zeigen Einsatzmöglichkeiten und Grenzen auf. Darüber hinaus werden Grundlagen beschrieben und Fallbeispiele tragen zur Vertiefung bei.

Die in Tab. 1 angegebenen Merkblätter B2, B3 und B10 werden derzeit vom Fachausschuss ZfPBAU der DGZfP überarbeitet und stehen in Kürze der Praxis zur Verfügung. Diese Merkblätter können als

ZfPBAU-Kompodium 2004

[Kontakt](#) | [Impressum](#) | [Englisch](#)

Beginn

Inhalt

Verfahren

Literatur

Stichworte

Hilfe

Kurzbeschreibung

Charakterisierung

Anwendung

Bewertung

Hersteller

Literatur

Sonstige Hinweise

WWW-Links

Version

Ultraschall-Echo für Betonbauteile

Schlüsselwörter: Ablösungen Dickeermessung Estrich Fehlstellen - Feste Fahrbahn - Hohlraum/Hohlstellen - Hüllrohr Klebverbindungen Leerrohrleitung - Risseerkennung - Schallgeschwindigkeit - Schichtdicke Sohlsplatte Spannkanal Spannstahlbruch - Ultraschall - Verbund - Verdrängungskörper - Verklebung - Verpressungsteiler Wanddicke Zementmörtel

Kurzbeschreibung: Messung von an Grenzschichten reflektierten Ultraschallpulsen zur Untersuchung des Inneren von Bauteilen, Frequenzbereich 50 300 kHz. Auch für andere mineralische Baustoffe geeignet.

99BAM5

Klassifizierungen

Technisch: Prüfverfahren mit aufwändigen Geräten

Ausprägung: Zerstörungsfrei

Einsatzort: Messung und Auswertung direkt am Bauwerk möglich

Auswertung: Die Untersuchung liefert Relativwerte vor Ort

Handhabung: Eine Schulung des Prüfpersonals ist notwendig

Zeitaufwand: Weniger als ein Tag

ZfPBAU-Kompodium

Abb. 4: ZfPBAU-Kompodium der BAM aus dem Internet: Seite „Kurzbeschreibung“ für Ultraschall-Echo für Betonbauteile. Jedes der insgesamt 115 Verfahren wird nach einheitlicher Gliederung (Kurzbeschreibung, Charakterisierung, Anwendung usw.) beschrieben.

Grundlage für eine sachgerechte Ausschreibung von ZfPBau-Leistungen dienen. Darüber hinaus erlauben sie dem Auftraggeber zusammen mit den Anwendungshinweisen aus dem ZfPBau-Kompendium, die Leistungen des ausgewählten Dienstleisters zu überprüfen und dessen Sachkunde festzustellen.

Da es im Gegensatz zur ZfP im Stahlbau keine Qualifizierungsnachweise des Prüfpersonals gibt, stellt die Auswahl eines sachkundigen Dienstleisters den nicht ZfP-kundigen Auftraggeber vor eine schwierige Aufgabe.

Dem Auftraggeber kann an dieser Stelle nur geraten werden, mit dem Dienstleister die Kundenanforderungen genau zu erörtern. Bei solchen Gesprächen wird schnell deutlich, ob sich der Dienstleister nur als reiner „Ergebnislieferant“ versteht oder Erfahrung mit der Prüfaufgabe hat und weiß, wie er seine Ergebnisse aufbereiten muss, damit sie weitergenutzt werden können.

Auch der Auftraggeber muss ein Interesse daran haben, Messungen nicht nur der Form halber durchführen zu lassen, sondern der wirkliche Erkenntnisgewinn muss im Vordergrund stehen.

Das kann natürlich gerade beim Bauen im Bestand „unangenehme“ Tatsachen zu Tage fördern. Verschließt man die Augen davor, spart man kurzzeitig Geld; der Bauherr legt aber am Ende ein Vielfaches drauf, wenn umfangreiche Nachträge fällig werden oder sich einzelne Instandsetzungsmaßnahmen als unwirksam herausstellen. Als Beispiel sei hier die unzureichende Detektion bzw. unzureichender Abtrag chloridkontaminierter Bereiche an Verkehrsbauwerken genannt. Wird dieser Punkt nicht sorgfältig bearbeitet, treten schon nach kurzer Zeit teure „Instandsetzungen der Instandsetzung“ auf. Die geeignete Auswahl eines sachkundigen Dienstleisters lässt sich demnach nicht mit der Mentalität „Der Billigste bekommt den Auftrag“ lösen.

Das mag folgendes Beispiel der Potentialfeldmessung verdeutlichen. Das Nichtbeachten bestimmter Randbedingungen kann zu erheblichen Fehlinterpretationen führen: Wird z. B. Sauerstoffarmut infolge Wassersättigung des Betons an der Unterseite eines Fundaments oder an der Rückseite einer Winkelstützwand, nicht berücksichtigt und werden die Messwerte der Potentialfeldmessung einfach nur als „Zahlen“ ausgewertet, sind Fehlinterpretationen vorprogrammiert, die in der Vergangenheit schon zum völlig unnötigen Abriss von Stahlbetonbauteilen geführt haben.

In der Fachliteratur gibt es zahlreiche Beiträge, die die erfolgreiche Anwendung der Potentialfeldmessung beschreiben [19]. Diese und andere Praxiserfahrungen hat der Fachausschuss ZfPBau der DGZfP in einer Überarbeitung des zugehörigen Merkblatts B3 (**Tab. 1**) berücksichtigt, die Anfang 2008 zu Verfügung stehen wird.

3 Qualitätssicherung

In den letzten Jahren geht auch im Bereich ZfPBau die Tendenz weg vom „Troubleshooting“ hin zu präventiven Maßnahmen durch Qualitätssicherung. Praxistaugliche Handgeräte – z. B. Ultraschallgeräte ohne Einsatz von Koppelmittel (**Abb. 5c**) – werden seit einigen Jahren erfolgreich zur Gewährleistung und Kontrolle eines hohen Qualitätsstandards an Tunnelinnenschalen (**Abb. 5a**) eingesetzt [17]. Im Rahmen der Eigenüberwachung wird die Tunnelinnenschale auf Fehlstellen bzw. Minderdicken geprüft. Durch diese Vorgehensweise können die in seltenen Fällen beim Betonieren auftretenden Fehlstellen (**Abb. 5b**) detektiert werden, um Folgeschäden in der Tunnelabdichtung zu vermeiden.

Die Vorgehensweise ist seit 2001 in der RI-ZFP-TU [18] geregelt. Dies hat zu einer verbesserten

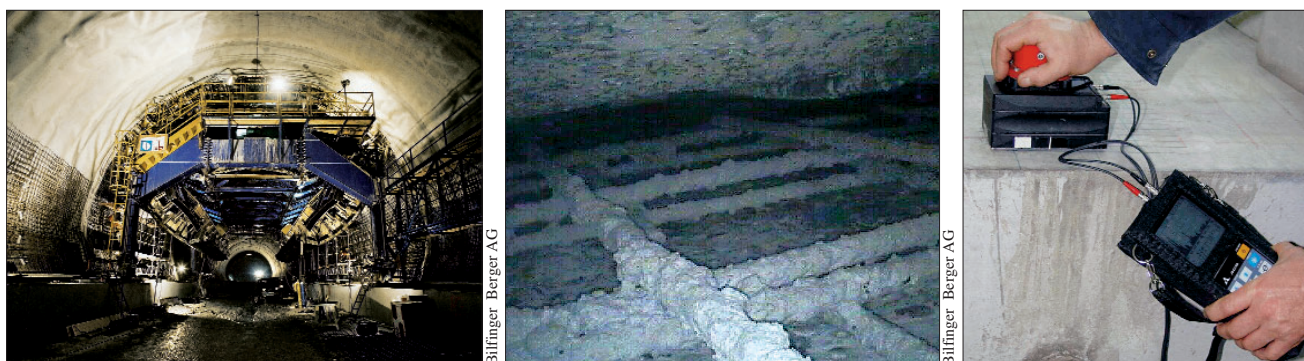


Abb. 5 (a): Tunnelinnenschale; (b): detektierte Fehlstelle mit freiliegender Bewehrung in einer Tunnelinnenschale, (c): Handgerät zur Ultraschallecho-Prüfung

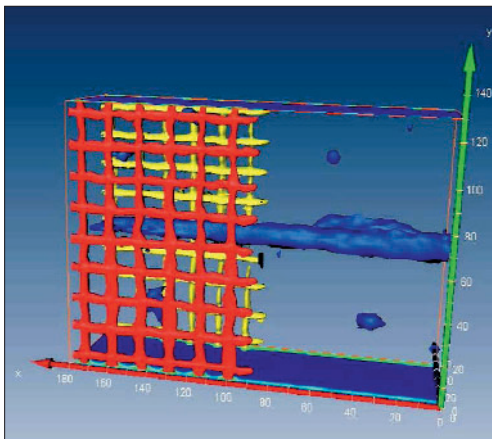
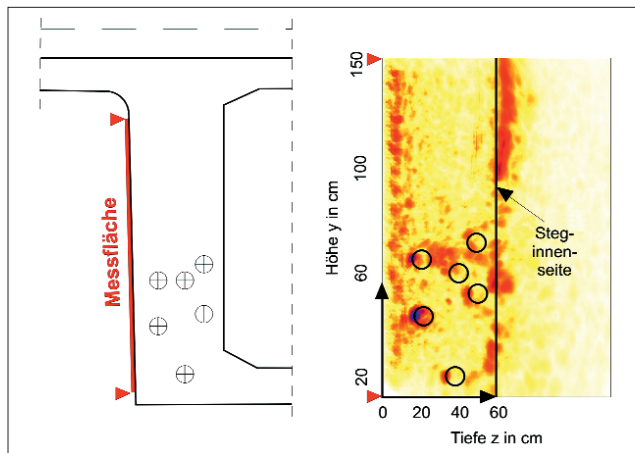


Abb. 6: Kombinierte Ergebnisse von Radar- und Ultraschallechomessungen – bildgebende Darstellung eines Stahlbetonbauteils mit Hüllrohr und Fehlstellen nach SAFT-Rekonstruktion. [24]



a



b

Abb. 7 (a): Von der BAM entwickelter Brückenscanner bei der Messung an einer Hohlkastenaußenwand; (b): Vergleich von Bestandsplan und Messergebnissen: mit Ultraschallecho ermittelte Lage von Spanngliedern nach SAFT-Rekonstruktion [24]

Anwendungssicherheit und zu neuen qualifizierten Dienstleistungen geführt, da die ausführenden Dienstleister ihre Sachkunde bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) nachweisen müssen.

4 Bildgebende Darstellung, Automatisierung und Verfahrenskombination

Die zunehmende Akzeptanz von Messverfahren ist eng mit der nachvollziehbaren Dokumentation von Ergebnissen verbunden. Bildgebende Auswertungsmethoden wie SAFT (Synthetic Aperture Focusing Technique [6]) sind weit fortgeschritten, um Stahlbetonbauteile zu rekonstruieren (Abb. 6). Jedoch sind hierzu engmaschige Prüfraster mit einem Messpunktabstand von 2-5 cm erforderlich. Deshalb spielt die Automatisierung der Messwertaufnahme künftig eine große Rolle. Hierzu existieren bereits von der BAM entwickelte Scannersysteme, mit denen horizontale und vertikale Flächen sowie Brückenbau-

teile über Kopf untersucht werden können (Abb. 7 aus [24]). Die Entwicklung dieser Expertensysteme zielt darauf ab, für ein Bauteil ohne Bestandsplanunterlagen Daten wie Bauteildicke, örtliche Lage und Menge der verlegten schlaffen Bewehrung sowie Spannglieder zu ermitteln und in Verbindung mit weiteren Prüfungen (z. B. Ermittlung der Betondruckfestigkeit) zu rekonstruieren. Die Ergebnisse können dann als Grundlage für eine statische Nachrechnung dienen.

Auch die Kombination verschiedener Verfahren mit dem Ziel ein Maximum an Informationen aus dem Bauteil zu erhalten, wird künftig an Bedeutung gewinnen. Sei es die Kombination von Radar und Ultraschall bei Brückenuntersuchungen wie in [24] oder die Kombination von Potentialfeld-, Betondeckungs- und Widerstandsmessung zur Ermittlung des Bauwerkszustands [25].

5 Schadensdiagnose zur Ermittlung bauschädlicher Salze

Grundlage einer erfolgreichen und dauerhaften Betoninstandsetzung sind Instandsetzungsmaßnahmen, die auf der Grundlage zuverlässiger Daten aus Bauwerksuntersuchungen stammen. Dabei ist die Kenntnis über das Vorhandensein von Chloriden, de-

ren zugehörige Eindringtiefen und Gehalte unerlässlich. Dazu werden klassisch am Bauwerk Bohrmehlproben entnommen, die nass-chemisch analysiert werden. Diese Tätigkeit wird in der Praxis oft als zu arbeits- und kostenintensiv empfunden. Darüber hinaus besteht eine nicht zu vernachlässigende Unsicherheit bei der Umrechnung des Chloridgehalts bezogen auf den Beton (so, wie in der Probe vorhanden) auf den Zement (so, wie zur Ermittlung des kritischen Chloridgehalts gefordert), da der wirkliche Gehalt an Gesteinskörnung in der entnommenen Probe nicht bekannt ist. Darüber hinaus gibt ein aus Bohrmehlproben gewonnenes Tiefenraster von in der Regel 0..20, 20..40 mm usw. nur einen begrenzten Eindruck über das Eindringverhalten.

An der BAM wurde die Laser-induzierten Breakdown Spektroskopie (LIBS), die in anderen Bereichen Technik seit den 1990er Jahren eingesetzt wird, für den Einsatz an mineralischen Baustoffen weiterentwickelt.

Das Verfahren dient der Elementanalyse auf Betonoberflächen, wobei nach entsprechender Kalibrierung u.a. der Elementgehalt an Chlor und Schwefel bzw. Chloriden und Sulfaten angegeben werden kann.

Die Darstellung der Elementgehalte der untersuchten Fläche kann farbcodiert dargestellt werden und gibt einen Eindruck vom Eindringverhalten bauschädlicher Salze (**Abb. 8**). Dabei können Tiefenprofile im mm-Raster (statt wie sonst im cm-Raster) angegeben werden. Die hohe örtliche Auflösung des Messrasters macht den Nachweis von Chloriden sogar in Rissverläufen und Risspitzen möglich. Dies ist bei der Entnahme von Bohrmehl nicht möglich. Darüber hinaus entfällt die Unsicherheit z. B. bei der zuvor beschriebenen Umrechnung auf Chloridgehalte bezogen auf den Zement, weil mit LIBS nur der Anteil von Chloriden in der Zementmatrix bestimmt wird. LIBS wird derzeit bei folgenden Prüfaufgaben angewandt:

- Ermittlung der Zementart (Einordnung im Dreistoffdiagramm) [26],
- Ermittlung des Chloridgehalts [27],
- Ermittlung des Sulfatgehalts [28],
- Ermittlung des Auslagerverhaltens von Alkalien bei der Alkali-Silika-Reaktion [29].

Die drei o.g. Prüfaufgaben können mit einer Messung bearbeitet werden (sofern das Spektrometer alle nötigen Spektrallinien abdeckt), wobei die Daten mit drei verschiedenen Routinen ausgewertet werden. Gegenüber der nass-chemischen Analyse bedeutet dies eine erhebliche Zeiterparnis.

LIBS wird derzeit als Laborverfahren an Bohrkernen eingesetzt, wobei ein baustellentaugliches Gerät derzeit im Rahmen des InnoNet Projekts ILCOM (www.vdivde-it.de/innonet bzw. www.baulibs.de) entwickelt wird und dem Markt in Zukunft zur Verfügung stehen soll.

Damit sollen im Rahmen der Qualitätssicherung Chloridgehalte unmittelbar auf der Baustelle bestimmt werden, z. B. ob der Abtrag von chloridkontaminiertem Beton ausreichend ist. Prüfungen mit LIBS zum Sicherstellen einer erfolgreichen und dauerhaften Instandsetzungsmaßnahme er-

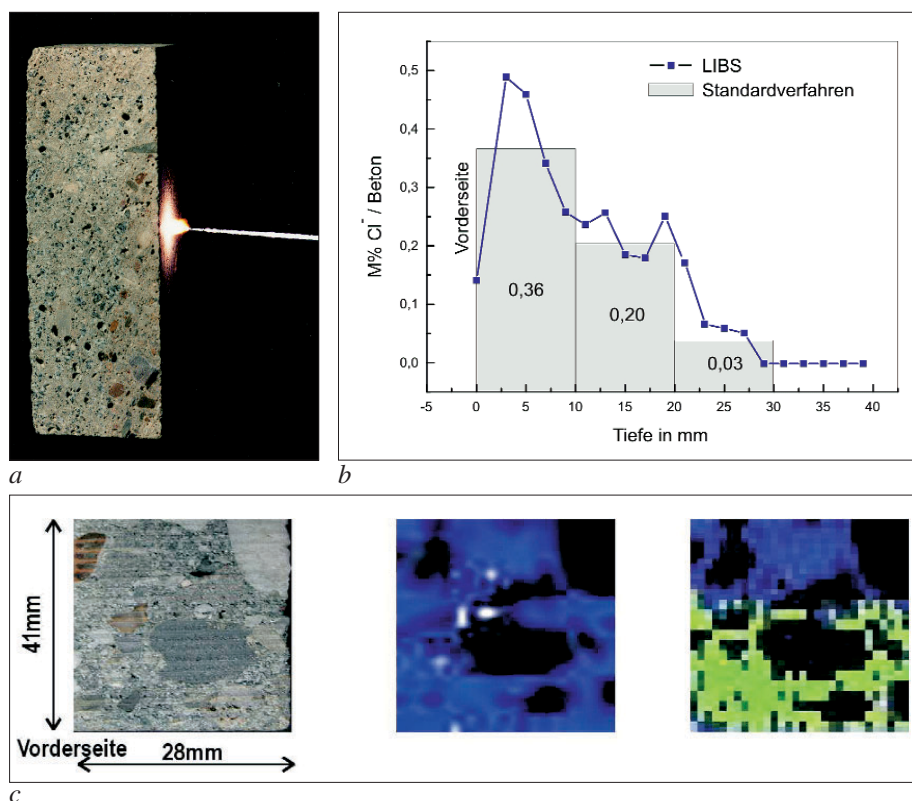
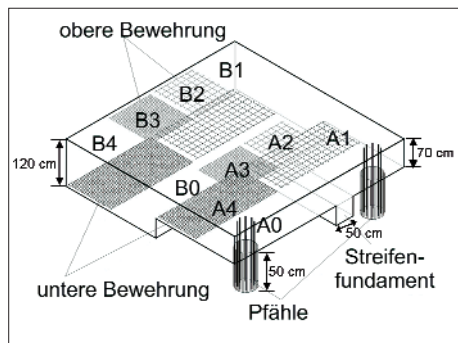


Abb. 8 (a): Auf der Betonoberfläche auftreffender Laser und ausgesandte elementenspezifische Strahlung
 (b): Mit LIBS bestimmtes Tiefenprofil der in den Beton eingedrungenen Chloride in M%Cl-/Beton im Vergleich zur chemischen Analyse
 (c): Links: untersuchte Betonoberfläche. Mitte: farbcodierte Darstellung der Gesteinskörnung (schwarz) und der Zementmatrix (blau und weiß). Rechts: in die Zementmatrix eingedrungene Chloride (hellgrün) [15], [27]

fordern zwar einen höheren gerätetechnischen Aufwand, sie werden aber einfacher, schneller und zuverlässiger sein, was zu geringeren Personalkosten bei gleichzeitig größerer Anzahl von Prüfstellen und zur Vermeidung von teuren Reparaturmaßnahmen führt.



a

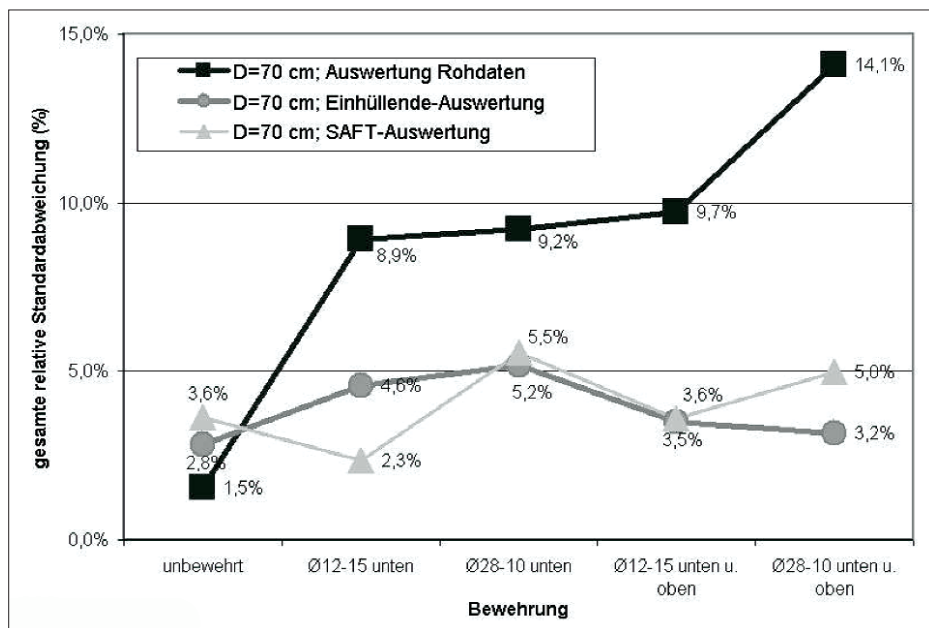
b

6 Validierung

Wie in den vorigen Abschnitten gezeigt, stehen leistungsfähige ZfPBau-Verfahren zur zuverlässigen Bearbeitung von Prüfaufgaben zur Verfügung. Damit ein Kunde ein Verfahren anwendet, möchte er im Vorfeld sicherstellen, dass seine Anforderungen erfüllt werden.

Dazu werden neuerdings auch bei der ZfP im Bauwesen Validierungen durchgeführt, die in anderen Bereichen der Technik, z. B. in der Pharmazie oder im Flugzeugbau, bereits jahrelang Stand der Technik sind.

Dabei steht die Validierung am Ende des in **Abb. 9** (aus [20]) dargestellten Prozesses, wenn der Nachweis erbracht ist, dass das charakterisierte Verfahren die Kundenanforderungen erfüllt. Auf diese Weise ist es möglich, Vertrauen in neue ZfPBau-Verfahren zu fördern, deren Anwendungssicherheit zu verbessern und neue



c

Abb. 10 (a): Fundament an dem die Untersuchungen durchgeführt wurden (b): Verschiedene Bewehrungsgehalte des Fundaments vor dem Betonieren (c): Aus allen Unsicherheitsbeiträgen ermittelte Gesamtstandardunsicherheit der Fundamentdickenmessung in Abhängigkeit der Datenauswertung und Bewehrung für eine Bauteildicke von 70 cm. [31]

Märkte für zuverlässige ZfP-Dienstleistungen zu schaffen.

Als Beispiel sei die Dickenmessung von Fundamenten angeführt. Die Prüfaufgabe ist dabei die zuverlässige Ermittlung der Dicke eines Stahlbetonfundaments. Die Angabe dieser Dicke ist aufgrund von Einflussgrößen wie z. B. zufälliger Abweichungen des Messgeräts, Abweichungen bei der Ankopplung des Prüfkopfs, Streuung der Schallgeschwindigkeit im Beton aufgrund ungleichmäßiger Verdichtung usw. mit Unsicherheit behaftet. Die Gesamtmessunsicherheit (Standardabweichung) der Fundamentdickenmessung mit Ultraschallecho unter Verwendung von Transversalwellen wurde durch umfangreiche Messungen an dem in **Abb. 10a** und **Abb. 10b** dargestell-

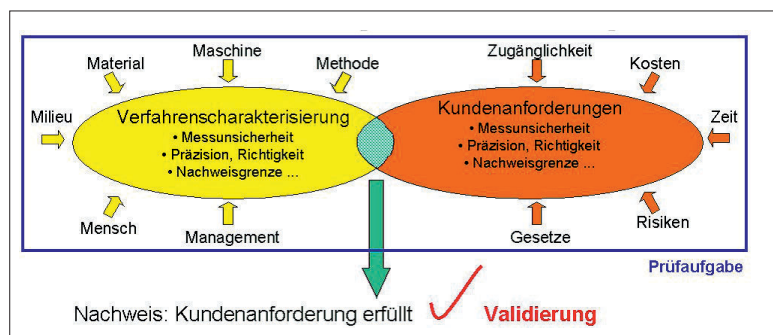


Abb. 9: Durchführung einer Validierung. Die Validierung steht am Ende eines Prozesses aus Verfahrencharakterisierung, Ermittlung der Kundenanforderungen und Nachweis, dass diese erfüllt werden. [20]

ten Fundament nach der Methode des GUM [21] ermittelt. Die Gesamtunsicherheit der Dickenmessung ist in **Abb. 10c** für den 70 cm dicken Bereich in Abhängigkeit des zunehmenden Bewehrungsgehalts und verschiedener Auswertungsmethoden zusammengefasst.

Nachfolgend werden die für den Anwender aus **Abb. 10c** wichtigen Schlussfolgerungen für die Messung mit Ultraschall-Transversalwellen an einem Stahlbetonfundament der Dicke 70 cm (zzgl. 5 cm Magerbeton) beschrieben:

- Für unbewehrte Fundamente liefern Ergebnisse aus Rohdaten mit 1,5% die geringsten Unsicherheiten (95% aller Messwerte liegen zwischen 69 und 71 cm).
- Für bewehrte Fundamente nimmt die Unsicherheit der aus Rohdaten gewonnenen Ergebnisse bis auf fast 15% zu, was für baupraktische Fragestellungen nicht tolerabel ist. Ergebnisse aus Rohdaten sind nur für unbewehrte Bauteile verwertbar.

■ Für bewehrte Fundamente werden durch Anwendung der Einhüllenden- (geringer Aufwand an Datenbearbeitung) bzw. SAFT-Auswertung (größerer Aufwand an Datenbearbeitung) erhebliche Verbesserungen erzielt, die zu Gesamtunsicherheiten zwischen rd. 2 bis 6% führen. Für bewehrte Bauteile sind Ergebnisse mit geeigneten Auswertungsalgorithmen zu bearbeiten.

Die oben zusammengefassten Erkenntnisse fließen in die Beratung des Kunden ein, ihm einen vertretbaren Aufwand für seine Prüfaufgabe anbieten zu können. Die ermittelten Messunsicherheiten gelten strenggenommen nur für das untersuchte Fundament. Ihre Größenordnung kann aber auch für ähnliche Fundamente herangezogen werden, wenn z. B. ein Statiker bei der Wiedernutzung eines Fundaments die Angabe der anzusetzenden Fundamentdicke auf einem bestimmten Vertrauensniveau benötigt. Auf diese Weise kann die Anwendung der Validierung auf zerstörungsfreie Prüfaufgaben zur Beschaffung zuverlässiger Daten beitragen.

7 Literatur

- [1] Gaede, K.: Die Kugelschlagprüfung von Beton, in: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton Heft Nr. 107, Beuth Verlag Berlin (1952)
- [2] DIN 1048 Prüfverfahren für Beton – Teil 2: Festbeton in Bauwerken und Bauteilen, 1991-06
- [3] DIN EN 12504-2 Prüfung von Beton in Bauwerken, Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung, Bestimmung der Rückprallzahl, Ausgabe:2001-12, Beuth Verlag, Berlin
- [4] DIN EN 13791 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen, 2006-07
- [5] DBV-Merkblatt: Betondeckung und Bewehrung, Fassung Juli 2002, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein, Berlin (2002)
- [6] Schickert, M., Krause, M. und W. Müller: Ultrasonic Imaging of Concrete Elements Using Reconstruction by Synthetic Aperture Focusing Technique, in: Journal of Materials in Civil Engineering, 5/6 (2003) S. 235-246.
- [7] Krause, M.: Ultraschallechoverfahren an Betonbauteilen, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 2 Strukturauflklärung, Abschn. 2.4, S. 341-352.
- [8] Wiggenhauser, H.: Impact-Echo, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 2 Strukturauflklärung, Abschn. 2.6, S. 358-365
- [9] Kind, T. und C. Maierhofer: Das Impulsradarverfahren – ein Verfahren zur zerstörungsfreien Strukturauflklärung in Bauwerken, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 2 Strukturauflklärung, Abschn. 2.3, S. 333-341
- [10] Arndt, R., Hillemeier, B., Maierhofer, C., Rieck, C., Röllig, M. und A. Walther: Zerstörungsfreie Ortung von Fehlstellen und Inhomogenitäten in Bauteilen mit der Impuls-Thermografie, Bautechnik 81 (2004) 10, S. 786 – 793
- [11] Redmer, B., Likhatchev, A., Weise, F. and U. Ewert: Location of Reinforcement in Structures by Different Methods of Gamma-Radiography, in: DGZfP (ed.); International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE) in Berlin, Germany, September 16-19, 2003, Proceedings on BB 85-CD
- [12] Mietz, J. und A. Burkert: Elektrochemische Verfahren zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 3 Materialeigenschaften, Abschn. 3.1, S. 379-384
- [13] Flohrer, C.: Orten der Bewehrung und Messen der Betondeckung, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 2 Strukturauflklärung, Abschn. 2.8, S. 370 – 379
- [14] Scheel, H. und B. Hillemeier: Das Remanenzmagnetismus-Verfahren – ein Verfahren zur Ortung von Spannstaahlbrüchen, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 2 Strukturauflklärung, Abschn. 2.7, S. 365-369
- [15] Taffe, A., Wilsch, G., Schaurich, D., und F. Weritz: Einsatz der Laser-Induzierten Breakdown Spektroskopie (LIBS) im Bauwesen. Teile 1 und 2, Beton- und Stahlbetonbau 99 (2004) 8 und 9, S. 693-695, S. 761-762
- [16] Taffe, A. und H. Wiggenhauser: Zerstörungsfreie Zustandsermittlung und Qualitätssicherung in der Betoninstandsetzung, Beton- und Stahlbetonbau, Spezial `Erhaltung, Verstärkung, Instandsetzung` 7 (2005) S. 2-14
- [17] Schickert, M.: Qualitätssicherung am Beispiel von Tunnelinnenschalen, in: Zerstörungsfreie Prüfverfahren und Bauwerksdiagnose im Betonbau, Fachtagung des DAfStb, Berlin, 10.-11.03.2005, DAfStb, Berlin (2005), Veröffentlicht im Heft 565 der Schriftenreihe des DAfStb

- [18] Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU) Ausgabe 2001, Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrsblatt-Dokument Nr. S 1050, Verkehrsblatt-Verlag (2001).
- [19] Sodeikat, C., Gehlen, C. und P. Schießl: Auffinden von Bewehrungskorrosion mit Hilfe der Potentialfeldmessung, Beton- und Stahlbetonbau 97 (2002) 9, S. 437-444.
- [20] Taffe, A. und H. Wiggenhauser: Validierung von ZfP-Verfahren im Bauwesen, in: Tagungsband zur Bauwerksdiagnose 2006, Berlin, 23.-24.02.2006, DGZfP BB 100-CD, Vortrag 14
- [21] DIN V ENV 13005: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, deutsche Übersetzung: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Beuth-Verlag, Berlin (1999)
- [22] Schickert, G., Krause, M. und H. Wiggenhauser: ZfPBau-Kompendium, Internetpräsenz: <http://www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm> (2004).
- [23] Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung: Richtlinien der DGZfP (2006), Internetpräsenz: <http://www.dgzfp.de/?page=iz/pub&pub=richtlinien> (2006).
- [24] Streicher, D., Taffe, A., Kohl, C. und H. Wiggenhauser: Automatisierte zerstörungsfreie Zustandsuntersuchungen von Brückenbauwerken, Beton- und Stahlbetonbau 101 (2006) 5, S. 330-342
- [25] Schneck, U.: Qualifizierte Korrosionsuntersuchungen an Stahlbetonbauwerken, Bautechnik 82 (2005) 7, S. 443-448
- [26] Wilsch, G. und F. Weritz, Anwendung der Laser-Induzierten Breakdown Spektroskopie (LIBS) im Bauwesen, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 3 Materialeigenschaften, Absch. 3.2, S. 386-392
- [27] Weritz, F. und G. Wilsch, Einsatz der laserinduzierten Breakdown Spektroskopie (LIBS) zur Bestimmung des Chloridgehalts in Beton, in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 3 Materialeigenschaften
- [28] Weritz, F., Ryahi, S., Schaurich, D., Taffe, A. and G. Wilsch, Quantitative determination of sulfur content in concrete with laser-induced breakdown spectroscopy, Spectrochimica Acta Part B, Elsevier 60 (2005) 7-8, pp. 1121-1131
- [29] Molkenhain, A., Wilsch, G., Weritz, F., Taffe, A. und D. Schaurich, Visualisierung des Anionen- und Kationentransportes sowie die Quantifizierung des Cl- und S-Gehaltes mittels laserinduzierter Breakdown-Spektroskopie (LIBS), Zement + Beton 1 (2007) S. 30-33
- [30] Taffe, A., Dickenmessung von Fundamenten und Ermittlung der Messunsicherheit, Bergmeister, K., Wörner, J.-D. (Hrsg.); BetonKalender 2007, Verkehrsbauteil-Flächentragwerke. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, Bd. 1, Kapitel V Echoverfahren in der zerstörungsfreien Zustandsuntersuchung von Betonbauteilen, Absch. 12, S. 573-581

Herausgeber:

Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik e.V.
Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä, Kurfürstenstr. 129, 10785 Berlin
E-Mail: info@bvpi.de, Internet: www.bvpi.de

ISSN 1430-9084

Redaktion:

Klaus Werwath, Lahrring 36, 53639 Königswinter
Tel.: 0 22 23/91 23 15, Fax: 0 22 23/9 09 80 01
E-Mail: Klaus.Werwath@T-Online.de

Technische Korrespondenten:**Baden-Württemberg**

Dr.-Ing. Frank Breinlinger, Tuttlingen

Bayern:

Dr.-Ing. Robert Hertle, Gräfelfing

Berlin:

Dipl.-Ing. J.-Eberhard Grunenberg, Berlin

Brandenburg:

Prof. Dr.-Ing. Gundolf Pahn, Herzberg

Bremen:

Dipl.-Ing. Uwe Sabotke, Bremen

Hamburg:

Dipl.-Ing. Horst-Ulrich Ordemann, Hamburg

Hessen:

Dipl.-Ing. Bodo Hensel, Kassel

Mecklenburg-Vorpommern:

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Krüger, Wismar

Niedersachsen:

Dipl.-Ing. Wolfgang Wienecke, Braunschweig

Nordrhein-Westfalen:

Dipl.-Ing. Josef G. Dumsch, Wuppertal

Rheinland-Pfalz:

Dipl.-Ing. Günther Freis, Bernkastel-Kues

Saarland:

Dipl.-Ing. Gerhard Schaller, Homburg

Sachsen:

Prof. Dr. sc.techn. Lothar Schubert, Leipzig

Sachsen-Anhalt:

Dipl.-Ing. Undine Klein, Halle

Schleswig-Holstein:

Dipl.-Ing. Kai Trebes, Kiel

Thüringen:

Dipl.-Ing. Volkmar Frank, Zella-Mehlis

BVPI/DPÜ/BÜV:

Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann

TOS:

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer

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 Arbeitstagen der Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik gehalten worden sind.

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

„Der Prüfmgenieur“ erscheint mit zwei Ausgaben pro Jahr.

Bestellungen sind an den Herausgeber zu richten.

