



DER PRÜFINGENIEUR

Das Magazin der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik

- Prüfsachverständige fordern bundesweit hoheitliche bautechnische Prüfung
- EU-Normung: BVPI verankert deutsches System unabhängiger Kontrolle
- Verfassungsrechtler: Prüfsachverständige prinzipiell als Beliehene einordnen
- Zwei Lösungen für das Lückenproblem harmonisierter Produktnormen
- Drohnen oder Smartphones: Tools für BIM und die Bauwerksüberwachung
- Wege zur Ermittlung realistischer künftiger Belastungen von Straßenbrücken
- Update der Industriebaurichtlinie erweitert technische Optionen des Holzbaus

www.bvpi.de | ISSN 1430-9084



November 2018 |

53

Der Königsweg



Dr.-Ing. Hartmut Kalleja
Präsident der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI); Geschäftsführender Gesellschafter des Ingenieurbüros Specht Kalleja + Partner Beratende Ingenieure GmbH (Berlin)

Sicherheit ist nicht verhandelbar! Diese Erkenntnis hat sich in vielen Ländern der EU seit vielen Jahrzehnten zu elementarer Gewissheit entfaltet. Und doch haben die Mitgliedstaaten der EU vor ein paar Jahren eine Vorschrift in Kraft gesetzt, die diese Erkenntnis rücksichtslos negiert: die Bauproduktenverordnung. Mit ihr hat die EU politischer Erwägungen wegen gesicherte bisherige Prinzipien auf den Kopf und diffuse wirtschaftliche Marktinteressen höher gestellt als die konkrete bautechnische Sicherheit ihrer Bevölkerungen.

Die Bauproduktenverordnung verbietet es bekanntlich, defektive *europäisch harmonisierte Bauprodukte* (hEN) mit zusätzlichen nationalen Qualitätskriterien zu vervollständigen, um national geltende Sicherheitsstandards erfüllen zu können. Dieses Verbot hat in Deutschland signifikante Komplikationen in Form von sicherheitsempfindlichen Qualitätslücken in vielen Normen ausgelöst. Im Zentrum dieser Komplikationen stehen die Prüfsachverständigen. Ihnen ist ja im Zuge der Privatisierung und Deregulierung staatlicher bauaufsichtlicher Obliegenheiten in den neunziger Jahren oktroyiert worden, die Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen zu überwachen, zu prüfen und zu bescheinigen – und zwar in rein privatem Auftrag. Seither vollziehen sie keine hoheitlichen bauaufsichtlichen Aufgaben mit amtlicher Rückendeckung mehr, sondern sind einem privatwirtschaftlichen Haftungsrisiko nach zivilrechtlichen Grundsätzen unterworfen – sie sind also nicht mehr komplett unabhängig vom Bauherrn, was unter dem Aspekt der bautechnischen Sicherheit ein bedenklicher Zustand ist.

Diese Situation wird noch dadurch verschärft, dass die nationalen Konsequenzen der Bauproduktenverordnung dem Prüfsachverständigen oder dem Prüfsachverständigen Entscheidungen abverlangen, die sie unter professionell korrekten Bedingungen überhaupt nicht treffen können, weil ihnen gesicherte Informationen und exakte Leistungsdefinitionen von Bauprodukten verweigert werden (Stichwort: „NPD“, der Wissen-de weiß, was gemeint ist). Dem hoheitlich tätigen Prüfsachverständigen steht da die Amtshaftung zur Seite ...

Diese prekäre Situation zersetzt seit Jahren die Überzeugungen vom Primat bautechnischer Sicherheit vor Profitabilität, und sie bedeutet,

was mit Zahlen bewiesen werden kann, eine eklatante Reduzierung der Bauwerkssicherheit; und damit auch – wegen der Beseitigung vermeidbarer Mängel und Schäden – einen präzise messbaren Anstieg der Baukosten (siehe dazu auch ausführlich: *DER PRÜFINGENIEUR*; Heft 49, Mai 2016, Seite 10 ff.).

Das alles verlangt nach Abhilfe. Es sei nun „höchste Zeit zum Handeln“, hat deshalb mein Vorgänger im Amt, Dr.-Ing. Markus Wetzel, an dieser Stelle vor einem Jahr konstatiert und Maßnahmen angekündigt. Die sind mittlerweile in Gang gesetzt worden.

Und zwar – unter anderem – in Form eines Gutachtens, das einer der renommiertesten Staatsrechtler Deutschlands geschrieben hat, Prof. Dr. jur. Dr. sc. pol. Udo Di Fabio. Er war jahrelang Richter des Bundesverfassungsgerichts und ist heute Direktor des Instituts für Öffentliches Recht der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Er hat die „Sicherheit von Bauwerken unter Binnenmarktbedingungen“ untersucht und die „staatliche Gewährleistungs- und Integrationsverantwortung für die Standsicherheit und den Brandschutz von Bauwerken, Gebäuden und Konstruktionen der Infrastruktur“ analysiert. Er kommt zu dem Schluss, die sicherheitsrelevante Qualitätslücke, die sich in Deutschland auf Grund der nationalen Folgen der Bauproduktenverordnung aufgetan hat, verlange die vorbehaltlose Erkenntnis, dass „die Tätigkeit des Prüfsachverständigen, der an Stelle der Bauaufsichtsbehörde zu prüfen hat, ob das Bauvorhaben in statisch-konstruktiver Hinsicht den Anforderungen des Bauordnungsrechts entspricht ... im öffentlichen Interesse steht“, nämlich im Interesse der Gefahrenabwehr (siehe auch Seite 16).

Dieses Gutachten hat der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) aus berufener Feder glaubwürdig und überzeugend attestiert, dass ihre seit Jahren diesbezüglich erhobenen Forderungen gerechtfertigt und keine Propagandafloskeln sind. Und deshalb drängt sie im Namen ihrer Mitglieder nun mit noch mehr Nachdruck darauf, dass die Prüfung der Planungsunterlagen im Dienste der bautechnischen Sicherheit künftig grundsätzlich hoheitlich zu erfolgen habe.

Wer übrigens Anstoß daran nehmen sollte, dass die Bundesvereinigung das Gutachten selbst in Auftrag gegeben hat, der sollte sich davon überzeugen, dass es reine Jurisprudenz atmet und keine Interessenpolitik darstellt. Das Gutachten, zumindest in Auszügen, steht auf der Website der Bundesvereinigung, wo sich jeder davon überzeugen kann, dass nur die hoheitliche Prüfung mit Hilfe amtlich beliehener Prüfsachverständigen der Königsweg zu sicheren Bauwerken ist.



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)



Foto: Fotolia, World Travel Images

ABSOLUT EINDEUTIG war die Forderung, die der neue Präsident der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, bei der Eröffnung der Arbeitstagung seiner Vereinigung Ende September in Münster erhob: Die Prüfung bautechnischer Unterlagen sollte bundesweit nur hoheitlich erfolgen. Den Bericht über die Ergebnisse der Arbeitstagung und die Begründung, die Kalleja für die Forderung der deutschen Prüfingenieure und Prüfsachverständigen vorbrachte, finden Sie ab **Seite 6**

EDITORIAL

Dr.-Ing. Hartmut Kalleja:
Der Königsweg 3

NACHRICHTEN

Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik:	
Die Prüfung bautechnischer Planungsunterlagen sollte bundesweit grundsätzlich hoheitlich erfolgen	6
Dank und Anerkennung nach fünfzehnjähriger Tätigkeit: Manfred Tiedemann wurde in den Ruhestand verabschiedet	11
Kalleja und Wetzel werben auf internationalem Parkett für die unabhängige bautechnische Prüfung	11
Die Bundesvereinigung der Prüfingenieure hat einen neuen Vorstand	12
Henning Dettmer neuer Geschäftsführer der BVPI	12
Neuer Lehrgang für sachkundige Planer für Betoninstandhaltung:	
Ein wesentlicher Baustein für eine qualitätsgerechte Planung und Überwachung von Instandsetzungsmaßnahmen	13
Stand der Arbeit der PRB: BVPI verhindert die Eliminierung deutscher Prinzipien der unabhängigen Prüfung aus den künftigen Eurocodes	14
Thomas Herbert neuer Leiter des BVPI-Koordinierungsausschusses Brandschutz	15
Früherer BVPI-Präsident Dr.-Ing. Günter Timm wurde 80 Jahre alt	16
Verfassungsrechtler Di Fabio begutachtet die Bauproduktenverordnung:	
Prüfsachverständige müssen grundsätzlich als Beliehene eingeordnet werden	16
Arbeitstagung der Bundesvereinigung 2019 im nächsten Jahr in Hannover	17



SCHLOSS HERRENHAUSEN in Hannover wird der Veranstaltungsort der nächsten Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) sein, die am 13. und 14. September 2019 stattfinden wird. Das Schloss ist – nach vollständiger Zerstörung und Wiederaufbau – heute eines der modernsten Veranstaltungsstätten Europas. Erste Informationen über die Tagung sind zu finden auf Seite 17



DROHNEN UND SMARTPHONES sind die neuesten Werkzeuge für die Bauwerksüberwachung und für die BIM-Modellierung. Sie bieten den Ingenieuren neue Ebenen der Präzision und Deutlichkeit. Unser Foto zeigt einen Teil der dafür nötigen Labor-Ausstattung der Universität der Bundeswehr in München, an der die Praktikabilität dieser neuen Werkzeuge theoretisch und vor Ort getestet wird. Der Artikel darüber steht auf Seite 27

BAURECHT

Dr.-Ing. Lars Eckfeldt:

Aktuelles aus dem Deutschen Institut für Bautechnik: ETAs, Bauartgenehmigungen und DIBt-Gutachten / Stand der Umsetzung des neuen Bauordnungsrechts und Lösungen für das Problem der lückenhaften harmonisierten Produktnormen 18

BIM/BAUWERKSÜBERWACHUNG

M.Sc. Thomas Hertle / M.Sc. Maximilian Garsch / Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gebbeken: Die aktuellen Vorgehensweisen bei der Bauwerksprüfung und der Dokumentation sind heute nicht mehr zeitgemäß / Drohnen und Smartphones sind die neuen Werkzeuge für Bauwerksüberwachungen und die BIM-Modellierung 27

STRASSENBRÜCKEN

Dr.-Ing. Sebastian Böning:

Grundlagen der Ermittlung statischer Lastmodelle für Neubau und Nachrechnung von Straßenbrücken / Objektspezifische Untersuchungen zeigen zum Teil deutliche Abstände zu den festgelegten Ziellastniveaus 45

BRANDSCHUTZ

Dr.-Ing. Jürgen Wiese:

Schutzziele, Nachweise und Entwurfsgrundsätze für Industriebauten ohne Brandschutz-Bemessung der Bauteile / Aspekte der Standsicherheit von Tragwerken und neue Möglichkeiten für die Holzbauweise 56

IMPRESSUM

66

Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik wählte Hartmut Kalleja zu ihrem neuen Präsidenten

„Die Prüfung bautechnischer Planungsunterlagen sollte in ganz Deutschland grundsätzlich hoheitlich erfolgen“

Mit dem beschwörenden Appell, endlich zu begreifen, dass die Prüfung bautechnischer Planungsunterlagen prinzipiell hoheitlich zu erfolgen habe, weil die Sicherheit der Bevölkerung nicht verhandelbar sei, hat die Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik (BVPI) anlässlich ihrer jüngsten Arbeitstagung Ende September in Münster die zuständigen Politiker in Bund und Ländern aufgefordert, das hoheitlich mandatierte Vieraugenprinzip endlich auch in jenen Bundesländern einzuführen, in denen es bisher noch nicht realisiert worden ist. Erhoben hat diese Forderung der neue Präsident der BVPI, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, und er hat sie begründet mit dem Hinweis auf die grundgesetzliche Verpflichtung des Staates, für Sicherheit und Ordnung und die Unversehrtheit von Leib und Leben der Bürger zu sorgen. Kalleja war einen Tag zuvor von der Mitgliederversammlung der BVPI einstimmig zum Nachfolger von Dr.-Ing. Markus Wetzel gewählt worden, der dieses Amt sechs Jahre innehatte.

Mit dieser seiner ersten Aktion offizieller berufspolitischer künftiger Handlungen als Präsident der Bundesvereinigung der Prüfmgenieure hat Kalleja ein neues Kapitel im Geschichtsbuch der BVPI und der nahezu einhundertjährigen Historie des Berufs der Prüfmgenieure und Prüfsachverständigen in Deutschland begonnen. Denn mit seiner Präsidentschaft, die er „als Verpflichtung empfindet, die BVPI mit Umsicht und Weitblick in die Zukunft zu führen“, beginnt auch eine neue Ära der Geschäftsführungen der BVPI, weil der bisherige Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann, nach fünfzehnjähriger Tätigkeit zum 1. November in den Ruhestand gewechselt ist. Er wird von Rechtsanwalt Henning Dettmer abgelöst, mit dem zusammen Kalleja nun seine Amtsperiode gestalten wird (siehe auch die entsprechenden Beiträge auf den Seiten 11 und 12)

Kalleja ist Geschäftsführender Gesellschafter des Berliner Ingenieurbüros Specht Kalleja + Partner Beratende Ingenieure GmbH und hat als Beratender Ingenieur und Prüfmgenieur



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

NEUER PRÄSIDENT der Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik (BVPI): Dr.-Ing. Hartmut Kalleja (Berlin)

für Standsicherheit zahlreiche große Bauvorhaben in Berlin und darüber hinaus betreut, beispielsweise den Neubau des Humboldt-Forums und den des U-Bahnhofs Unter den Linden in Berlin-Mitte.

Kalleja löst in seinem neuen Amt seinen Hamburger Kollegen Dr.-Ing. Markus Wetzel ab, der das Präsidentenamt seit 2012 geführt und in dieser Zeit die Stellung und das Ansehen des unabhängigen bautechnischen Prüfwesens in Deutschland und in der EU deutlich stabilisiert und konsolidiert hat. Daran erinnerte Kalleja seine Kollegen aus ganz Deutschland anlässlich der diesjährigen Mitgliederversammlung der Bundesvereinigung in Münster, wo er Wetzels „unermüdlichen Einsatz und andauerndes Engagement“ lobte, die die „wesentlichen Erfolgsfaktoren für die Ausarbeitung jenes Zukunftskonzepts der BVPI“ gewesen seien, das aus den empirischen Resultaten und gesellschaftspolitischen Erkenntnissen der selbstkritischen Analyse der Stärken und Schwächen der BVPI entwickelt worden ist, deren Wegweisungen



Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam

HAT SECHS JAHRE LANG verdienstvoll als Präsident gewirkt: Dr.-Ing. Markus Wetzel (Hamburg)

er, Kalleja, nun in den kommenden Jahren werde nutzbringend in die Praxis umsetzen können. Anerkennend äußerte sich Kalleja auch darüber, dass Wetzel „sehr frühzeitig die negativen Auswirkungen“ des EuGH-Urteils zur Anwendung der Bauproduktenverordnung der EU, mit dem die nationale Revision EU-harmonisierter Normen verboten worden ist, erkannt und deren widrigen Weiterungen und haftungsrechtlichen Risiken für die Prüfmgenieure öffentlich verbal und schriftlich unzweideutig angeprangert habe. Auch sei Wetzel „nicht müde geworden, immer wieder auf die Wichtigkeit der Tätigkeit eines Prüfmgenieurs als staatlich beliehener Unternehmer hinzuweisen“. Und die Energie und Vehemenz mit der Wetzel sich sechs Jahre lang für die öffentliche Bewusstmachung des Sinns und der ordnungspolitischen und volkswirtschaftlichen Vorteile des Vieraugenprinzips und für die direkte deutsche Einwirkung auf die Entwicklung der europäischen Normen strapaziert habe, könne ihm niemand im Verband vergelten. Erst wenn die positiven Ergebnisse dieses Wirkens sichtbar würden – Beispiel Eurocodes –, könne man, so Kalleja abschließend, beurteilen und würdigen, wie wichtig es war, die inhaltliche Weiterentwicklung der Eurocodes von Anfang an zu begleiten und mitzusteuern.

Etwas Wehmut kam in dieser Sitzung auf, als drei der verdienstvollsten Mitglieder aller bisherigen Bundesvorstände der BVPI in den Verbandsruhestand verabschiedet wurden, den sie sich selbst gewünscht hatten: Dipl.-Ing. Peter Otte aus Neustrelitz, der jahrelang als Vizepräsident gedient hat, Dr.-Ing. Dietmar H. Maier aus Karlsruhe, der für die Kontakte zu den Bundesbehörden zuständig war, und Dr.-Ing. Dieter Winselmann aus Braunschweig, der mit scharfem Blick und spitzem Stift die Finanzen des Bundesverbandes managte. Alle drei haben von ihrem mit ihnen aus seinem Amt scheidenden Präsidenten freundlichste und freundschaftliche Worte des Dankes des ganzen Vorstandes und der Mitglieder der Bundesvereinigung in Empfang nehmen können.

Freundlichen Dank abzustatten hatte auch Kalleja als neuer Präsident der Bundesverei-



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

ALS VIZEPRÄSIDENT hat Dipl.-Ing. Peter Otte (re.) der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure jahrelang gedient und sich den Dank der Mitgliedschaft verdient. Ihn übermittle hier der scheidende Präsident der Bundesvereinigung, Dr. Ing. Markus Wetzel.



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

BAUTECHNISCHE PRÜFUNGEN MÜSSEN HOHEITLICH sein – mit dieser Forderung hat Dr.-Ing. Hartmut Kalleja als neuer Präsident der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure Ende September in Münster die Arbeitstagung in Münster eröffnet.

nigung, und zwar der Ministerin für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen, Ina Scharrenbach (CDU), die sich, wie Kalleja bei der Eröffnung der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure sagte, für die Festlegung der Altersgrenze für die Anerkennung der Prüfm Ingenieure und Prüfsachverständigen in Nordrhein-Westfalen auf die Vollendung des 70. anstelle des 68. Lebensjahres stark gemacht und sie letztendlich in der neuen Landesbauordnung von Nordrhein-Westfalen auch durchgesetzt habe. Hiermit habe sie sich, so Kalleja, nicht nur der Empfehlung der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure und der Ingenieurkammer des Landes einsichtsvoll geöffnet, sondern auch der demographischen Entwicklung unserer Gesellschaft Rechnung getragen. Scharrenbach habe damit ein Signal gesetzt, das, so Kalleja wörtlich, „hoffentlich bundesweit vernommen wird, damit, worauf die Prüfm Ingenieure und

Prüfsachverständigen in ganz Deutschland hoffen und warten, auch die anderen Bundesländer die Altersgrenze anheben“. Eine bundesweit einheitliche Behandlung dieser Frage sei von größter Bedeutung und deswegen fordere er, Kalleja, die ARGEBAU als zuständige Konferenz der Bauminister der Länder auf, diese Altersgrenze in der nächsten Novelle der Muster-Verordnung über die Prüfm Ingenieure und Prüfsachverständigen (M-PPVO) zu übernehmen.

Von der persönlichen zur standesrechtlichen Situation der Prüfm Ingenieure und Prüfsachverständigen wechselnd ging Kalleja auch auf die kolossalen Kollateralschäden ein, die die Bauproduktenverordnung der EU in Deutschland angerichtet hat. Sie habe das bisher in Deutschland praktizierte und bewährte System für die Gewährleistung eines hohen Sicherheitsstandards unserer Bauprodukte praktisch zu Grabe getragen. Bis zum

heutigen Tage falle die inhaltliche Ausgestaltung der Bauproduktenverordnung weit hinter das ursprünglich in Deutschland praktizierte System zurück und lasse viele Fragen unbeantwortet. Bei der EU-Kommission sei, so berichtete Kalleja, offenbar aber mittlerweile verstanden worden, dass die Bauproduktenverordnung zwar das CE-Zeichen als Handelszeichen rechtfertigte, aber den Forderungen der Bauaufsicht in Deutschland nach sicheren Bauwerken nicht gerecht werde. Eine Novellierung der Verordnung sei deshalb in absehbarer Zeit notwendig und wohl, wie man aus Brüssel höre, auch zu erwarten.

In diesem Zusammenhang wies Kalleja darauf hin, dass die BVPI ab Oktober 2018 für ihre Mitglieder, deren Mitarbeiter und für Interessierte in den Bauaufsichten und Landesdienststellen Fortbildungsveranstaltungen anbietet, in denen auch werkstoffbezogene Handlungsempfehlungen gegeben werden.



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

FREUNDE FÜRS LEBEN sind sie durch die Verbandsarbeit geworden: die beiden Mitglieder des Vorstandes Dr.-Ing. Dieter Winselmann (li.) und Dr.-Ing. Dietmar Maier. Sie haben sich in ihren Verbandsämtern um die Belange der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure große Verdienste erworben, wie ihnen dankbar attestiert wurde, als sie sich jetzt aus ihren Ämtern verabschiedeten.

Das nächste Seminar ist am 3. Dezember in Hamburg (Details unter: www.bvpi.de ► Aktuelles ► Fortbildung CPR).

Die nordrhein-westfälische Bauministerin hat bei diesen Worten und Ankündigungen Kallejas immer wieder zustimmend genickt, aber als sie selbst aufs Podium stieg und ihr politisches Grußwort sprach, da ging sie auf diese Entwicklung nicht ein. Stattdessen berichtete sie über ein Thema, das den Prüfengeuren und Prüfsachverständigen mindestens genauso auf den Nägeln brennt, und zwar nicht nur in Nordrhein-Westfalen, sondern in vielen anderen Bundesländern auch: die landesbauordnungsrechtliche Einführung eines Qualifizierten Tragwerksplaners auch in Nordrhein-Westfalen. Dies sei „aus der festen Überzeugung heraus geschehen“, so sagte die Ministerin, „dass wir damit eine bauordnungsrechtliche Verbesserung im Rahmen der Gefahrenabwehr in unserem Lande erreichen“. Danach sei es nun in Nordrhein-Westfalen so, dass die Tragwerksplanungen künftig an die Qualifikation des Ausstellers gebunden sein werden. Gleichzeitig seien in der neuen Landesbauordnung Vorkehrungen dafür getroffen worden, dass, so Scharrenbach, „mit strichprobenhaften Kontrollen der Bauausführung, eine durchgängige Baubegleitung gewährleistet ist und damit das Risiko schwerwiegender Baumängel zum Nachteil der Bauherrenschaft verringert wird“. Die Entscheidung für den Qualifizierten Tragwerksplaner sei getroffen worden, weil „wir“, sagte die Ministerin, „im Entscheidungsfindungsprozess zu der Überzeugung gekommen waren, dass wir selbst bei einfachen Bauten durchaus Fehler im Bereich der Standsicherheit haben, die am Ende zum Nachteil der Bauherrenschaft sind“. Dass diese landesbauordnungsrechtlichen Entscheidungen sich in etlichen Gesprächen mit Vertretern der Ingenieurkammer Bau und der

Prüfengeuren und Prüfsachverständigen in Nordrhein-Westfalen entwickelt haben deutete die Ministerin nicht nur höflichkeitshalber an, sondern auch, indem sie sich dabei direkt dankend an den anwesenden Präsidenten der Ingenieurkammer Bau von Nordrhein-Westfalen, Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, wandte. Damit gibt es in Nordrhein-Westfalen, wie die Ministerin ihrem Auditorium stolz vermeldete, „mit dem Prüfengeuren, mit dem staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung der Standsicherheit und mit dem Qualifizierten Tragwerksplaner ab dem 1. Januar 2019 drei Verwaltungshelfer der Bauaufsichtsbehörden, die in mehrfacher Hinsicht für die Bauaufsichten entlastende Wirkung entfalten mit dem Ziel Planung, Genehmigung und Bau zu vereinfachen und zu beschleunigen“.

„Weil wir haften, müssen wir auch entscheiden“

Mit einem galgenhumorigen Scherz, der in Ingenieurkreisen durchaus bekannt ist, dessen Hintersinn ihnen meistens auch bitter ernst ist, vor allem dann, wenn sie mit Auftraggebern, Verwaltungsbeamten oder mit Politikern zu verhandeln haben, hat der Präsident der Ingenieurkammer Bau Nordrhein-Westfalen, Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, auf diesen Bericht der Landesministerin reagiert. Er sagte: „Frau Scharrenbach ist nach meiner Wahrnehmung einige der wenigen Minister oder Ministerinnen, wahrscheinlich wohl sogar die einzige, die verstanden hat, dass Statik nicht gleich Statistik ist“, denn ihrem Verständnis und ihrem Engagement sei es zu verdanken, dass ab dem nächsten Jahr in NRW die Tragwerksplanung nur noch von solchen Personen aufgestellt werden darf, die, so Bökamp wörtlich, „nicht nur raten und experimentieren, sondern wirklich etwas von der Materie verstehen, Menschen also, die gelernt haben, was sie tun“.



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

„ÜBER DIE EUROPÄISCHEN NORMEN sprechen wir Deutschen in Europa mit einer fachlichen Stimme“: Dr.-Ing. Heinrich Bökamp, stellvertretender Vorsitzender der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB) erstattete bei der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeuren in Münster seinen alljährlichen Bericht über die Mitwirkung der BVPI an den europäischen Normen in der PRB.

Bökamp sprach vor dem Plenum der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeuren nicht nur als Kammerpräsident, sondern in erster Linie in seiner Eigenschaft als erster Repräsentant der Prüfengeuren in der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB) und als deren stellvertretender Vorsitzender. Als solcher erstattete er Bericht über den aktuellen Stand der Arbeit der PRB, die ja bekanntlich gegründet worden ist, um die Praxistauglichkeit der Regelwerke im Bauwesen in Deutschland und Europa zu verbessern, insbesondere die der Eurocodes. Die PRB habe, so berichtet also Bökamp seinen Kolleginnen und Kollegen, im vergangenen Jahr viele Hinweise und Anregungen erarbeitet und in die entsprechenden Gremien eingespeist, um im europäischen Normungsprozess den Weg zu handhabbaren Normen zu befördern (siehe hierzu auch den ausführlichen Bericht auf Seite 14). Bökamp beschrieb seinem Auditorium das „äußerst dicke Brett!“, das es für das europäisch harmonisierte Normenwesen auf deutscher Seite zu bohren gelte. Dabei sei es aber besonders hilfreich, dass – man möge sich bitte erinnern: auch auf das energische Betreiben der Bundesvereinigung der Prüfengeuren hin – in der PRB alle mit den Normen arbeitenden Organisationen vertreten sind, sodass „alle Fachbereiche an einem Tisch sitzen und in Europa mit einer deutlichen Stimme sprechen“. Sie seien sich einig



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

HAT DEN QUALIFIZIERTEN TRAGWERKSPLANER in Nordrhein-Westfalen eingeführt: die Bauministerin von Nordrhein-Westfalen, Ina Scharrenbach (CDU), die hier ihr politisches Grußwort anlässlich der jüngsten Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeuren in Münster hält.

in dem unbedingten Wunsch, möglichst nur solche Sachverhalte in die Normen aufzunehmen, die auch wirklich einer normativen Regelung bedürfen, weil es, so Bökamp wörtlich „das Ziel dieser unserer Arbeit ist, nicht weiterhin zu reglementieren, sondern die Eigenverantwortung des handelnden Ingenieurs zu stärken und den Ingenieuren ihre Handlungsfähigkeit zurückzuholen“. Dies sei dringend nötig, sagte Bökamp unter dem Applaus seiner Zuhörerschaft. Denn wenn „wir Ingenieure im Schadensfall juristisch für den sogenannten Werkerfolg verantwortlich gemacht werden und verantwortlich sind, dann müssen wir auch entscheiden dürfen, wie eine sinnvolle Lösung nach unserer technischen Fachkenntnis und Überzeugung auszusehen hat“.

In diesem Zusammenhang erwähnte Bökamp besonders die „sehr hilfreiche“ und „immer zielgerichtete, von Kenntnisreichtum und diplomatischem Geschick“ geprägte Mitarbeit des ständigen Beraters der BVPI in allen PRB-Angelegenheit und in Fragen der europäischen Harmonisierung der Normen, Professor Dr.-Ing. Eric Brehm (Karlsruhe), der wesentlichen Anteil an der Erzielung der Resultate gehabt habe, über die er, Bökamp, hier berichten dürfe.

„Wie bewältigen wir die Folgen der Bauproduktenverordnung“?

Diese Frage stellte Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle, Mitglied des Vorstandes der BVPI, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baudynamik und Honorarprofessor für das Fachgebiet Konstruktion und Berech-



Foto: Claudia Elkmann (Akzenze Fotostudio, Telgte)

DIE HOHEITLICHE BAUTECHNISCHE PRÜFUNG kann ein Ausweg aus der misslichen Lage sein, in die die Bauproduktenverordnung der EU die Prüferingenieure und Prüf-sachverständigen in Deutschland gebracht hat: Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle.

nung im Gerüstbau der Technischen Universität München an den Anfang einer Podiumsdiskussion, zu der er eine Runde in Fachkreisen weithin bekannter Spezialisten auf ihren jeweiligen Gebieten zusammengeführt hatte. Die Diskussion sollte die Probleme umreißen oder definieren, die jetzt in der täglichen Praxis der Bauingenieure für die Sicherheit von Bauwerken unter EU-Binnenmarktkonditionen auftreten und wie sie gelöst werden können. Auf dem Podium tauschten – unter der kompetenten Moderation Hertles – die Diskutanten Dr.-Ing. Markus Wetzels, Ministerialrat Dr.-Ing. Gerhard Scheuermann, Dipl.-Ing. Andreas Plietz, Dipl.-Ing. Axel Bißwurm und Dipl.-Ing. Thomas Herbert ein Argument um andere aus. Wetzels ist Prüferingenieur in Hamburg und führt dort ein großes Ingenieur- und Sachverständigenbüro, Scheuermann ist Lei-

ter des Referats Bautechnik und Bauökologie in der Obersten Baurechtsbehörde Baden-Württembergs und seit 2011 Vorsitzender der Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz ARGEBAU, Plietz ist Referent für Bautechnik im Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bißwurm gehört dem Vorstand der Bundesvereinigung der Prüferingenieure an und ist seit 2009 Gesellschafter der Ingenieurgruppe Bauen in Karlsruhe, Herbert schließlich ist seit 2012 Geschäftsführender Gesellschafter der Oehmke + Herbert Planungsgesellschaft im Bauwesen (Nürnberg) und leitet seit kurzem den Koordinierungsausschuss Brandschutz (KAB) der Bundesvereinigung der Prüferingenieure.

Das war eine wahrlich fachlich illustre Runde, die ihren Zuhörern ihre Standpunkte und Betrachtungsweisen zum Thema erläuterten. Vor allem das Kürzel NPD spielte in diesem einstündigen Gedanken- und Informationsaustausch eine immer wieder aufscheinende Rolle. Es steht auf den vorderen Seiten der EU-Bauproduktenverordnung, heißt auf Deutsch: No performance declared und ist heute in jedem Prüfbüro, jedem Planungsunternehmen und auf jeder Baustelle ein gewichtiger Stein des Anstoßes. Hertle belegte mit einigen bebilderten Beispielen aus der Praxis, welche bedeutenden und sicherheitstechnisch gefährlichen Komplikationen und Beschwerden dieses Kürzel verursachen kann, und er fragte die Diskutanten, ob sich die am Bau Beteiligten in Deutschland auf die neuen Rahmenbedingungen einstellen müssten, die von der Bauproduktenverord-



Foto: Claudia Elkmann (Akzenze Fotostudio, Telgte)

WELCHE KONSEQUENZEN DROHEN MIT DER BAUPRODUKTENVERORDNUNG? Dieses Thema diskutierten bei der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüferingenieure in Münster (v.li.): Dr.-Ing. Markus Wetzels, Ministerialrat Dr.-Ing. Gerhard Scheuermann, Dipl.-Ing. Andreas Plietz, Dipl.-Ing. Axel Bißwurm und Dipl.-Ing. Thomas Herbert. Das Gespräch moderierte Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle (re.).

nung der EU gesetzt worden sind, oder ob man nicht, eingebettet ins EU-Recht, eigene Mittel und Wege finden müsse und könne, um eigene Vorstellungen und Überzeugungen von der Sicherheit der Bauprodukte zu realisieren. Immerhin seien die neuen Rahmenbedingungen der EU ja letzten Endes nichts anderes als ein erneuter Kotau der Politik der EU-Mitgliedstaaten vor den Interessen der Wirtschaft. Auch die Formel NPD sei nichts weiter als ein vollkommen unnötiger und womöglich sogar gefährlich sich auswirkender Ausdruck einer ökonomisch dominierten Wirklichkeit.

Insgesamt zeigte diese Diskussion sehr deutlich, mit welchen neuen Herausforderungen, die auf die europäische Harmonisierung der Normen und die Gesetzgebung zurückzuführen sind, die Ingenieure und Prüfengeure immer mehr konfrontiert werden. Auch wenn es in dieser Diskussion zweifelsohne nicht gelingen konnte, uneingeschränkt als gültig anzusehende Lösungsansätze für den täglichen Umgang mit unvollständigen oder defizitären europäisch harmonisierten Normen zu entwickeln, so hat die Diskussion wohl doch dazu geführt, dass das Bewusstsein für die Probleme im Umgang mit Bauprodukten, die europäisch harmonisierten Normen entsprechen, bei denjenigen geschärft wurde, die sie anwenden und beurteilen müssen.

Eine Schlussfolgerung für eine durchweg tragfähige Lösung muss aber – zumindest aus der Sicht der Prüfengeure und Prüf-sachverständigen – doch erlaubt sein, so erklärte Hertle, nämlich die, die Professor Di Fabio als weithin anerkannter Staatsrechtler aus den Ergebnissen seiner gutachterlichen Analysen über die Sicherheit von Bauwerken unter Binnenmarktbedingungen gezogen hat, dass nämlich, wie Hertle es formulierte, „die hoheitliche Prüfung der einzig richtige Ausweg aus unseren miserablen Situation“ sei – und zwar nicht nur für die Ingenieure, sondern auch für viele andere am Bau Beteiligten, einschließlich der Beamten in den Bauämtern und Baubehörden.

Gehaltvolles Vortagsprogramm

Wie in jedem Jahr bot die Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik auch in Münster ein außerordentlich gehaltvolles und abwechslungsreiches fachliches Vortagsprogramm. Es ging darin um spezielle Themen der Brandschutzplanung und -prüfung, um Ingenieurbauten für die Infrastruktur und um Straßenbrücken, um hohe Holzhäuser, Stabilitätsprobleme im Ge-

rüstbau und das Bauen auf nichttragfähigem Grund. Die Hälfte dieser Fachreferate wird – wie in jedem Jahr – in dieser Ausgabe des *PRÜFINGENIEURS* in einer von den Referenten für den Druck bearbeiteten Fassung veröffentlicht. Die andere Hälfte folgt in der kommenden Ausgabe im Mai 2019.

Mit besonderer Aufmerksamkeit, weil in englischer Sprache gehalten, wurde ein Beitrag von Alastair Soane, dem Direktor von Structural-Safety und CROSS. Das sind zwei englische Organisationen, die einerseits mit der Industrie in Sicherheitsfragen zusammenarbeitet, und die andererseits (CROSS) ein vertrauliches Berichtssystem repräsentiert, das bausicherheitstechnische Erfahrungswerte und Fakten erfasst, auswertet und weitergibt, die normalerweise offiziell gar nicht bekannt werden würden.

Soane berichtete über die politischen und Regierungsamtlichen juristischen Nachwirkungen des Großbrandes am Grenfell Tower 2017 in London. Die nach dem Brand ausgeführten Untersuchungen hätten eine Vielzahl von strukturellen, legislativen und baurechtlichen Mängeln im englischen Bauwesen offengelegt. Sie alle, soweit sie haben dingfest gemacht werden können, sollen nun, so berichtete Soane, korrigiert werden. Im Mittelpunkt der Überlegungen stünden mittlerweile konkretisierte Pläne, im englischen Baurecht unabhängige bautechnische Prüfungen zu installieren und von einer neuen, eigenständig agierenden Behörde koordinieren und kontrollieren zu lassen. Hier scheint sich,



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

DIE BIOLOGIE DES GEISTESBLITZES erklärte auf kurzweilige und instruktive Weise der Frankfurter Neurowissenschaftler Dr. Henning Beck.

so konnte man nach dem Bericht von Soane denken, ein Weg zur neutralen bautechnischen Prüfung auch in Großbritannien Bahn zu brechen, zu jenem System also, das die deutschen Prüfengeure über ihre Bundesvereinigung seit Jahren im europäischen Raum bei allen sich bietenden Gelegenheiten propagieren und empfehlen.

Wie entsteht aus Informationen neues Wissen?

Bevor die zweitägige Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure zu Ende ging, wurde den Teilnehmern und ihren Begleitungen noch eine Darbietung von besonderem audiovisuellem Reiz geboten. Thema: Die Biologie des Geistesblitzes, Referent: Dr. Henning Beck. Beck ist Neurowissenschaftler und als solcher in ganz Deutschland unterwegs, um komplexe Wissenschaft verständlich und fachlich korrekt einem Publikum zu vermitteln, das aus Amateuren auf seinem Fachgebiet besteht. Den Prüfengeuren erklärte er, was deren berufliche wie private Interessen offenbar hellauf entsprach, nämlich wie analoges Denken in der digitalen Welt bestehen kann, genauer: wie das menschliche Gehirn gegenüber dem Computer die Oberhand behält. Beck räumte auf mit dem Vorurteil, man könne heute alles googeln; googeln könne man aber nur Daten, und wenn man gut sei, gelegentlich auch Informationen – aber kein Wissen und keine Ideen! Wissen und Ideen aber seien die wichtigsten Rohstoffe, die dem Menschen dienlich sein können. Wissen und Ideen aber entstehen im Gehirn, niemals im Computer, sagte Beck, und die besten Ideen würden dann geboren, wenn man die Art zu denken ändere, die man gemeinhin pflegt, wenn man die Perspektiven umforme, Wissen neuartig miteinander verknüpfe. Diesen Erkenntnissen, die eigentlich jedem denkenden Menschen intuitiv klar sind, fügte Beck aber noch einige weniger allgemein zutage liegende Einblicke in die menschlichen Denkprozesse und Gedankenwelten an.

Eine geschlagene Stunde dauerte dieser intellektuell delicate Beck'sche Vortrag, den der Referent mit zahlreichen passenden, teilweise witzigen Illustrationen abgeschmeckt hat. Und nach dieser Stunde war man durchaus etwas klüger, zumindest was den Stand des theoretischen Wissens über das eigene Denken angeht – nun muss man es nur noch praktisch anzuwenden wissen, denn, wie heißt es schon so schön bei Goethe: Grau, teurer Freund, ist alle Theorie und grün des Lebens goldner Baum.

Klaus Werwath

Dank und Anerkennung: Die Bundesvereinigung hat Manfred Tiedemann in den Ruhestand verabschiedet

Mit ehrlichem Dank und respektvoller Anerkennung ist im Rahmen der jüngsten Mitgliederversammlung der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik (BVPI) deren langjähriger Geschäftsführer, Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann, in den Ruhestand verabschiedet worden. Er hat der BVPI in den fünfzehn Jahren seines Dienstes viele grundlegende organisatorische, strukturelle und berufspolitische Impulse von jeweils aktueller und vorausschauender Bedeutung gegeben.

Manfred Tiedemann trat seinen Dienst 2003 in der früheren BVPI-Geschäftsstelle in Hamburg unter dem damaligen BVPI-Präsidenten Dr.-Ing. Günter Timm an. Einige Jahre später, 2007, leitete er mit Geschick und Weitsicht den Umzug der BVPI nach Berlin ein. Dort baute er eine neue Geschäftsstelle auf und engagierte mit dem sicheren Gefühl für personales Entfaltungspotential eine neue Belegschaft, die sich als geräuschlos und effektiv wirkendes Instrument der Berufs- und Verbandspolitik von allen Bundes- und Landesvorständen lobende Achtung und Wertschätzung erarbeitet hat.

Als studiertem Ingenieur nützte Manfred Tiedemann seine Routine im Umgang mit den Kollegen der jeweiligen Verbandsführungen – man sprach halt eine Sprache und konnte sich deshalb ohne Umschweife auf Augenhöhe verständigen. Sowohl in den Sitzungen des Bundesvorstandes der BVPI, die er inhaltlich vorbereitete und deren Ergebnisse er im Nachgang gewissen-



Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam

GEHT NACH 15 JAHREN Tätigkeit als Geschäftsführer der BVPI in den Ruhestand: Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann

haft abarbeitete, als auch in den vpi-Landesverbänden, in denen er willkommener und geschätzter Berater und häufiger Motivator war, hatten Tiedemanns Rat und Empfehlungen einigen Einfluss auf die Entscheidungen und Strategien, die im Sinne des Fortkommens des Berufsstandes der Prüfengeieure und Prüfsachverständigen zu entwickeln, zu bedenken und zu beschließen waren.

Ihm halfen dabei die jahrzehntelang gesammelten Erfahrungen, die er vor seiner Zeit als BVPI-Geschäftsführer als praktizierender (Wasserbau-)Ingenieur in aller Welt und hier in Deutschland gesammelt und in handelnder Anwendung nutzbringend vertieft hat; und natürlich half ihm auch seine gewinnende Art als Menschen-

fänger, Türöffner und engagierter Lobbyist, dem kein Weg zu weit und keine Idee zu abwegig erscheinen wollte, um nicht wenigstens eine kleine Strecke gegangen oder ein bisschen auf seine Praktikabilität hin getestet zu werden. Dass er auf diesen Wegen – zusammen mit gleichgesinnten Mitstreitern – auch weitgesteckte Ziele erreichen konnte, die dem Berufsstand heute ganz normal erscheinen, die damals aber berufspolitisch unsicher waren, und dass er in vielen ausgefallenen Ideen jenen Kern von Wert aufspürte, der benutzbar und entwicklungsfähig sein könnte: das alles, wie ihm in diesen letzten Tagen seines aktiven beruflichen Daseins schulterklopfend und händeschüttelnd immer wieder attestiert wird, machte Manfred Tiedemanns Art der Amtsführung seiner Organisation so wertvoll. Schließlich ist sie darauf angewiesen, einer wenig informierten Öffentlichkeit und Verwaltung schwierig zu vermittelnde Inhalte und Zusammenhänge auf glaubwürdige Weise nahezubringen. Und dafür war Manfred Tiedemann fünfzehn Jahre lang der Richtige.

Und: So ganz von der Bildfläche des Berliner Verbandslebens verschwinden wird Manfred Tiedemann nicht. Immerhin wird er auch weiterhin als Experte unter anderem den Lenkungsausschuss der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB) führen, dem ja die zentrale Rolle bei der Vereinfachung der Inhalte der künftigen europäischen Normen nach deutschen Vorstellungen zukommt (siehe auch Seite 14).
Klaus Werwath

Kalleja und Wetzel werben auf internationalem Parkett für die unabhängige bautechnische Prüfung

Auf Einladung des Niederländischen Ministeriums für Inneres und der Niederländischen Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO) haben Dr.-Ing. Hartmut Kalleja und Dr.-Ing. Markus Wetzel im Rahmen eines Internationalen Workshops am 5. Oktober in Den Haag das deutsche Sys-

tem der bautechnischen Prüfung und Überwachung vorstellen können. Beide haben dabei mit Genugtuung konstatiert, dass viele Vertreter sowohl aus Europa, den USA und Kanada aber auch aus Asien und Australien sich am deutschen System sehr interessiert gezeigt hätten, das sich, wie Kalleja und

Wetzel vielen ausländischen Kollegen und etlichen regierungsamtlichen Repräsentanten auf internationalem Parkett ausführlich darlegen konnten, im Hinblick auf die Gefahrenabwehr und die Qualitätssicherung in Deutschland fast einhundertjähriger Praxis nachweisbar bewährt habe.

Die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) hat einen neuen Vorstand

Anlässlich der jüngsten Mitgliederversammlung der BVPI Ende September in Münster fanden auch die turnusmäßigen Vorstandswahlen statt. Nach langjähriger Amtszeit stellten sich die Herren Dipl.-Ing. Peter Otte (Neustrelitz) – bisheriger Vizepräsident, Dr.-Ing. Dieter Winselmann (Braunschweig) – Ressort Finanzen und Dr.-Ing. Dietmar H. Maier (Karlsruhe) – Ressort Bundesbehörden nicht mehr zur Wahl.

Der neue Vorstand setzt sich wie folgt zusammen: Präsident Dr.-Ing. Hartmut Kalleja aus Berlin (re.), Vizepräsident Dr.-Ing. Markus Hennecke (2.v.re.) aus München, Ressortverantwortliche Prof. Dr.-Ing. Sylvia Heilmann aus Pirna, Dipl.-Ing. Axel Bißwurm (2.v.li.) aus Mannheim, Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle (Mitte) aus Gräfelfing und Dr.-Ing. Markus Wetzel (li.) aus Hamburg, der bisher sechs Jahre lang das Amt des Präsidenten der BVPI innehatte.



Foto: Claudia Elkmann (Akzente Fotostudio, Telgte)

Henning Dettmer zum neuen Geschäftsführer der Bundesvereinigung der Prüffingenieure bestellt

Nachdem der bisherige langjährige Geschäftsführer der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI), Diplom-Ingenieur Manfred Tiedemann, mit Wirkung vom 1. November 2018 in den Ruhestand getreten ist (siehe Seite 11), hat Rechtsanwalt Henning Dettmer an diesem Tag dessen Nachfolge angetreten. Dettmer hat sich ein Jahr lang in der Geschäftsstelle der BVPI in Berlin schon auf seine neue Aufgabe vorbereiten und sich einarbeiten können und führt deshalb ab dem 1. November die Führung der Geschäfte der BVPI bruchlos weiter.

„Im Spannungsfeld von europäischen Supranationalitätsansprüchen und nationalem Föderalismus werden die Zeiten für Prüffingenieure und Prüfsachverständige zukünftig nicht einfacher werden“, sagte Dettmer zu



Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam

RECHTSANWALT HENNING DETTMER: seit dem 1. November 2018 neuer Geschäftsführer der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI)

Beginn seiner Tätigkeit. Deswegen will „ich mit dem BVPI-Vorstand, den BVPI-Mitgliedern sowie den Kolleginnen und Kollegen in der Geschäftsstelle daran arbeiten, dass für die bautechnische Prüftätigkeit auch zukünftig verlässliche und für alle Seiten akzeptable Rahmenbedingungen erhalten bleiben.“

Dettmer ist gebürtiger Westfale und hat Rechtswissenschaft in Saarbrücken, Bochum und Berlin studiert. 1992 hat er das erste juristische Staatsexamen an der Universität des Saarlandes und 1995 das zweite juristische Staatsexamen am Kammergericht Berlin absolviert. Nach fünfjähriger Tätigkeit in einer Bundesbehörde erfolgte 2001 seine Zulassung zum Rechtsanwalt. Über mehrere Stationen bei deutschen und internationalen Unternehmen war er zuletzt seit 2012 als Geschäftsführer beim Bundesverband Wind-Energie (BWE) tätig.

Ausbildung, Prüfung, Zertifizierung: Neuer Lehrgang für sachkundige Planer für Betoninstandhaltung im Februar

Wesentlicher Baustein für eine qualitätsgerechte Planung und Überwachung von Instandsetzungsmaßnahmen

Vom 18. bis 23. Februar 2019 findet in Hamburg der 14. Lehrgang für Sachkundige Planer in der Betoninstandhaltung statt. Im Lauf einer Woche werden die Kandidaten von Montag bis Freitag mit mindestens 50 Lehreinheiten à 45 Minuten in die Lage versetzt, die Bereiche der Schadensfeststellung, der Planung und der Qualitätsüberwachung von Instandsetzungsmaßnahmen fachlich umfassend durchführen zu können. National und international renommierte Referenten aus der Praxis werden das dazu notwendige Fachwissen vermitteln. Das Hauptaugenmerk liegt während des Lehrgangs auf einem praktischen Teil sowie auf vielen Beispielen.

Der Lehrgang ist vom Ausbildungsbeirat Sachkundiger Planer beim Deutschen Institut für Prüfung und Überwachung (ABB-SKP/DPÜ) anerkannt und steht ganz im Einklang mit dessen Lehr- und Ausbildungsplan. Die planerische und operative Federführung der Veranstaltung hat der Bau-Überwachungsverein (BÜV) übernommen. Unter der Leitung des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach, dem Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets Baustoffkunde und Bauwerkserhaltung und -instandsetzung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen, findet der einwöchige Lehrgang am Samstag, dem 23. Februar 2019, mit der schriftlichen (Fragenteil und Fallbeispiel) und der mündlichen Prüfung seinen Abschluss. Diejenigen Teilnehmer, die alle notwendigen Zulassungsvoraussetzungen erfüllen und den Lehrgang erfolgreich bestehen, erlangen das Recht, sich akkreditiert zertifizieren zu lassen.

Wer ist der Bau-Überwachungsverein (BÜV)?

Der BÜV als Träger des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ) versteht sich als berufsständische Vertretung seiner Mitglieder, die durchweg erfahrene Prüfingenieure und hochqualifizierte, unabhängige Experten sind. Sie beraten den Bauherren im Sinne des Verbraucherschutzes, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftig-

keit. Neben der Förderung der Qualität der Planung und Ausführung im ganzheitlichen Sinne unter Berücksichtigung der Allgemein-



anerkannten Regeln der Technik sowie mit Bezug auf Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Verbraucherschutz stehen die Förderung der Aus- und Weiterbildung seiner Mitglieder sowie der Erfahrungsaustausch untereinander an oberster Stelle.

Was ist eine Zertifizierung eines Sachkundigen Planers?

Dabei handelt es sich um eine Personenzertifizierung mit akkreditiertem Zertifizierungssystem. Der Zertifizierte Sachkundige Planer verpflichtet sich vertraglich gegenüber der Zertifizierstelle zur Einhaltung des von ihr vorgegebenen Qualitätsmanagementsystems (QMS). Durch regelmäßige Audits der Zertifizierstelle wird die Einhaltung des QMS überprüft. Ein Bestandteil der Anforderungen des QMS ist die nachhaltige Aufrechterhaltung der fachlichen Qualifikation durch die mindestens einmal jährliche absolvierte Teilnahme an Weiterbildungsveranstaltungen. Zudem besteht die Verpflichtung, die Planungsleistung objektiv, neutral, unabhängig, im Interesse des Auftraggebers und im Interesse der Fehlerfreiheit der Bearbeitung zu erbringen.

Was bedeutet der Zusatz DPÜ?

Während verschiedene akkreditierte Zertifizierungen bereits unter anderem im Bereich der Kfz-Sachverständigen, Sachverständigen für Bauschäden und für Immobilienbewertung, der Zerstörungsfreien Prüfung und des Kathodischen Korrosionsschutzes existieren, ist die DPÜ-Zertifizierstelle GmbH die einzige in Deutschland akkreditierte Zertifizierungsstelle für Personenzertifizierungen im Bereich Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen. Mit der Ausbildung zum sachkundigen Planer wird das Fachwissen über

die Planung und Überwachung von Instandsetzungsmaßnahmen vertieft und durch eine anerkannte Prüfung bestätigt. Der Lehrgang ist ein wesentlicher Baustein für eine qualitätsgerechte Planung und Überwachung von Instandsetzungsmaßnahmen.

Die Qualifikation des sachkundigen Planers nach den Vorgaben des ABB-SKP wird in der Instandhaltungsrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfSt) für die planerische Tätigkeit im Bereich Betoninstandsetzung vorausgesetzt. Eine Zertifizie-



rung ermöglicht es dem sachkundigen Planer zusätzlich, seine fachliche Unabhängigkeit und die Erfüllung der Qualitätsanforderungen der Zertifizierstelle in der Instandsetzungsplanung gegenüber Auftraggebern glaubhaft darzustellen.

Was steht hinter einer Akkreditierung?

Die DIN EN ISO/IEC 17024:2012 (D) ist eine internationale Norm mit Anforderungen an Kompetenz, Unabhängigkeit und Zuverlässigkeit von Zertifizierungsstellen für Perso-



nen. Die DPÜ-Zertifizierungsstelle ist von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) akkreditiert für die Prüfung und Zertifizierung von sachkundigen Planern für Betonsanierung (DAkkS-ZP-16088-01). Nur die DAkkS kann als hoheitlich tätige Akkreditierungsstelle der Bundesrepublik Deutschland diese Akkreditierung erteilen. Für einen Fortbestand der Akkreditierung wird die Einhaltung der Konformität der akkreditierten Zertifizierungsstelle regelmäßig durch die DAkkS überwacht.

Aktueller Stand der Arbeit der PraxisRegelnBau und der Normungsarbeit der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure BVPI verhindert die Eliminierung deutscher Prinzipien der unabhängigen Prüfung aus den künftigen Eurocodes

Die Arbeiten der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen, kurz: PraxisRegelnBau (PRB), über die in dieser Zeitschrift regelmäßig Bericht erstattet wird, befinden sich weiterhin in der zweiten von insgesamt vier Phasen. In dieser 2. Phase werden die Ergebnisse der PRB-Arbeit in die europäischen Normenausschüsse gespiegelt, weswegen die PRB-Mitarbeiter im Berichtszeitraum vor allem an den Sitzungen der europäischen Normenausschüsse teilgenommen, Vorträge gehalten und die dort vorgelegten Normenentwürfe durchgesehen und aus deutscher Sicht bearbeitet haben. Fachliche Forschung betreibt die PRB jetzt nur noch in Einzelfällen, dann nämlich, wenn offene Fragen eine Durchsetzung der PRB-Ergebnisse zu verhindern drohen.

Die PRB ist bekanntlich 2011 von nahezu allen namhaften Verbänden und Kammern der Bauwirtschaft in Deutschland mit dem Ziel gegründet worden, aktiv dabei zu helfen, die Praxistauglichkeit der Regelwerke im Bauwesen in Deutschland und Europa zu verbessern.

Die Überarbeitung des Eurocodes geschieht in den *Working Groups* (WG) und *Sub-Committees* (SC) des CEN/TC 250, das die Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau entwickelt. Die fachliche Bearbeitung erfolgt in den jeweils zugeordneten *Project Teams* (PT), welche ihre Ergebnisse an die übergeordneten WGs und SCs zur Abstimmung übergeben. Eine Einflussnahme auf den Normungsprozess ohne Mitgliedschaft im Projekt Team ist schwierig. PRB hat es aber geschafft, durch die Platzierung vieler ihrer Mitarbeiter in den PTs präsent zu sein.

Innerhalb von PRB wird die Projektarbeit weiterhin in sechs Projektgruppen betrieben, die sich der Arbeit an jeweils einem Eurocode angenommen haben. Ihre wesentliche Aufgabe ist die Prüfung und Bewertung der laufend eingehenden Vorschläge für die Weiterentwicklung der Eurocodes, insbesondere aus anderen europäischen Ländern. Diese Vorschläge werden aus deutscher Sicht eingehend geprüft, um festzustellen, welche

dieser Beiträge die deutschen Interessen unterstützen, welche Ergänzungen mit unseren Positionen sinnhaft übereinstimmen und welche Vorschläge absolut nicht mit unseren Vorstellungen von praxisnahen Normen konform gehen. Diese Prüfung ist sehr komplex, da die europäische Normungsstruktur kleinteilig organisiert ist. Den meisten Sub-Committees sind mehreren Working Groups und Projekt Teams zugeordnet. Die Projekt Teams liefern überdies eigene Berichte, die bereits auf die Übereinstimmung mit der Zielsetzung von PRB überprüft werden sollten, um frühzeitig auf die Diskussion in den Working Groups einwirken zu können. Ihr Umfang ist immens – alleine das Sub-Committee 7 (Geotechnik) weist sechs Projekt Teams auf.

Die Arbeit in den Project Teams ist mittlerweile weitestgehend abgeschlossen, denn es liegen die Berichte zu EN 1990, EN 1991, EN 1992-1- und -1-2 sowie EN 1993-1-1, -1-8, -1-5, -1-2 vor. Für die EN 1997-1 liegt der dritte Entwurf vor und wird momentan auch von der PRB geprüft.

Stand der Arbeiten in den PRB-Projektgruppen

Die Vertreter der Projektgruppen der PRB setzen sich derzeit für die Durchsetzung der PRB-Ergebnisse in den jeweiligen nationalen Normungsausschüssen (NA Bau) ein. Eine detaillierte Darstellung des momentanen Arbeitsstandes oder eine Abschätzung der Erfolgsquote ist, und zwar aufgrund der aktuell auf den verschiedensten Ebenen andauernden Diskussionen, noch nicht möglich. Hinsichtlich der bearbeiteten Themen sei auf den letzten Statusbericht in der Ausgabe 51 des *Prüfsingenieurs* verwiesen (www.bvpi.de ► Aktuelles ► Fachzeitschrift „Der Prüfsingenieur“ ► Heft 51 ► Seite 14).

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

Bisheriger Erfolg von PRB und weitere Entwicklung

Auch wenn sich bisher noch nicht angeben lässt, in welchem Umfang und in welcher Detailtiefe die Ergebnisse der Phase 1 von PRB in die neue Normengeneration konkret und tatsächlich übernommen werden, so kann man doch einige wesentliche Erfolge benennen.

Für die deutschen Prüfsingenieure entscheidend ist die Formulierung des Anhangs B zu EN 1990, in welchem der Prüfumfang und die Qualifikation der Prüfenden dargestellt wird. Nachdem während der Erarbeitung des Entwurfs ein Vorschlag international großen Zuspruch gefunden hatte („Vorschlag Leivestad“), welcher eine Prüfung nach deutschem Vorbild mehr oder weniger ausschloss, ist nach starkem Gegenwind durch die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bau-technik (BVPI) eine Formulierung im *Final Draft* enthalten, die die Ausgestaltung des Prüfwesens im Wesentlichen bei den Mitgliedsstaaten belässt. Dieser Erfolg ist vor allem dem großen Einsatz der BVPI-Delegierten Prof. Wolfram Jäger (Dresden) und Dr. Frank Breinlinger (Tuttlingen) zu verdanken.

Des Weiteren sind insbesondere die gewonnenen Erfahrungen im europäischen Normungsprozess von unschätzbarem Wert. Dank dieser ist es nun möglich, die weitergehende Normenarbeit in Deutschland erfolversprechender zu gestalten. Die Tatsache, dass die Erfahrungen innerhalb von PRB fachübergreifend geteilt werden und sich nicht mehr auf einzelne Fachrichtungen begrenzen, ist dabei als sehr wertvoll zu beurteilen. Gleichlautende Erfahrungen aus den Normungsausschüssen, insbesondere die Konfrontation des deutschen, ehrenamtlich tätigen Normungsvertreters mit professionellen, hauptberuflichen Normungsvertretern anderer europäischer Staaten, wurden aus sämtlichen Fachgebieten berichtet und machen es möglich, strukturelle und organisatorische Defizite in der Normungsarbeit aufzudecken und zu kompensieren. Die gemeinsamen Erfahrungen führen zusätzlich zu einem neuen Bewusstsein in den deutschen Normungsausschüssen, weg vom national orientierten Dis-

kurs, hin zur europäischen Diskussion und stärkerem nationalen Zusammenhalt. Es ist wünschenswert, dass sich diese Herangehensweise auf Dauer festsetzen und verstärken wird.

Die fachübergreifende Diskussion innerhalb von PRB erlaubt es zusätzlich, horizontale Themen rechtzeitig zu identifizieren. Hier sind insbesondere der Zusammenhang von Bemessungs- und Produktnormen (Bauproduktenrichtlinie) zu nennen. Dieses Thema hat zwangsläufig die Erweiterung des bisherigen Inhalts von PRB von der reinen Betrachtung der Bemessungsnormen um Produkt- und Ausführungsnormen zum Inhalt. Dabei geht es nicht um eine redaktionelle und inhaltliche Überarbeitung der Ausführungsnormen, sondern insbesondere um die Klärung des Zusammenhangs und ihren Abgleich mit den Bemessungsnormen. Die Diskussion des Zusammenhangs zwischen Produkt- und Bemessungsnormen, der durch die Bauproduktenverordnung immer noch im Detail ungeklärt und problematisch ist, wurde durch die Gespräche und Untersuchungen von PRB signifikant beeinflusst.

Die im Rahmen von PRB gewonnenen Kenntnisse über den Zustand und die innere Ver-

fassung der europäischen Normungsarbeit haben auch in der BVPI notwendige Veränderungen angestoßen. So wurde ein Konzept zur Neustrukturierung der Normungsarbeit erarbeitet, welches eine Erweiterung der Geschäftsstelle der BVPI um einen Koordinator für die Normung vorsieht, die mittlerweile mit Dipl.-Ing. Christian Klein auch realisiert worden ist. Dieses Konzept sieht außerdem die Möglichkeit der Kostenerstattung für BVPI-Mitglieder vor, die sich aktiv in Normungsausschüssen engagieren. Ziel ist es, die Mitglieder der BVPI organisatorisch und auch finanziell zu unterstützen, sodass die Durchschlagskraft in den Normenausschüssen optimiert wird.

Fazit

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

Außerdem wurde das Bewusstsein für die Vorgänge in der Normung und die erforderliche Arbeit wesentlich geschärft. Diese Erkenntnisse führten auch zur Neustrukturierung der Normungsarbeit innerhalb der BVPI.

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

Literatur

- Brehm, E. u. Bökamp, H. „Aktueller Stand der Arbeiten der Initiative für Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V. (PRB)“, Der Prüferingenieur, Ausgabe 51, November 2017
- Brehm E. „Das Ergebnis des ersten internationalen Workshops der Initiative Praxisgerechte Normen übertraf die Erwartungen“, Der Prüferingenieur, Ausgabe 46, Mai 2015
- Prokop I. „Bericht über die pränormative Arbeit der Bauingenieure an den Eurocodes“, Der Prüferingenieur, Ausgabe 45, November 2014
- Brehm, E. „Aktueller Bericht über den Stand der Arbeiten der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen“, Der Prüferingenieur, Ausgabe 48, Mai 2016
- Brehm, E. „Aktueller Bericht über den Stand der Arbeiten der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen“, Der Prüferingenieur, Ausgabe 49, November 2016

Dipl.-Ing. Thomas Herbert neuer Leiter des BVPI-Koordinierungsausschusses Brandschutz

Im Rahmen der jüngsten Sitzung des Koordinierungsausschusses Brandschutz der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) in Münster ist Dipl.-Ing. Thomas Herbert zum neuen Vorsitzenden dieses Gremiums gewählt worden. Er löste Dr.-Ing. Rüdiger Hass ab, der von 2014 bis 2018 den Vorsitz führte und in dieser Funktion besonderen Wert auf den länderübergreifenden Erfahrungsaustausch gelegt hatte, um die fachliche Harmonisierung im Brandschutz voranzutreiben. Der Koordinierungsausschuss Brandschutz der BVPI erarbeitet Technische Mitteilungen nach Musterbauordnung für den vorbeugenden Brandschutz, die sich als Empfehlung für den in der Praxis tätigen Ingenieur, Prüferingenieur oder Prüfsachverständigen aber nicht als verbindliche Festlegung verstehen. Außerdem werden in diesem Ausschuss Sachfragen aus der Praxis behandelt, um praktische Hilfen für die Prüftätigkeit zu entwickeln.



DIPL.-ING. THOMAS HERBERT wurde neuer Vorsitzender des Koordinierungsausschusses Brandschutz der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI)

Im Koordinierungsausschuss Brandschutz ist jedes Bundesland und die bautechnische Prüfung im Eisenbahnbereich durch jeweils einen Experten vertreten. Für die Bundesländer, in denen noch keine expliziten Regelungen für Prüferingenieure oder Prüfsachverständige für den vorbeugenden Brandschutz bestehen, nehmen Mitglieder der Bundesvereinigung aus dem Bereich Standsicherheit diese Aufgabe wahr.

Dipl.-Ing. Thomas Herbert studierte Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Nürnberg und ist seit 2012 Geschäftsführender Gesellschafter der Oehmke + Herbert Planungsgesellschaft im Bauwesen (Nürnberg). Er ist Prüfsachverständiger für Brandschutz, stellvertretender Vorsitzender des Prüfungsausschusses der Bayerischen Architektenkammer und Vorsitzender des Ausschusses Baurecht und Sachverständigenwesen der Bayerischen Ingenieurkammer-Bau.

Günter Timm – 80 Jahre

Am 12. Juli 2018 hat Dr.-Ing. Günter Timm sein 80. Lebensjahr vollendet. Als deren Präsident hat er von 1991 bis 2006 der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) jene öffentliche Geltung und berufspolitische Richtung erarbeitet, die ihr auch heute noch Gesicht und Bedeutung geben. Sein umfangreiches Wirken auch als Bauingenieur wurde früher schon ausgiebig gewürdigt, nicht nur in dieser Zeitschrift, sondern zum 60. auch in [1], zum 65. in [2], [3] und [4] und zum 70. in [5].

Nach Studium und Promotion bei Prof. Franz in Karlsruhe 1969 trat Günter Timm in das Ingenieurbüro Peters – Windels in Hamburg als Juniorpartner ein und verließ das Büro nach 36 Jahren als Seniorpartner von Windels – Timm – Morgen (WTM).

In seiner beruflichen Laufbahn beschäftigte sich Timm sowohl mit der Objekt- als auch mit der Tragwerksplanung von Hafenanlagen, Industriebauten, Silos und Getreidemühlen, Gefahrstofflagern, Tunneln und Brücken und dies im In- wie auch im Ausland. Auch im Hochbau machte sich Timm einen Namen in Hamburg, und er wurde 1975 als Prüfsachverständiger für Baustatik anerkannt.



DR.-ING. GÜNTER TIMM, Präsident der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) von 1991 bis 2006, wurde im Juli 80 Jahre alt.

Von 1991 bis 2006 war er Präsident der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik, nachdem er bereits seit 1981 Landesvorsitzender der Prüfsachverständigen in Hamburg war. Er gründete die Zeitschrift *Der Prüfsachverständige* und engagierte sich maßgeblich für die Integration der Prüfsachverständigenkollegen aus den neuen Bundesländern.

Günter Timm wirkte, immer praxisorientiert, in zahlreichen Normengremien und Fachvereinigungen mit. Sein umfangreiches Wissen und seine Erfahrung gab er der Fachöffentlichkeit in über 60 Vorträgen und Veröffentlichungen weiter.

Seit seinem Ausscheiden aus dem Büro WTM nahm er sich mehr Zeit für Reisen in ferne Länder, den Besuch von Konzerten – jetzt auch in der wundervollen Elbphilharmonie, für die Jagd und für das Golfspiel. Seine Enkelkinder halten ihn jung und mit seiner Frau Jutta genießt er seinen dritten Lebensabschnitt.

Die Geschäftsführer und Mitarbeiter von WTM Engineers gratulieren Günter Timm ganz herzlich zu seinem runden Geburtstag und wünschen ihm weiterhin gute Gesundheit und noch viele glückliche Jahre.

Karl Morgen

- [1] Bautechnik 75 (1998) Heft 7, K. Stiglat
- [2] Bautechnik 80 (2003), Heft 7, H.-U. Litzner
- [3] Beton- und Stahlbetonbau, 98 (2003), Heft 7, J. Eibl
- [4] Stahlbau 72 (2003), Heft 7, M. Weber
- [5] Beton- und Stahlbetonbau, 103 (2008), Heft 7, K. Morgen, U. Jäppelt, S. Ehmman

BVPI lässt die Bauproduktenverordnung durch den Verfassungsrechtler Udo Di Fabio gutachterlich prüfen Seine Ergebnisse sind eindeutig: Prüfsachverständige müssen grundsätzlich als Beliehene eingeordnet werden

Zu dem Ergebnis, dass Deutschland mit der Bauproduktenverordnung der EU seine grundgesetzlich statuierte Schutzpflicht nicht mehr erfüllen könne, ist der Verfassungsrechtler Professor Udo Di Fabio in einem Gutachten gekommen, um das ihn die Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) gebeten hatte. Die Bundesvereinigung hatte dieses Gutachten wegen der erheblichen Unsicherheiten in Auftrag gegeben, de-

nen ihre Mitglieder im praktischen Umgang mit der Bauproduktenverordnung und den darauf aufbauenden nationalen Regelungen unterliegen.

Der Gutachter, Prof. Dr. jur. Dr. sc. pol. Udo Di Fabio, ehemaliger Richter des Bundesverfassungsgerichts und heutiger Direktor des Instituts für Öffentliches Recht der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, sollte die Sicherheit von Bauwerken unter Binnen-

marktbedingungen und konkret analysieren,

- wie die Einführung defizitärer harmonisierter Normen (hEN) für Bauprodukte zu beurteilen sei, wenn keine nationalen schutzbezogenen Zusatzanforderungen mehr formuliert werden dürfen,
- wie die direkte, privatrechtliche Beauftragung von Prüfsachverständigen durch Bauherren mit der staatlichen Gewährleistungsverantwortung vereinbar sei und

- ob eine Umgestaltung der Bauaufsichten erforderlich sei, wenn Prüfsachverständige nicht privatrechtlich, sondern als hoheitlich Beliehene tätig werden.

Die Schlussfolgerungen sind eindeutig, die Di Fabio aus den Ergebnissen seiner Untersuchungen gezogen hat: Deutschland kann seine grundgesetzlich festgelegte Schutzpflicht nach Artikel 2 Absatz 2 des Grundgesetzes nicht mehr erfüllen, weil diese Schutzpflicht für die Sicherheit von Bauwerken unter dem Regime der Bauproduktenverordnung und den darauf aufbauenden nationalen Anforderungen an die Bausicherheit zunehmend vom Staat auf die Verwender von Bauprodukten verlagert werde. Dies führe, so Di Fabio in seinem Gutachten, für Prüfsachverständige zu einer Kumulierung neuer Verantwortungen und Berufsrisiken.

Darüber hinaus stellt Di Fabio fest, dass der Prüfsachverständige genauso im öffentlichen und nicht im privaten Interesse handle, wie der amtlich bestellte Prüfsachverständige. Schon aus diesem Grunde sei die Einstufung der Prüfsachverständigen als Beliehene geboten.

Nach den Worten des Präsidenten der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, bestätigen die Ergebnisse des Gutachtens Di Fabios in den meisten Punkten die Auffassung seiner Vereinigung, dass die Bauproduktenverordnung grundlegend überarbeitet werden müsse. Außerdem unterstütze das Gutachten, wie Kalleja im Rahmen der diesjährigen Arbeitstagung der Bundesvereinigung sagte, deren Forderung, dass Prüfsachverständige prinzipiell als Beliehene einzuordnen seien. Sie habe die we-

sentlichen Gutachtenergebnisse deshalb auch den Fachkommissionen Bauaufsicht und Bautechnik der Bauministerkonferenz ARGEBAU vorgestellt und das Gutachten darüber hinaus den Baubehörden und zuständigen politischen Entscheidungsträgern in Bund und Ländern zur Kenntnis gegeben. In den nächsten Wochen und Monaten würden jetzt zudem Fachgespräche folgen, in denen die BVPI konkrete Verbesserungen für die Bauproduktenverordnung und für die nationalen Regelungen vorschlagen und erläutern werde.

Das Gutachten Di Fabios steht in wesentlichen Teilen auf der Website der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen zum Download zur Verfügung: www.bvpi.de ► Aktuelles

RA Henning Dettmer

Bitte schon vormerken: Drei Termine der Prüfsachverständigen im nächsten Jahr: Hannover, Baden-Baden und Leonberg

Die Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) und die Vereinigung der Prüfsachverständigen in Baden-Württemberg weisen auf folgende Termine im nächsten Jahr hin:

- Die BVPI veranstaltet am 13. und 14. September 2019 im Schloss Herrenhausen in Hannover ihre Arbeitstagung 2019. Wie jedes Jahr können die Mitglieder der BVPI ein ingenieurtechnisch sehr zugkräftiges Vortragsprogramm mit kompetenten und bekannten Referenten erwarten. Ihren Begleitungen wird parallel dazu ein traditionell abwechslungsreiches und ansprechendes Programm geboten.

Schloss Herrenhausen wurde im 17. Jahrhundert errichtet und diente im 19. Jahrhundert als Sommersitz des Königshauses Hannover. 1943 wurde es komplett zerstört und 2009/2010 wieder aufgebaut. Heute gilt Schloss Herrenhausen als einer der hochkarätigsten Veranstaltungsorte Europas.

Der traditionelle Landesabend, vorbereitet und durchgeführt von der Landesvereinigung der Prüfsachverständigen in Niedersachsen, wird im rundum verglasten EXPOWAL stattfinden, dem architektonisch wohl am meisten beeindruckenden Veranstaltungsort in Hannover. Das offizielle Wahrzeichen der Weltausstel-



Foto: Fotolia, World travel images

DAS SCHLOSS HERRENHAUSEN in Hannover: Veranstaltungsort der Arbeitstagung 2019 der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik am 13. und 14. September 2019

lung EXPO 2000 ist direkt an einem See gelegen und ist eignet sich hervorragend für Veranstaltungen aller Art.

- Die Vereinigung der Prüfsachverständigen in Baden-Württemberg führt ihre nächstjährige Arbeitstagung am Freitag und Samstag, dem 28. und 29. Juni 2019, durch, und zwar wieder in Baden-Baden. Die Landesvereinigung weist bei dieser Gelegenheit darauf hin, dass Kurz- oder Langfassungen der fachlichen Berichte ihrer Arbeitstagungen in den letzten

Jahren zum kostenlosen Download auf der Website der vpi-BW zur Verfügung stehen.

- Am 14. November 2019 findet eine Tagung der vpi-BW statt, diesmal in Leonberg. Zu dieser Fachtagung sind nicht nur Prüfsachverständige und Prüfsachverständige aus ganz Deutschland eingeladen, sondern auch Gäste und Vertreter der Baurechtsbehörden. Die endgültigen Themen stehen noch nicht fest, werden aber rechtzeitig im Internet veröffentlicht: <https://www.vpi-bw.com>.

Aktuelles aus dem Deutschen Institut für Bautechnik: ETAs, Bauartgenehmigungen und DIBt-Gutachten Stand der Umsetzung des neuen Bauordnungsrechts und Lösungen für das Problem der lückenhaften hEN

Unter dem Titel „Aktuelles aus dem DIBt“ bietet diese Zeitschrift ihren Leserinnen und Lesern seit einigen Jahren einen regelmäßigen Überblick über das an, was sich in den jeweils zurückliegenden zwölf Monaten im Bereich der Zulassungspraxis und des Bauordnungsrechts ereignet hat. Diese Synopsen werden auf der jährlichen Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfungingenieure für Bautechnik (BVPI) von Vertretern des DIBt vorgetragen und dann hier veröffentlicht. In diesem Jahr hat der Leiter des Referats Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau des DIBt, Dr.-Ing. Lars Eckfeldt, die Aufgabe übernommen, Wissenswertes über die Novellierung des deutschen Baurechts infolge des Urteils des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) in der Rechtssache C-100/13 und über den aktuellen Stand der Umsetzung der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) in Landesrecht zu berichten. Darüber hinaus erläuterte Dr. Eckfeldt Lösungen für die „Lückenproblematik“, die mit dem aus dem Urteil erwachsenen Verbot produktbezogener, nationaler Nachregelungen für mangelhafte harmonisierte Produktnormen entstanden ist. Zudem stellte er die neuen Bescheide und die Gutachten vor, die das DIBt im Rahmen des neuen Bauordnungsrechts erstellt.



Dr.-Ing. Lars Eckfeldt

studierte Bauingenieurwesen an der TU Dresden und an der University of Nottingham und promovierte 2006 in Dresden über „Möglichkeiten und Grenzen der Berechnung von Rissbreiten in veränderlichen Verbundsituationen“. Nach mehrjähriger wissenschaftlicher Arbeit an den Technischen Universitäten Dresden, Cottbus und Braunschweig zu Themen wie Verbund, Gebrauchstauglichkeit, Ermüdung, statistische Modellbildung und Sicherheit ging er 2015 zum Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), wo er seitdem das Referat „Beton- und Stahlbetonbau, Spannbetonbau“ leitet. Lars Eckfeldt ist Mitglied mehrerer nationaler und internationaler Ausschüsse des Betonbaus, zum Beispiel des Normenausschusses Bauwesen (NABau) des DIN, des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAFStb) und der Internationalen Gesellschaft für Beton (Fédération internationale du béton, fib).

1 MVV TB: Stand der Umsetzung und Ausblick

Am 31. August 2017 veröffentlichte das DIBt entsprechend seiner satzungsmäßigen Aufgaben erstmals die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB). Zurzeit haben die Länder Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen die Verwaltungsvorschriften in ihr Landesrecht überführt. Noch nicht umgesetzt haben sie Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen Rheinland-Pfalz, Saarland und Schleswig-Holstein. Als gleichwertige technische Lösung kann die MVV TB aber auch in diesen Ländern bereits angewandt werden. Freiwillige Nachweise sind aufgrund von Teil D 3 der Landesverwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen, beziehungsweise – auch in den Ländern, die diese noch nicht umgesetzt haben – aufgrund der entsprechenden Vollzugshinweise möglich, die von den Ländern veröffentlicht wurden.

Die Arbeit an der ersten Ausgabe der MVV TB ist wesentlich von der Projektgruppe „MVV TB“ koordiniert worden, die von der ARGEBAU, der Arbeitsgemeinschaft der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder, zu diesem Zweck gebildet worden war. In die Arbeit waren jedoch auch andere ARGEBAU-Gremien einbezogen. Die grundlegenden Vorschläge für die Inhalte der MVV TB wurden großteils vom DIBt vorgelegt und spiegeln damit die Erfahrung aus der Normungs- und Zulassungspraxis wider. Der Entwurf der MVV TB wurde schließlich von der Fachkommission Bautechnik und der Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU verabschiedet. Er wurde dann im Rahmen des Anhörungsverfahrens den beteiligten Kreisen zur Kenntnis gegeben, die die Gelegenheit hatten, Stellung zu nehmen. Der Entwurf musste zudem bei der EU notifiziert werden. Ein solches europäisches Notifizierungsverfahren nach der Richtlinie (EU) 2015/1535 ist für nationale technische Vorschriften vorgesehen, die das EU-Recht tangieren. Dadurch soll sichergestellt werden, dass diese Richtlinien und Verordnungen dem EU-Recht nicht widersprechen. So werden zum Beispiel auch die DAFStb-Richtlinie für massive Bauteile oder die zukünftige Richtlinie für Qualität im Betonbau in Europa notifiziert (siehe hierzu: *Breitenbücher, Rolf*: Neue Richtlinie für definierte Betonbauqualitäten, in *DER PRÜFINGENIEUR*, Heft 52, Mai 2018, Seite 69 ff).

Nach Abschluss des Abstimmungsprozesses konnte das DIBt die MVV TB im Einvernehmen mit den Ländern veröffentlichen. Das Muster wird derzeit von den Ländern in Landesrecht überführt und dort jeweils als Landesverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen bekanntgemacht. Dasselbe Verfahren werden auch die künftigen Ausgaben der MVV TB durchlaufen, die regelmäßig nach dem aktuellen Stand der Technik fortgeschrieben wird. Die MVV TB ist so – genau wie die Bauregellisten – ein *Living-Document*, voraussichtlich aber nicht mit den Aktualisierungsrhythmen, die für die Bauregellisten üblich waren.

Die Änderung des Bauordnungsrechts hat auch Auswirkungen auf die Bescheidpraxis des DIBt. Seit Juli 2017 erteilt das DIBt folgende Bescheide und Nachweise:

- die „reine“ allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) für Einzelprodukte oder Bausätze. Sie enthält nur Produktregelungen.
- die „reine“ allgemeine Bauartgenehmigung (aBG). Diese behandelt Bauartaspekte, also Anwendungsregeln für das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen daraus. Diese Aspekte wurden nach altem Recht in einer „allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für die Bauart“ geregelt. Hintergrund für die stärkere Trennung zwischen Produkt- und Anwendungsregelungen im neuen Recht – die sich hier auch begrifflich manifestiert – ist, dass bei harmonisierten Bauprodukten (also Bauprodukten, die unter eine harmonisierte Produktnorm fallen) die Kompetenzen von EU und Mitgliedstaaten geteilt sind. Während die EU Regelungen für die Vermarktung von Bauprodukten festlegen kann, liegt die Verantwortung für die Sicherheit von Bauwerken bei der Anwendung der Bauprodukte weiterhin bei den Mitgliedstaaten. Wie es den Vorstellungen des europäischen Bauproduktenrechts entspricht, wurden beide Aspekte nun auch im nationalen Bereich klarer voneinander getrennt.
- Heute wird sehr oft in einer Kombination aus abZ und aBG beschieden, worin beide Aspekte – klar abgegrenzt – geregelt werden. Im Bereich des Massivbaus – und in vielen anderen Bereichen – ist dieser Bescheidtyp gegenüber der reinen abZ für Bauprodukte oder der reinen aBG für Bauarten der häufigere Bescheidtyp, der sich sehr gut auch zur Behandlung innovativer Themen eignet.
- Neuerdings können die Akteure der Bauwirtschaft zudem auf freiwilliger Basis Gutachten beim DIBt beauftragen, um bestimmte Produktleistungen nachzuweisen, die von einer harmonisierten Bauproduktennorm nicht erfasst, aber für einzelne Verwendungsfälle relevant sind. Das DIBt geht davon aus, dass solche Gutachten künftig zum Beispiel im Bereich der Betontechnologie und Instandsetzung in Auftrag gegeben werden.
- Und selbstverständlich ist das DIBt auch weiterhin technische Bewertungsstelle, das heißt, das Institut kann auch Europäische Technische Bewertungen (ETA) ausstellen.

2 Die hEN-Lückenproblematik und deren Lösungen

Harmonisierte europäische Produktnormen (hEN) werden im Auftrag der Europäischen Kommission erstellt. Die Kommission legt die Wesentlichen Merkmale einer künftigen Norm nach Konsultation der EU-Mitgliedstaaten fest. In der Regel wird dann ein sogenanntes Mandat erstellt, aus dem sich der Normungsauftrag für die Europäische Normungsorganisation CEN generiert. Für die Normungsarbeit wird bei CEN eine *Working Group* eingerichtet, in die die nationalen Normungsorganisationen Experten aus den fachlich entsprechenden Spiegelausschüssen entsenden. Der fertiggestellte Entwurf kann in einer öffentlichen Umfrage von allen Interessierten kommentiert werden. Die Abstimmung über den Entwurf erfolgt dann in den nationalen Spiegelausschüssen (Abb. 1).

Bei vielen europäischen Bauproduktennormen haben die deutsche Bauaufsicht und insbesondere das DIBt sowohl auf EU-Ebene als auch in den Spiegelausschüssen mitgearbeitet. Mit gebotener Selbstkritik muss man feststellen, dass die Bauaufsicht in den Spiegel- und CEN-Ausschüssen dabei möglicherweise nicht konsequent genug oder zu kompromissbereit war, gerade bei solchen Merkmalen, die für Deutschland wichtig waren, in den meisten anderen Ländern aber eine nicht so bedeutende Rolle einnahmen. Auf EU-Ebene stimmte man häufig Kompromissen zu – immer in dem Gedanken, dass man diese europäischen Zugeständnisse auf nationaler Ebene nach eigenen Vorstellungen nachregeln könne. Es kam aber bekanntlich anders: höchst richterlich hat der Europäische Gerichtshof für bestimmte Bauprodukte festgestellt, dass die deutsche Vorstellung von der national möglichen Korrektur europäischer Normen falsch sei. So sind wir heute mit teilweise defizitären harmonisierten EU-Produktnormen für die Verwendung von Bauprodukten konfrontiert.

2.1 Lösungswege

Die EU-Bauproduktenverordnung liefert mit ihrem Artikel 18 eine Möglichkeit, formale Einwände gegen mangelhafte Normen mit dem Ziel vorzubringen, entweder eine Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union zu verhindern oder bestimmte Fundstellen zu streichen oder unter Vorbehalt zu stellen. In der Vorgängerregelung der Bauproduktenverordnung, der bis 2013 geltenden Bauprodukten-

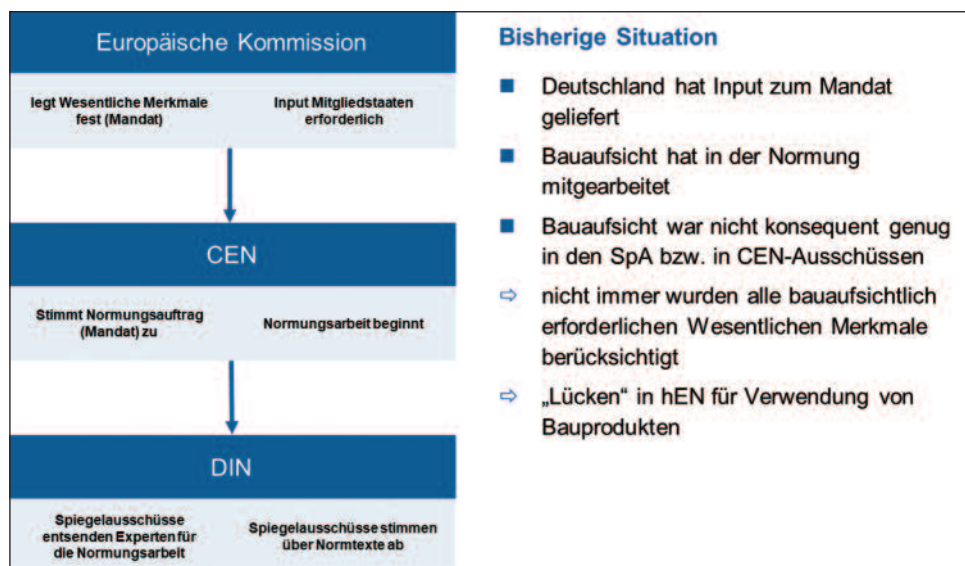


Abb. 1: Entstehung von „Lücken“ in harmonisierten europäischen Produktnormen (hEN)

August 2015: Einwände gegen sechs hEN		November 2017: Europäischer Verfahrensstand
EN 13162	Dämmstoffe aus Mineralwolle	KOM: Befassung SCC 7/2017 Deutschland: Stellungnahme v. 8/2017
EN 14342	Bodenbeläge im Innenbereich	KOM: Beschlüsse v. 1/2017 Deutschland: Klage gegen die Beschlüsse v. 21. 4. 2017 vor dem EuG (Rs. T-229/17)
EN 14904	Sportböden, Mehrzwecksporthallenböden	
EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton	Keine nähere Befassung
EN 12285-2	Tanks aus Stahl für wassergefährdende Flüssigkeiten	Kom: Beschlüsse v. 7. 11. 2017 Fundstelle bleibt uneingeschränkt im EU-ABL. Deutschland: Klage eingereicht am 31. 1. 2018 (Rs. T-53/18)
EN 13341	Tanks aus Thermoplasten für Heizöl, Kerosin, Dieselmotortreibstoff	

Abb. 2: Deutsche Einwände nach Artikel 18 der EU-Bauproduktenverordnung

tenrichtlinie, war sogar nur eine Streichung vorgesehen. Das Verfahren wurde selten angewandt und war noch seltener erfolgreich. Eine solche Streichung erfolgte nur einmal, im Fall der legendären EN 10080:2005, deren Fundstelle 2006 auf Betreiben Italiens tatsächlich aus dem EU-Amtsblatt gelöscht wurde. Das führte dazu, dass in Deutschland die Bewehrungsnormenreihe DIN 488:2009 wieder eingeführt werden musste. Inzwischen gibt es an die 450 harmonisierte Bauproduktennormen. Von diesen 450 sind von Deutschland 84 hEN als mangelhaft identifiziert worden. Deutschland will das Artikel-18-Verfahren nun konsequent nutzen, um gegen mangelhafte harmonisierte Normen vorzugehen. Exemplarisch wurden zunächst in sechs Fällen Artikel-18-Verfahren eingeleitet (**Abb. 2**). Zu vier dieser Verfahren liegen inzwischen Entscheidungen der Kommission vor, die aus deutscher Sicht aber den geäußerten Einwänden nicht angemessen Rechnung tragen. Deutschland hat deshalb in diesen vier Fällen vor dem Gericht der Europäischen Union gegen die Europäische Kommission geklagt. Am 19. April ist die Klage zu Holzfußböden (EN 14342:2013) und Sportböden (EN 14904:2006) hinsichtlich flüchtiger organischer Verbindungen und entsprechender Merkmale erhoben worden; am 31. Januar 2018 auch in Sachen Tanks aus Stahl (EN12285-2:2005) und aus Thermoplasten (EN 13341:2005 + A1:2011).

Lfd. Nr.	Technische Spezifikation, auf deren Grundlage eine Leistungserklärung erstellt wird und das Produkt die CE-Kennzeichnung trägt		Betroffene Produkte und betroffene Verwendungsbereiche	Leistungen, die nicht nach der technischen Spezifikation erklärt werden können, aber für die Erfüllung der Bauwerksanforderungen möglicherweise erforderlich sind	Bauwerksanforderungen	Möglichkeiten zur Erklärung der in Spalte 4 genannten Leistungen
1	2		3	4	5	6
9	EN 1168:2005 + A3:2011 in Deutschland umgesetzt durch DIN EN 1168: 2011-12	Betonfertigplatten – Hohlplatten	Tragende Bauteile	Leistungen vor der Herstellung Beton: (EN 206 nicht harmonisiert, gilt nur im Zusammenhang mit DIN 1045-2), hier insbesondere: Zugfestigkeit, Biegezugfestigkeit, Zusammensetzung des Betons (deskriptiv) Betonstahl: Zugfestigkeit, Duktilitätskennwerte, Rippung Spannstahl: Geometrie, Festigkeiten, Arbeitslinie, E-Modul, stoffliche Zusammensetzung, Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion, Verbundverhalten, Relaxationseigenschaften, Brucheinschnürung, Arbeitsmodul (Stäbe) Leistungen nach der Herstellung für das Produkt: Spannbeton-Hohlplatte – Zugfestigkeit der Plattenstege, – Biegezugfestigkeit der Plattenspiegel, – Betondruckfestigkeit der Plattenspiegel oder Stege, – Rissfreiheit im Verankerungsbereich, – Rissfreiheit der Stege nach Anheben der Platten aus der Fertigungsbahn, – dauerhafte sichtbare Kennzeichnung jedes Produkts bei erhöhten Anforderungen an die Biegezugfestigkeit der Plattenspiegel.	BWR 1 (A 1.2.3.1)	ETA oder Bewertung der Leistung in einer technischen Dokumentation unter Einschaltung einer entsprechend Art. 30 BauPVO qualifizierten Stelle alternativ: ehemalige Dokumentationsunterlagen
<ul style="list-style-type: none"> ■ Europäische Kommission forderte Auflistung der magelhaften hEN an ■ ARGEBAU bat DIN um Unterstützung bei der Behebung der Mängel der in der Prioritätenliste aufgeführten hEN (Schreiben vom Mai 2017) 						

Abb. 3: Hinweisliste der ARGEBAU – Prioritätenliste hEN

Die Kommission räumt mittlerweile in mancherlei Hinsicht Lücken ein, verbietet aber, gestützt auf die Rechtsprechung in der Rechtssache C-100/13 und in zwei anderen Fällen, die nationale „Reparatur“. Sie möchte diese Lücken innerhalb der nächsten zwei bis sechs Jahre im Zuge der turnusgemäßen Überarbeitung schließen (eine solche Überarbeitung steht alle fünf Jahre an). Bis der Lückenschluss erfolgt ist, steht den Antragstellern der freiwillige Lückenschluss über eine Europäische Technische Bewertung (ETA) zur Verfügung.

Aus der Kommunikation mit der Kommission über die Lückenproblematik ist eine Liste mit 84 aus deutscher Sicht mangelhaften Normen entstanden. In dieser sogenannten Prioritätenliste ist detailliert aufgelistet, welche Normen, welche Bauprodukte und welche Verwendungszwecke sowie welche Grundanforderung(en) an Bauwerke betroffen sind. **Abb. 3** zeigt einen beispielhaften Auszug aus dieser Prioritätenliste. Dieser Auszug aus der Liste betrifft EN 1168 für Hohlplatten als tragende Bauteile, die zum Beispiel im Geschossbau eingesetzt werden. In dieser Produktnorm fehlten beispielsweise eine verlässliche Beschreibung der Ermittlung der Zugfestigkeit und einiger anderer bedeutsamer Produktmerkmale. Die Angaben in der Prioritätenliste sind ergänzt worden durch eine 6. Spalte, in der Lösungsmöglichkeiten empfohlen werden. Im genannten Beispiel lautet die Empfehlung etwa „ETA oder Bewertung der Leistung in einer technischen Dokumentation unter Einschaltung einer entsprechend Art. 30 qualifizierten Stelle“. Das bedeutet eine Einrichtung mit der Qualifikation einer Technischen Bewertungsstelle, weil zum Beispiel für die versuchsseitige Ermittlung der Zugfestigkeit zurzeit keine etablierten Bewertungsverfahren existieren. Alternativ können bestehende Dokumentationsunterlagen, zum Beispiel Zulassungen, herangezogen werden, deren Geltungsdauern im konkreten Fall noch überwiegend bis zum 1. Dezember 2019 laufen. Die Fachkommission Bautechnik hat diese Liste an das DIN mit der Bitte übersandt, zu helfen, diese Lücken zu schließen. Diese Liste, so abstrakt und trocken sie wirken mag, kann auch ein nützliches Werkzeug für Planer, Bauherren und Prüferingenieure sein, weil sie bis zur endgültigen Behebung der Mängel auf wichtige Lücken hinweist.

Als grundsätzliches Fazit dieses Lückenproblems und seiner Lösung kann festgehalten werden, dass in Deutschland dringend eine gemeinsame, ausdauernde Anstrengung für die Normungsarbeit erforderlich ist. Dies ist nicht nur für die Bemessungsnormen, die Eurocodes, entscheidend, sondern für jede harmonisierte Norm, die das Bauwesen in irgendeiner Form tangiert. Wo im Rahmen der Normung keine zufrieden-

stellenden Lösungen erzielt werden, kann – anders als früher – nicht mehr auf temporäre oder nationale Lösungen vertraut werden. Stattdessen sollten zielführende Artikel-18-Verfahren aktiviert werden.

2.2 Definition einer Lücke

An dieser Stelle wäre eine Definition dessen angebracht, was in den oben beschriebenen Fällen eine Lücke ausmacht (**Abb. 4**): Für Bauprodukte, die mit einer CE-Kennzeichnung nach Bauproduktenverordnung versehen sind, ist der Hersteller verpflichtet, eine Leistungserklärung zu erstellen, in der eine bestimmte Produktleistung ausgewiesen wird (häufig wird hier zusätzlich auf eine technische Dokumentation verwiesen).

Gleichzeitig unterliegt man in den einzelnen Bundesländern – gemäß der jeweiligen Landesbauordnung – auch der jeweiligen Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen. Daraus ergeben sich bestimmte Bauwerksanforderungen, die mit den erklärten Produktleistungen und dem erklärten Verwendungszweck abgeglichen werden müssen. Im Bereich des Massivbaus definieren hier insbesondere der in der MVV TB gelistete Eurocode 2 und sein Nationaler Anhang die deutschen Bauwerksanforderungen. Demzufolge ist Beton nach DIN EN 206-1:2001 und den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln DIN 1045-2 zu verwenden. Für Betonstahl gilt DIN 488, und wenn Stahlfasern eingesetzt werden sollen, zusätzlich die Stahlfaserrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb). Damit sind die Anforderungen klar definiert, ganz unabhängig davon, ob mit Ortbeton, mit Hohlplatten, mit Halbfertigteildecken oder mit anderen Konstruktionen gearbeitet werden soll. Darüber hinaus sind für einige spezielle Anwendungsfälle noch andere DAfStb-Richtlinien bauaufsichtlich eingeführt. Die Verwendung der Produkte ist nur dann zulässig, wenn mit den gegebenen Produktleistungen die durch die eingeführten Technischen Baubestimmungen definierten Anforderungen erfüllt werden.

Weiterhin muss die Bauart geregelt sein. Beispielsweise wird in Anlage A 1.2.3/1 der MVV TB darauf hingewiesen, dass bestimmte Spannverfahren nicht abschließend geregelt sind. Es fehlen in den eingeführten Regeln zur Bauart, hier Eurocode 2, bestimmte Aspekte der verbundlosen Vorspannung oder der Vorspannung mit nachträglichem Verbund.

Lücken können fehlende Produktleistungen sein, zum Beispiel ein Schmelzpunkt bei Klebern. Es können aber auch bestimmte Aspekte des Gesundheitsschutzes sein, wie etwa im Falle der Sportböden.

Produktleistung fehlt	technische Regel für Bauart fehlt
Das ist ein Mangel in der Produktnorm und muss zukünftig behoben werden.	Das ist kein Mangel in der Produktnorm.
nationale „Nachregelung“ darf staatlich nicht gefordert werden	Bauwerksanforderungen = nationales Recht
LBO (MBO § 17) gilt nicht	LBO (MBO § 16a) beachten
Abgleich mit Prioritätenliste	Abgleich mit VV TB

Abb. 4: Abgleich mit den nationalen Bauwerksanforderungen bei Bauprodukten mit CE nach Bauproduktenverordnung

Wichtig ist das Grundverständnis dafür, dass nationale Produktnachregelungen nicht mehr möglich sind. Insofern greifen die Paragraphen 17 und folgende („Verwendbarkeitsnachweise“) der Musterbauordnung der Länder (MBO) im Bereich harmonisierter Bauprodukte nicht mehr, das heißt, es können keine Zulassungen oder sonstige Verwendbarkeitsnachweise gefordert werden. Technische Regelungen für Bauarten fallen hingegen in den Bereich der Anwendung und damit unter nationales Recht. Für innovative Ansätze können hier zügig auch entsprechende Bauartgenehmigungen erteilt werden. Bauartgenehmigungen können allgemein gestaltet werden, dafür ist das Deutsche Institut für Bautechnik der Ansprechpartner. Sie können aber auch vorhabenbezogen bei den Obersten Bauaufsichtsbehörden beantragt werden, die gegebenenfalls die jeweiligen Landesstellen für Bautechnik einbeziehen. Freiwillige Herstellerangaben zur Leistung harmonisierter Bauprodukte werden in Abschnitt D 3 der MVV TB beziehungsweise aufgrund der Vollzugshinweise der Länder konkretisiert. In diesen Fällen muss der Hersteller die Korrektheit seiner Angaben zweifelsfrei darlegen, damit prüffähige technische Dokumentationen gewährleistet sind. Um wirksame Baugenehmigungen erteilen zu können, werden die Leistungsangaben grundsätzlich von den Bauaufsichtsbehörden anerkannt, wenn unabhängige Bewertungen oder Belegdokumente vorhanden sind, zum Beispiel in Bezug auf Beton nach DIN EN 206-1 oder Betonstahl nach DIN 488.

2.3 Zwei Wege zur Lückenschließung

Es gibt also zwei Wege zur Lückenschließung: den europäischen und den nationalen Weg (Abb. 5). Der europäische Weg über die ETA setzt ein Europäisches Bewertungsdokument (EAD) voraus. Dort werden die erforderlichen Prüfungen und Bewertungskriterien für die jeweiligen Produktbereiche festgelegt. Ist noch kein EAD vorhanden, stellen die europäischen Technischen Bewertungsstellen gemeinsam diese dann harmonisierten Bewertungsverfahren auf, und zwar im Rahmen der Europäischen Organisation für Technische Bewertungen (EOTA = European Organisation for Technical Assessment).

Wo einschlägige Prüf- und Bewertungsverfahren fehlen, erfordert auch der nationale Weg die Einbeziehung einer wie nach Artikel 30 der EU-Bauproduktenverordnung qualifizierten Bewertungsstelle, wie zum Beispiel das DIBt eine verkörpert.

Noch einmal zum Unterschied zwischen Gutachten und ETA: Die ETA liefert Angaben zu Produktleistungen mit Bezug auf Wesentliche Merkmale, die zur Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke relevant sind. Im EAD, das der ETA zugrunde liegt, ist zudem ein Konformitätsnachweisverfahren festgelegt, also ein Verfahren zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit eines Produkts (AVCP),

Europäischer Weg	Nationaler Weg
Einschaltung einer nach Art. 30 BauPVO qualifizierten Stelle	Einschaltung einer wie nach Art. 30 BauPVO qualifizierten Stelle
Technische Bewertungsstelle z. B. DIBt	Technische Bewertungsstelle z. B. DIBt
Europäische Technische Bewertung (ETA)	z. B. Gutachten des DIBt

Abb. 5: Möglichkeiten der Lückenschließung: europäischer und nationaler Weg

ETA	Gutachten des DIBt
unabhängige Bewertung	unabhängige Bewertung
europäisch harmonisiert	ggf. kurzfristigere Umsetzung
Bewertung von Produktleistungen	Bewertung von Produktleistungen bzgl. Erfüllung von Bauwerksanforderungen
Abgleich mit konkreten Bauwerksanforderungen	direkter Bezug zu den konkreten Bauwerksanforderungen

Abb. 6: Möglichkeiten der Lückenschließung durch ETA oder Gutachten

mit dem eine konstante Leistung des Produkts über den Zeitraum seiner mehrfachen Herstellung gewährleistet wird. Da eine ETA kein Verfallsdatum hat, gelten sie und das AVCP-Verfahren solange, wie an dem betreffenden Produkt nichts verändert wird. Für eine erklärte Produktleistung harmonisierter Bauprodukte ist immer eine harmonisierte technische Spezifikation (hEN oder EAD) Basis für die Zertifizierung, Leistungserklärung und CE-Kennzeichnung.

Gutachten des DIBt ermöglichen national eine Angabe von Produktleistungen unter Bezug auf die jeweiligen Bauwerksanforderungen. Das Gutachten bietet damit schon den Schulterschluss zur Verwendungsfähigkeit, den Prüfsachverständigen oder Prüfingenieuren suchen. Ein solches Gutachten sollte auch Informationen über die getroffenen Qualitätssicherungsmaßnahmen enthalten, die einen mit AVCP-Maßnahmen vergleichbaren Effekt erreichen sollten.

Die Europäische Technische Bewertung erfolgt auf Basis europäisch abgestimmter Bewertungs- und Prüfverfahren. Das leistet das Gutachten einer wie nach Artikel 30 der EU-Bauproduktenverordnung qualifizierten Bewertungsstelle hingegen nicht. Begutachtete Produkte können damit auch nicht ohne Weiteres in anderen Ländern Europas verwendet werden. Das ist der Mehrwert einer ETA. Für begutachtete Produkte ist zudem national keine Kennzeichnung des Produkts vorgesehen, sondern eine Ergänzung der Technischen Dokumentation beziehungsweise der Bauvorlagen.

Beide Papiere – Gutachten und ETA (Abb. 6) – stellen jedoch eine unabhängige und sehr qualifizierte Bewertung dar.

2.4 Bauarten

Die Bauart ist das Zusammenführen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen. Wenn also aus Halbfertigteildecken eine komplette Deckenscheibe erstellt wird und diese mit einem Ringanker versehen und dazu vielleicht noch in ein Wandsystem eingebunden wird, dann handelt es sich um eine Bauart, die im konkreten Fall ein harmonisiertes Bauprodukt beinhaltet. Technische Regeln für die Planung, Bemessung und Ausführung von Bauarten finden sich in den Technischen Baubestimmungen. Bei wesentlichen Abweichungen davon – oder wenn keine Technischen Baubestimmungen vorhanden sind – ist eine Bauartgenehmigung erforderlich. Ein schönes Beispiel dafür ist der Einsatz von nichtmetallischer Bewehrung im Massivbau. Für diese gibt es zurzeit keine Bemessungsregeln, außer denen, die für die Anwendung konkreter Bewehrungsprodukte den jeweiligen abZ/aBG zu entnehmen sind. In diesem Fall existieren nur für ein konkretes Produkt Regelungen für die Bauart. Hingegen sind allgemein anwendbare, bauauf-

sichtlich eingeführte Technische Baubestimmungen derzeit noch kaum vorhanden. Insofern müssen die Bestimmungen für die Planung, Bemessung und Ausführung einer solchen Bauart für die Anwendung neuer Bewehrungsprodukte neben den Produktregelungen in einer damit kombinierten Bauartgenehmigung festgehalten sein. Gegebenenfalls erstreckt sich die Notwendigkeit von Anwendungsregeln sogar auf Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung, zum Beispiel, wenn Dichtungen in einem bestimmten zeitlichen Abstand innerhalb der üblichen Lebensdauer eines Bauwerks erneuert werden müssen. Die Ausstellung erfolgt auf Basis abgestimmter Nachweise, das heißt, das DIBt konsultiert auch für Bauartgenehmigungen gegebenenfalls seine Sachverständigenausschüsse, und zwar immer dann, wenn die neuen Anwendungsregeln einer vertieften Diskussion unter Experten bedürfen.

Der ausführende Betrieb wird in der Bauartgenehmigung angehalten zu erklären, dass er deren Bestimmungen eingehalten hat. Die Geltungsdauer einer allgemeinen Bauartgenehmigung ist befristet auf fünf Jahre, weil in diesem Intervall notwendige Anpassungen an den Stand der Technik überprüft werden sollten.

2.5. Zusammenfassung

Die Lücke im Bereich der erklärten beziehungsweise erklärbaren Produktleistung eines harmonisierten Bauprodukts kann geschlossen werden über ETA oder ein Gutachten des DIBt. Bei fehlenden Anwendungsregelungen greift die Bauartgenehmigung, die als allgemeine Bauartgenehmigung beim DIBt oder als vorhabenbezogene Bauartgenehmigung bei den Obersten Bauaufsichtsbehörden beantragt werden kann.

3 Die neuen Bescheide und die Gutachten

Bei den neuen Bescheiden und Gutachten wird zwischen Bauprodukt und Bauart differenziert. Selbst in kombinierten Bescheiden wird die Trennung klar nach den einzelnen Begrifflichkeiten vorgenommen.

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ist ein Verwendbarkeitsnachweis, das heißt, sie wird in Hinblick auf eine konkrete Verwendung, eine konkrete Einbausituation erstellt. Bei Bauarten wird entsprechend Paragraph 16a der Musterbauordnung die Anwendbarkeit geregelt. Bauarten sind zudem immer bauwerksbezogen und fallen daher in den nationalen Kompetenzbereich. Dabei wird auf bestimmte Aspekte, die örtlich bedingt sind, eingegangen (zum Beispiel Schnee- und Windlasten, bestimmte Eigenschaften von Lagerstätten, Zuschläge, die es in anderen Ländern nicht gibt, bestimmte Zementzusammensetzungen, die regionalen Einflüssen unterliegen). Solche Faktoren führen dazu, dass weit verbreitete Bauarten national durchaus unterschiedlich geregelt werden. Zu berücksichtigen sind auch nationale Unterschiede in der Definition des Sicherheitsniveaus nach der jeweiligen Gesetzeslage und nach dem jeweiligen Sicherheitsanspruch der Bevölkerung.

Die allgemeine Bauartgenehmigung beinhaltet ausschließlich Anwendungsregeln und führt nicht zu einer Kennzeichnung mit dem Ü-Zeichen. Am Ende muss eine Übereinstimmungserklärung durch den bauausführenden Betrieb abgegeben werden. Zwei Beispiele sollen das veranschaulichen:

Erstes Beispiel: Ein Deckensystem des Verbundbaus (**Abb. 7**), bestehend aus Stahlträgern, Trapezblechen, bewehrtem Aufbeton und ei-

nem System von Kopfbolzen, die den Schub übernehmen. Im aufgeführten Beispiel fehlten bestimmte Bemessungsregeln, die im Zuge einer Bauartgenehmigung für diese Anwendung geregelt wurden.

Zweites Beispiel: Die Stahlträger mit Verbunddübeln in **Abb. 8** entsprechen einer harmonisierten Norm. Der Betonstahl und Beton sind hingegen nicht harmonisiert. Für die Bemessung der Gesamtkonstruktion wurde eine allgemeine Bauartgenehmigung erteilt.

Eine allgemeine Bauartgenehmigung (**Abb. 9**) enthält allgemeine und besondere Bestimmungen, im Einzelnen:

- den Regelungsgegenstand und den Anwendungsbereich,
 - Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung,
 - Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung und
 - einen Hinweis auf die notwendige Übereinstimmungserklärung nach Paragraph 16a Absatz 5 der Musterbauordnung für die Bauausführung.
- Es können beliebig viele Anlagen mit Zeichnungen, technischen Daten und weiteren Angaben zur Bauart hinzugefügt werden.

Zum Vergleich: die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung enthält

- den Zulassungsgegenstand und den Bereich, in dem dieser vernünftigerweise verwendet werden kann.
- Bestimmungen für das Bauprodukt,
 - im Wesentlichen die Produktleistung, die Produkteigenschaften und auch die Produktzusammensetzung, bei Spannstahl zum Beispiel ein bestimmter Legierungsrahmen,
 - es folgen Hinweise für Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung des Produkts,
 - hinzukommen Regelungen für die Übereinstimmungsbestätigung (in Form des Ü-Zeichen); in diesem Abschnitt sind die werkseigene Produktionskontrolle und die Bedingungen geregelt, unter denen die Fremdüberwachung abzulaufen hat.
- Die abZ kann ebenfalls durch erläuternde Anlagen, wie technische Daten, Skizzen und so weiter angereichert werden.

Der Kombibescheid besteht – in *einem* Bescheid – aus einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung und einer allgemeinen Bauartgenehmigung. Einen solchen Bescheid hat das DIBt jüngst für eine textilbewehrte Fertigarage ausgefertigt. Die Eigenschaften der Garage und des innovativen Bewehrungsmaterials werden hier ebenso aufgeführt, wie Bestimmungen für die Bauart. Nun mag man sich fragen, ob für eine Garage eine Bauartgenehmigung tatsächlich notwendig ist. Da die Garage jedoch sehr schlank ausgeführt werden kann und möglicherweise zur Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten auch nachgerechnet werden muss, hat das DIBt die Frage in diesem Fall bejaht. Im Bescheid sind deshalb Regeln für Planung, Bemessung und Ausführung vorgegeben, damit Prüfer Nachrechnungen durchführen können. Ferner sind Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung enthalten, da möglicherweise die Lebensdauer der Dachabdichtung nicht so hoch ist wie die planmäßige Lebensdauer der Garage, wodurch die Lebensdauer der gesamten Konstruktion infrage stehen könnte. Auch an diese Bauartgenehmigung schließt sich die Aufforderung an, nach Errichtung der Garage eine Erklärung der Übereinstimmung mit den Regeln der allgemeinen Bauartgenehmigung abzugeben.

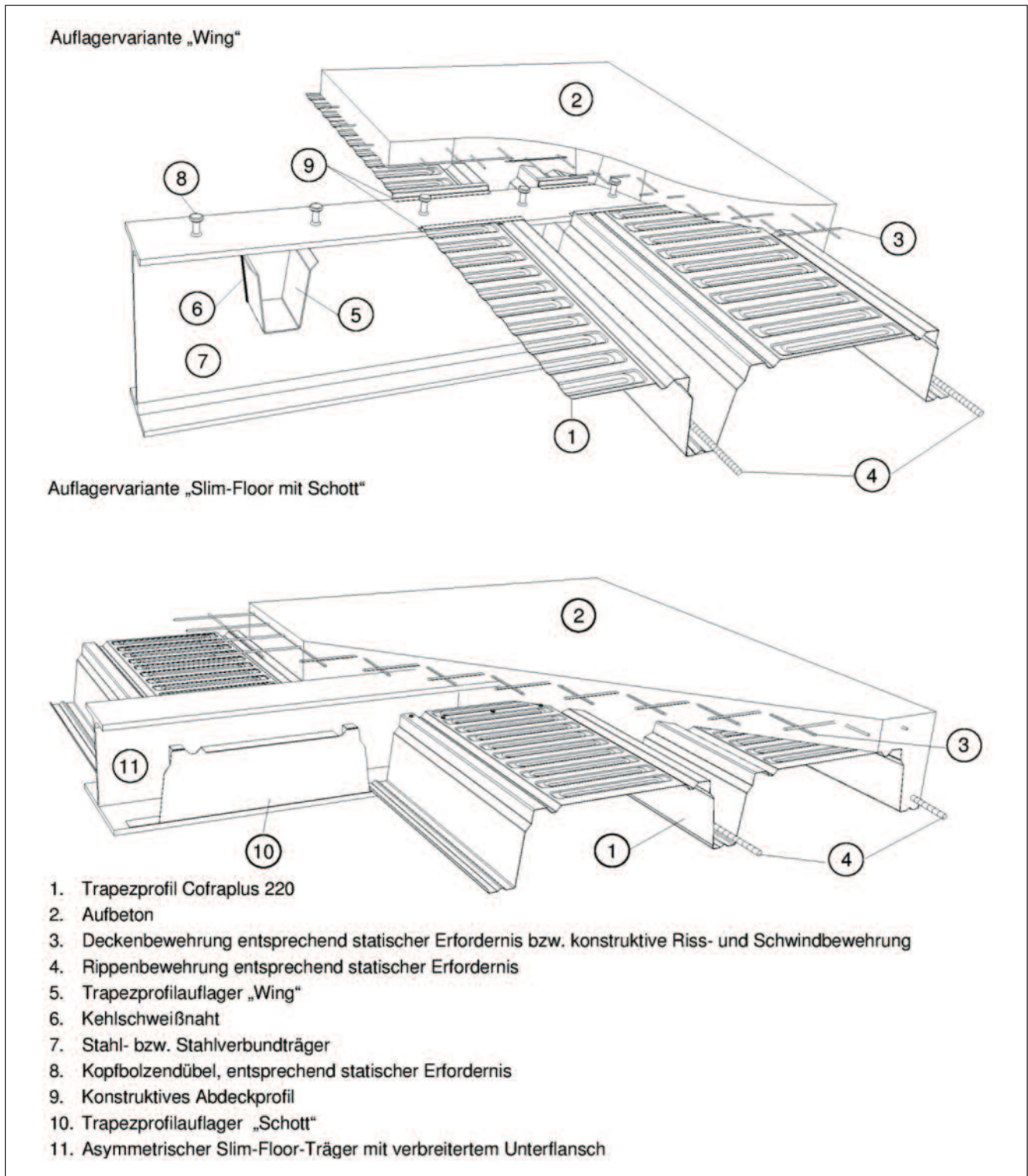


Abb. 7: Beispiel für eine allgemeine Bauartgenehmigung: ArcelorMittal Systemdecke Cofraplus 220 (aBG Z-26.1-55)

Die DIBt-Gutachten sind so aufgebaut, dass sie bereits aufgrund des Deckblatts deutlich von den Bescheiden des DIBt zu unterscheiden sind. Sie enthalten in der Regel vier Abschnitte:

- die Anforderungen an bauliche Anlagen, das heißt jene Grundanforderungen an Bauwerke, die adressiert werden,
- den Gegenstand des Gutachtens allgemein,
- die Bewertung der erforderlichen Produktleistung(en) sowie
- Empfehlungen und Hinweise, wie etwa Erläuterungen zu Qualitätssicherungsmaßnahmen.

Abb. 10 zeigt ein Beispiel für ein Gutachten. Es ist zu sehen, dass hier für Polymerfasern nach EN 14889-2 der Verwendungsfall eines bestimmten Typs von Polymerfasern im Beton begutachtet wird, um – in Abgrenzung zur hEN – die konkrete Anwendung zu adressieren.

Doch was ist eigentlich das Problem dieser hEN, die sich im Übrigen auch in der Prioritätenliste wiederfindet? Übereinstimmend mit Anhang ZA kann zunächst die Zugfestigkeit, der E-Modul, der Einfluss auf die Konsistenz und der Einfluss auf die Festigkeit von Beton deklariert werden – diese wird tatsächlich nicht zwingend besser, wenn Fa-

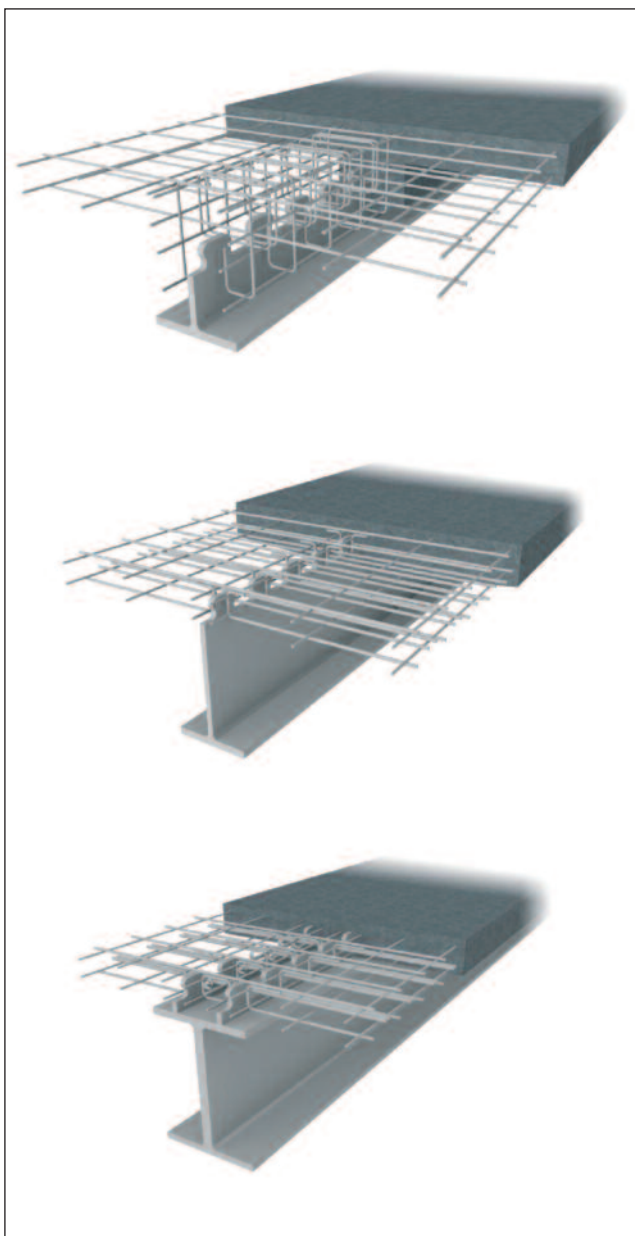


Abb. 8: Beispiel für eine allgemeine Bauartgenehmigung: Stahlverbundträger mit Verbunddubleisten (aBG Z-26.4-56)

Eigenschaft	Deklarierte Wert/Eigenschaft
Polymerart	ABC-Polymer
Klasse nach DIN EN 14889-2	II
Form/Querschnitt	rechteckig
Einzelfaser (Breite × Dicke)	1,5 × 0,1 mm ²
(Äquivalenter) Durchmesser d _e	0,46
Länge	45 mm
Feinheit/Titer	155 tex
Dichte bei 20 °C	0,90 g/cm ³
Zugfestigkeit	rd. 550 N/mm ²
Elastizitätsmodul	rd. 8000 N/mm ²
Schmelzpunkt	rd. 160 °C
Entzündungstemperatur	> 500 °C

Abb. 10: Mustergutachten zu Polymerfasern nach DIN EN 14889-2, hier: Abmessungen sowie physikalische und thermische Eigenschaften

fern hinzugegeben werden. Zudem können Gehalt und Freisetzung gefährlicher Substanzen erklärt werden. Was nicht deklariert werden kann, ist die Dauerhaftigkeit. Obwohl diese im Normungsauftrag mandatiert war, wurde dieses Wesentliche Merkmal letztendlich inhaltlich nicht gefüllt, was hier die sogenannte Lücke darstellt. Gleichzeitig ist der beabsichtigte Verwendungszweck speziell dieser Norm sehr groß, was theoretisch den Einsatz verschiedenster Polymerarten ermöglicht. Nun gibt es Polymerarten, die in Beton relativ alkaliresistent sind. Es gibt aber auch Polymerarten, die dieser Art von Beanspruchung keine fünf Jahre standhalten. Das heißt Dauerhaftigkeitsprüfungen sind, zumindest aus Sicht des DIBt und der Bauaufsicht, zwingend erforderlich. Einen solchen Nachweis der Dauerhaftigkeit können die Hersteller in einem Gutachten entsprechend nachpflegen, wenn sie davon überzeugt sind, dass ihr Produkt resistent gegen Alkalien ist. Der Text eines entsprechenden Gutachtens könnte damit lauten:

Dieses Gutachten dient der Beurteilung der Einhaltung der Bauwerksanforderungen hinsichtlich der Standsicherheit [BWR 1] bei Verwendung des nachfolgenden Bauprodukts.

Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA), Düsseldorf

- Allgemeine Bestimmungen
- Besondere Bestimmungen
 - Regelungsgegenstand und Anwendungsbereich
 - Bestimmungen für Planung, Bemessung und die Ausführung
 - Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt, Wartung
 - Erklärung der Übereinstimmung mit der aBG nach § 16 a Abs. 5 durch Bauausführung
- Ggf. Anlagen mit Zeichnungen, technischen Daten und weiteren Angaben zur Bauart

→ Reine Anwendungsregelung!

Abb. 9: Aufbau einer Bauartgenehmigung

■ Beton mit Polymerfasern „XY“.

Gegenstand des Gutachtens ist Beton mit einem Anteil von höchstens 7,0 kg/m³ Polymerfasern.

Die Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit der Polymerfasern erfolgt entsprechend System 1 [ergibt sich aus der harmonisierten Norm].

Nach DIN EN 14889-2 kann der Hersteller die Polymerart, eine Reihe von geometrischen Angaben, die Feinheit (zum Beispiel 155 tex), Zugfestigkeiten, Elastizitätsmodul, Schmelzpunkt und so weiter erklären. Was jedoch fehlt, ist die Charakterisierung der Dauerhaftigkeit.

Der Abschnitt „Bewertung“ des Gutachtens könnte daher lauten (Abb. 11):

Folgende Produktleistungen wurden bewertet:

- Leistung 1 – Die Dauerhaftigkeit des Betons nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 mit den Polymerfasern [mit einem bestimmten Ergebnis, das im Weiteren beschrieben wird].
- Leistung 2 – Einfluss auf die Baustoffklasse des Betons mit den spezifischen Polymerfasern „XY“.

Zur Bewertung gehören der Prüfbericht eines qualifizierten Prüfinstituts und möglicherweise eine gutachterliche Stellungnahme. Das Gutachten würde also fortsetzen:

Auf Basis der vorgelegten Nachweise wird bestätigt, dass die Anforderungen an die bauliche Anlage in Bezug auf die Verwendung des oben genannten Produkts in Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit

Folgende Produktleistungen wurden bewertet:

- Leistung 1: Dauerhaftigkeit des Betons nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 mit den Polymerfasern „XY“
- Leistung 2: Einfluss auf die Baustoffklasse von Beton mit den Polymerfasern „XY“

Zur Bewertung wurden folgende Nachweise herangezogen:

- Prüfbericht xxx vom ((Datum)) vom Prüfinstitut „ABC“.
- Gutachterliche Stellungnahme xxx vom ((Datum)) von „MNO“.

Abb. 11: Mustergutachten zu Polymerfasern nach DIN EN 14889-2, Bewertung

DIN 1045-2 [konkreter Verwendungsbezug] mit nachgewiesener Wirksamkeit zur Verminderung der Schrumpfrissbildung erfüllt werden.

Für die Fasern wurde auch der grundsätzliche Nachweis der statischen Wirksamkeit geführt. Zu beachten ist dabei, dass für die Bemessung von Polymerfaserbeton keine Technischen Baubestimmungen bestehen. [Hinweis darauf, dass eine Bauartgenehmigung nachzuführen ist, wenn der Beton mit Polymerfasern statisch wirksam eingebaut werden soll.]

Beton bis zu einem Fasergehalt von 7 kg/m³ ist ein nicht brennbarer Baustoff (Baustoffklasse A2 nach DIN 5102-1 Abschnitt 5.2) [Brand-schutzklassifizierung].

*) Der Nachweis der Verminderung der Schrumpfrissbildung wurde mit einem Fasergehalt von 2,0 kg/m³ geführt. [Zusätzlicher Hinweis für den Anwender, dass dieser Fasergehalt nicht unterschritten werden sollte, um einen solchen Effekt zu erreichen.]

Die Bewertung gilt nur solange keine Änderungen des Produkts oder des Produktionsverfahrens vorgenommen werden.

Es wird empfohlen, das Gutachten nach fünf Jahren auf seine Aktualität hin überprüfen zu lassen.

Ganz entscheidend für das vorgestellte Beispiel ist auch die abschließende Feststellung, dass die Faser dem AVPC-System 1 unterliegt und dass der Hersteller zusätzliche Maßnahmen gemäß einer Anlage festgelegt, also einen Prüfplan hinterlegt hat, der einen regelmäßigen Nachweis der Beständigkeit der Polymerfasern gegen Alkalien durch eine sogenannte SIC-Prüfung beinhaltet. Die Einhaltung dieser Maßnahmen wird im Beispiel zudem von einer dazu befugten Stelle jährlich bestätigt. Das bedeutet eine jährliche Fremdüberwachung der werkseigenen Produktionskontrolle und deren Ergebnisse.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das DIBt für harmonisierte Bauprodukte im Regelfall als Lösung bei lückenhafter hEN (siehe Prioritätenliste unter www.dibt.de) den freiwilligen Weg über eine ETA vorschlägt. Gutachten des DIBt können bei bestimmten Konstellationen in Betracht kommen, wenn der Hersteller den freiwilligen Weg über eine ETA nicht gehen will. Gutachten müssen Planenden und Bauausführenden die notwendige Sicherheit bezüglich der Erfüllung der Bauwerksanforderungen bieten. Auch Gutachten sind dabei freiwillig, das gilt für den Auftraggeber und den Auftragnehmer. Die erforderlichen Nachweise für die Aussagen im Gutachten werden zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer abgestimmt. ETA und DIBt-Gutachten garantieren Neutralität, Objektivität und kompetente, kritische und unparteiliche Produktbewertungen.

Grundlagen der Ermittlung statischer Lastmodelle für Neubau und Nachrechnung von Straßenbrücken

Objektspezifische Untersuchungen zeigen zum Teil deutliche Abstände zu den festgelegten Ziellastniveaus

Die Beurteilung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von bestehenden Straßenbrücken, die nicht nach aktuellem Normungsstand geplant und errichtet worden sind, ist für die Infrastruktur von großer Bedeutung. Regelungen und Vorgaben hierzu sind Gegenstand der Nachrechnungsrichtlinie. Sie eröffnet dem erfahrenen Planer und Ingenieur einen erweiterten Handlungsrahmen und bietet ihm die Möglichkeit, die Reserven des Tragwerks und der Baustoffe stärker auszunutzen, ohne das nach DIN EN 1990 geforderte Zuverlässigkeitsniveau einzuschränken. Hinsichtlich der Abbildung von Beanspruchungen aus Straßenverkehr enthält die Nachrechnungsrichtlinie Zielastniveaus in Form von verschiedenen historischen Lastmodellen, die in Abhängigkeit von objektspezifischen Verkehrscharakteristiken definiert werden. Im folgenden Beitrag werden die Grundlagen der Ermittlung von Verkehrslastmodellen für Straßenbrücken dargestellt. Die hierfür eingesetzte Untersuchungsmethodik wurde in der Vergangenheit sowohl für die Festlegung des aktuell in Deutschland gültigen statischen Verkehrslastmodells für den Neubau von Straßenbrücken als auch für die Festlegung der Ziellastniveaus in der Nachrechnungsrichtlinie verwendet. Dargestellt wird die Untersuchungsmethodik, erforderliche Datengrundlagen sowie Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen. Außerdem werden Ansätze für die Ermittlung konkreter objektspezifischer Verkehrslastmodelle für einzelne Bauwerke dargestellt. Die Ergebnisse zeigen teilweise deutliche Abstände von den Ziellastniveaus der Nachrechnungsrichtlinie.



Dr.-Ing. Sebastian Böning

studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar, wo er auch 2013 promovierte und von 2007 bis 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig war; seitdem ist er Projekt-Ingenieur im Bereich Forschung und Entwicklung im Ingenieurbüro Prof. Dr. U. Freundt in Weimar; sein Arbeitsschwerpunkt ist die Ermittlung von Verkehrslasten für Straßenbrücken auf der Grundlage von Simulationsrechnungen sowie auf Basis von Langzeitmessungen an Bauwerken.

1 Einführung

Mit der fortwährenden Entwicklung des Verkehrsaufkommens auf den Straßen in Europa von den vergangenen Jahrzehnten bis in die Zukunft geht eine ebenso fortwährende Veränderung der Anforderungen an die Ingenieurbauwerke im Infrastrukturnetz einher. Hinsichtlich der statischen Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Straßenverkehrs gilt für den Neubau von Brücken das Lastmodell 1 des EC 1, Teil 2, in Verbindung mit dem zugehörigen deutschen nationalen Anhang ([1], [2]). Für bestehende Brücken, die auf Basis der zum Errichtungszeitpunkt gültigen Normen und Regelungen erstellt wurden, ergibt sich daraus zwangsläufig die Problematik, dass die Beanspruchungen aus dem Verkehrslastmodell, das zum Errichtungszeitpunkt gültig war, jeweils unter den Beanspruchungen aus dem aktuellen Lastmodell liegen.

Während für den Neubau die Verwendung eines generalisierten Lastmodells sinnvoll ist, ist für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit bestehender Brückenbauwerke und die für die Beurteilung der sich daraus ergebenden erforderlichen Maßnahmen die Berücksichtigung objektspezifischer Verkehrslastniveaus infolge objektspezifischer Verkehrscharakteristiken wünschenswert. Hierzu werden in der Nachrechnungsrichtlinie ([3], [4]) Ziellastniveaus in Abhängigkeit von Parametern der Verkehrscharakteristik definiert. Die Definition der Verkehrscharakteristik erfolgt in der Nachrechnungsrichtlinie hinsichtlich der durchschnittlichen täglichen Schwerverkehrsstärke (DTV-SV) und der Schwerverkehrszusammensetzung. Die Schwerverkehrszusammensetzung wird dabei in Anlehnung an das Ermüdungslastmodell 4 des Eurocode 1, Teil 2, im Wesentlichen hinsichtlich des Anteils von LKW ohne Anhänger einerseits und von Lastzugkombinationen (LKW mit Anhänger, Sattelzugfahrzeugen) andererseits definiert und als Verkehrsarten *Große Entfernung*, *Mittlere Entfernung* sowie *Ortsverkehr* bezeichnet.

In Absatz 10.1.2 (14) der Nachrechnungsrichtlinie wird festgelegt, dass für Bundesfernstraßen (Autobahnen und Bundesstraßen) im Regelfall die Verkehrsart *Große Entfernung* gilt. Aus dieser Festlegung heraus ergibt sich entsprechend den in der Nachrechnungsrichtlinie niedergelegten Ziellastniveaus für Bundesfernstraßen entweder das Lastmodell LM 1 nach DIN FB 101 oder das Lastmodell BK 60/30 nach DIN 1072 als für die Nachrechnung in Stufe 1 anzusetzendes Lastmodell.

In den nachfolgenden Ausführungen werden die Grundlagen für die Ermittlung der aktuellen anzuwendenden Lastmodelle für den Neubau von Straßenbrücken (Lastmodell Eurocode in Verbindung mit dem deutschen NA) und die Nachrechnung bestehender Straßenbrücken (Ziellastniveaus in der Nachrechnungsrichtlinie) dargestellt. Hierbei werden Untersuchungsmethodik, Datengrundlagen und Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen zusammengefasst. Zusätzlich werden Ansätze für die Ermittlung objektspezifischer Verkehrslastmodelle und Ergebnisse von durchgeführten Untersuchungen hierzu aufgezeigt.

STRASSENBRÜCKEN

2 Methodik zur Ermittlung von Lastmodellen für Straßenbrücken

Im Rahmen von mehreren Forschungsprojekten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (ehemals Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, BMVBS) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) sowie einer Dissertation wurde eine geschlossene Vorgehensweise zur Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Straßenverkehrs entwickelt, erprobt und verifiziert (vgl. [5], [6], [7], [8]).

In der Vorgehensweise werden unter Verwendung erforderlicher Eingangsdaten (Beschreibung des Verkehrsaufkommens hinsichtlich Verkehrsstärke, Verkehrszusammensetzung und Gesamtgewichten der verkehrenden Fahrzeuge) Verkehrssimulationsrechnungen durchgeführt. Die simulierten Fahrzeugfolgen in zu betrachtenden Fahrspuren werden rechnerisch über Einflussflächen definierter Kennwerte von Tragsystemen (z.B. Biegemoment oder Querkraft) geführt und daraus Kennwert-Zeit-Verläufe ermittelt.

Mit Hilfe einer statistischen Auswertung werden daraus durch Extrapolation Werte mit definierten mittleren Wiederkehrperioden ermittelt. Entsprechend der Definition in der DIN EN 1991-2 [1] ist hierbei der charakteristische Wert einer Beanspruchung aus Verkehr ein Wert mit einer mittleren Wiederkehrperiode von 1.000 Jahren. Die auf diesem Weg ermittelten Werte (verschiedene Kennwerte, unterschiedliche Varianten von Verkehr) werden den analogen Werten aus der Anwendung definierter Lastmodelle (z.B. LM 1 nach EC 1, Teil 2, + NA oder anderer historischer Lastmodelle) gegenübergestellt.

Aus diesem Vergleich der charakteristischen Werte lässt sich somit eine Aussage über die Abdeckung oder Nichtabdeckung der Beanspruchungen aus tatsächlichem Verkehr durch die betrachteten Lastmodelle gewinnen. **Abb. 1** zeigt den prinzipiellen Ablauf.

Simulationsrechnungen des Straßenverkehrs mit dem Schwerpunkt der Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken wurden bereits in einer Reihe vorhergehender Arbeiten durchgeführt (vgl. u.a. [9], [10]) und sind damit Stand der Wissenschaft und Technik. Allen Arbeiten gemein ist die Berechnung von Beanspruchungen infolge

der simulierten Verkehrsbänder. Es wurden hier also ebenfalls die Beanspruchungen (z.B. Stütz- und Feldmomente, Auflagerkräfte, Querkräfte) infolge des Straßenverkehrs anstatt der Einwirkungen (Achslasten der Fahrzeuge im simulierten Verkehrsband) weiterführend analysiert.

Die Beschreibung des Straßenverkehrs erfolgt im Rahmen der Untersuchungsmethodik im Wesentlichen durch folgende Kennwerte:

- (1) Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV),
- (2) Durchschnittliche tägliche Schwerverkehrsstärke (DTV-SV),
- (3) Schwerverkehrszusammensetzung,
- (4) Gesamtgewichtsverteilungen für ausgewählte Fahrzeugtypen des Schwerverkehrs,
- (5) bei mehr als einer Spur pro Fahrtrichtung: Verteilung des Verkehrsaufkommens auf die Spuren einer Fahrtrichtung,
- (6) Anteil und Art von genehmigungspflichtigem Schwerverkehr, für den im Allgemeinen eine Dauergenehmigung erteilt wird,
- (7) Verteilung des Verkehrsaufkommens über den Tag,
- (8) Stauhäufigkeit.

Die Simulationsrechnungen erfolgen zunächst getrennt für einzelne Fahrstreifen. Anschließend werden die errechneten Beanspruchungs-Zeit-Verläufe infolge der simulierten Fahrzeugfolgen in den Spuren überlagert und der resultierende Zeitverlauf statistisch ausgewertet. Damit einhergeht, dass direkte Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsabläufen in den Spuren (z.B. Überholvorgänge) nicht direkt abgebildet werden. Dies stellt eine Vereinfachung der eingesetzten Methodik dar. Der Ablauf der eigentlichen Simulationsrechnung für die Erzeugung einer Fahrzeugfolge in einer Spur ist in **Abb. 2** dargestellt.

Die abschließende statistische Auswertung zur Ermittlung eines Beanspruchungswertes mit der definierten mittleren Wiederkehrperiode von 1.000 Jahren erfolgt über eine Zählung von Durchgängen des resultierenden Beanspruchungsverlaufes durch definierte Klassengrenze. An das dabei ermittelte Histogramm wird über ein Optimierungsverfahren eine Funktion angenähert, die zur Extrapolation des gesuchten Wertes herangezogen wird. Detaillierte Erläuterungen hierzu sowie Vergleiche mit anderen Verfahren zur statistischen Auswertung für diese Zielstellung sind in [7] gegeben.

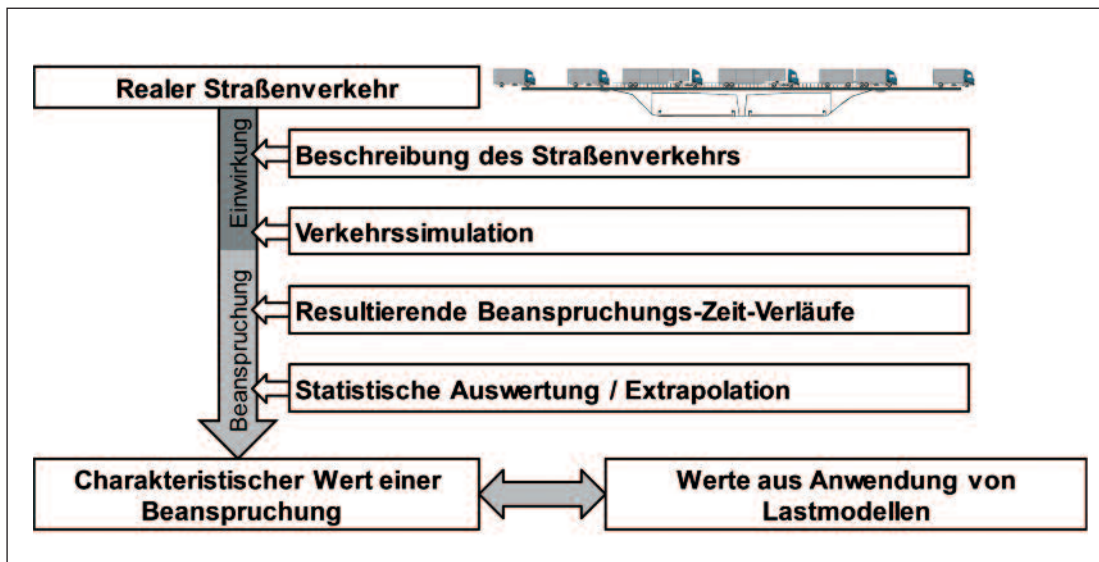


Abb. 1: Prinzip der entwickelten Methodik zur Ermittlung von Beanspruchungswerten aus Verkehr

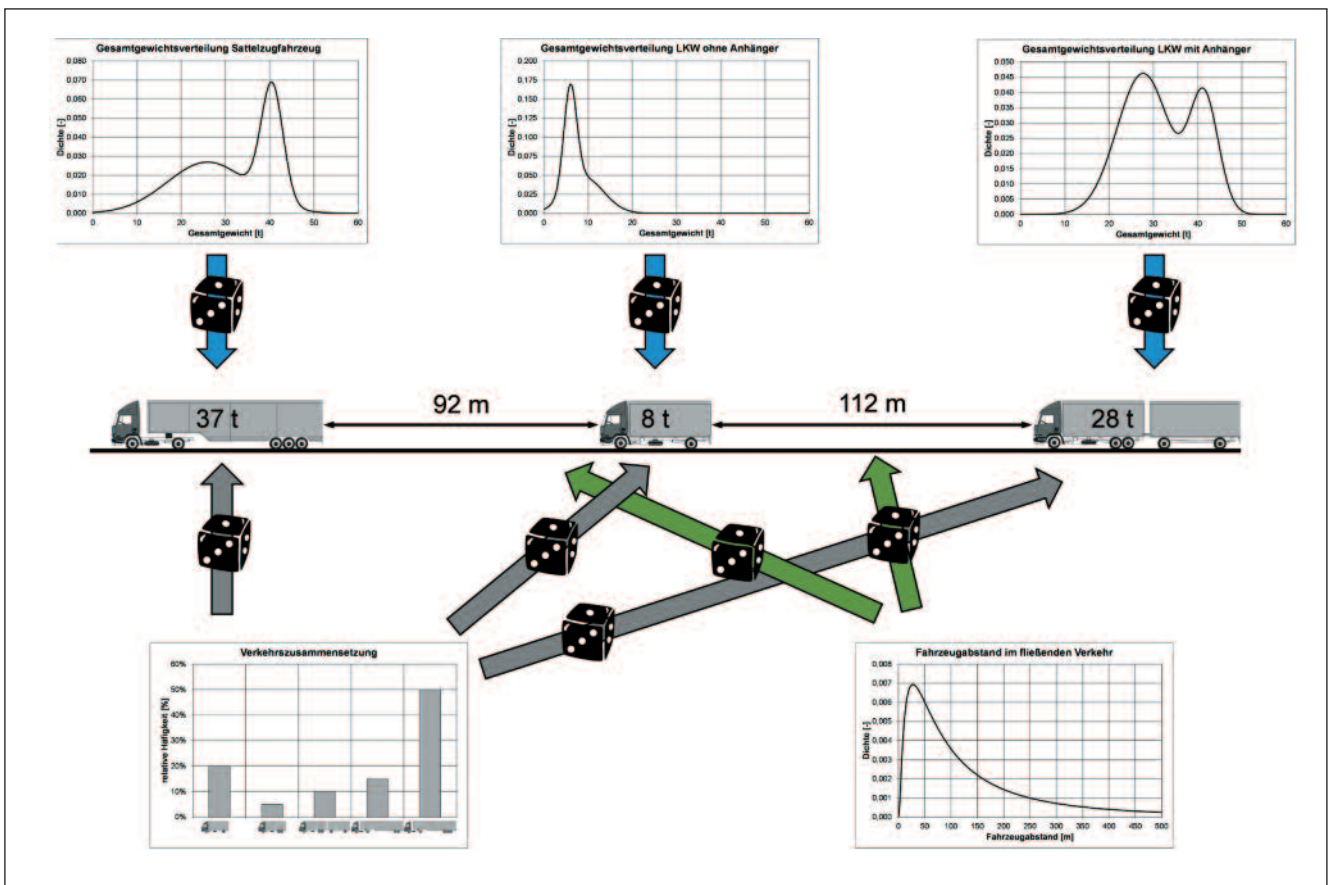


Abb. 2: Simulationsvorgang zur Erzeugung einer Fahrzeugfolge in einer Fahrspur

3 Lastmodell für den Neubau von Straßenbrücken

Für die Ermittlung eines zukunftsfähigen Verkehrslastmodells für Straßenbrücken wurden in [5] umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Hierin wurden Beanspruchungen aus Verkehr für eine Reihe von Tragsystemen und eine Reihe von Szenarien aktuellen und zukünftigen Verkehrs durchgeführt. Die betrachteten Verkehrsszenarien waren darin:

- Szenario A: Gegenwärtig vorhandener Verkehr gemäß Messungen an der Messstelle Bliesheim im Zuge der A61.
- Szenario B: Berücksichtigung des genehmigungspflichtigen Schwerverkehrs. Einmischung eines sechsachsigen 72-t-Kranes im Umfang von 0,5 Prozent des DTV-SV in das Szenario A.
- Szenario C: Erfassung der steigenden Schwerverkehrsstärke durch Erhöhung des DTV-SV von 10.000 pro Richtung und Werktag auf 25.000.
- Szenario D: Berücksichtigung erhöhter zulässiger Gesamtgewichte; Szenario C mit Erhöhung der Gesamtgewichtsverteilung für den Sattelzug des Typs 98.
- Szenario E: Erfassung neuer Fahrzeugkonzepte; in Variante C werden alle Sattelzüge im Verhältnis 3 zu 2 durch Gigaliner ersetzt.
- Szenario F: Im Szenario C Ersatz aller Sattelzüge durch einen fiktiven sechsachsigen Sattelzug mit zulässigen 65 Tonnen Gesamtgewicht.

Die aus den verschiedenen Szenarien für verschiedene Tragsysteme und Kennwerte ermittelten charakteristischen Werte wurden mit den entsprechenden Werten aus dem Ansatz des Lastmodells LM 1 nach

DIN Fachbericht 101 und einem vorab geschätzten neuen Lastmodell LM 1, abgebildet durch entsprechende α -Faktoren für die Komponenten des Basislastmodells LM 1 nach für EC 1, verglichen. Weiterführende Informationen zur vorab durchgeführten Abschätzung der α -Faktoren sind in [11] gegeben. In **Abb. 3** und **Abb. 4** sind ausgewählte Ergebnisse für ein Zwei-Feld-System mit 40 Meter Einzelstützweite dargestellt. Die horizontalen Linien zeigen dabei die Werte aus dem Ansatz des Lastmodells LM 1 nach DIN-Fachbericht 101 beziehungsweise aus dem Ansatz des neuen Lastmodells (Bezeichnung „mod. LM 1“ in den Diagrammen). Die beiden dargestellten Diagramme sind ein Auszug aus den in [5] zusammengestellten Ergebnissen. Das aktuelle Verkehrsaufkommen (im Diagramm mit „Szenario_A“ bezeichnet) wird danach gut durch das LM 1 des DIN Fachberichtes 101 abgebildet. Für die prognostizierte Verkehrsentwicklung zeigen sich aber deutliche Überschreitungen des Niveaus dieses Lastmodells. Das modifizierte Lastmodell bildet über alle betrachteten Tragsysteme und Kennwerte hinweg eine obere Schranke der ermittelten charakteristischen Werte.

Damit ist die Zukunftsfähigkeit des neuen Lastmodells bestätigt. Seit 2012 gilt somit in Deutschland für den Neubau von Brücken die in **Abb. 5** (Seite49) dargestellte Form, die im NA [2] der DIN EN 1991-2 [1] zu finden ist.

4 Ziellastniveaus der Nachrechnungsrichtlinie

Bestehende Ingenieurbauwerke im Straßennetz wurden auf Basis der zum Errichtungszeitpunkt gültigen Normen und Regelungen erstellt. Für Brücken im Bundesfernstraßennetz wurde dabei bis zur Einführung der

STRASSENBRÜCKEN

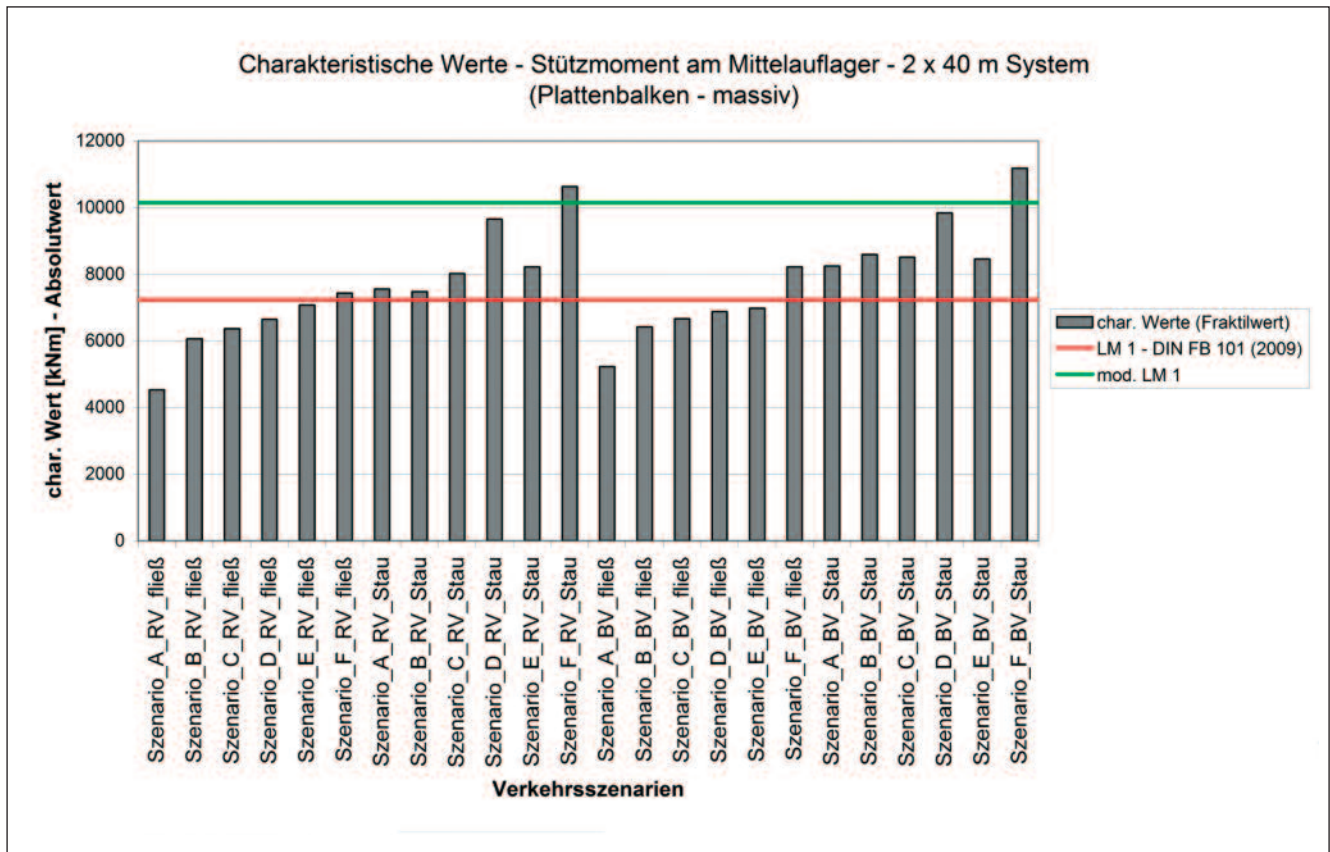


Abb. 3: Charakteristische Werte aus verschiedenen Verkehrsszenarien – Stützmoment am Mittelaugler (2 x 40 m System, Plattenbalken in Massivbauweise)

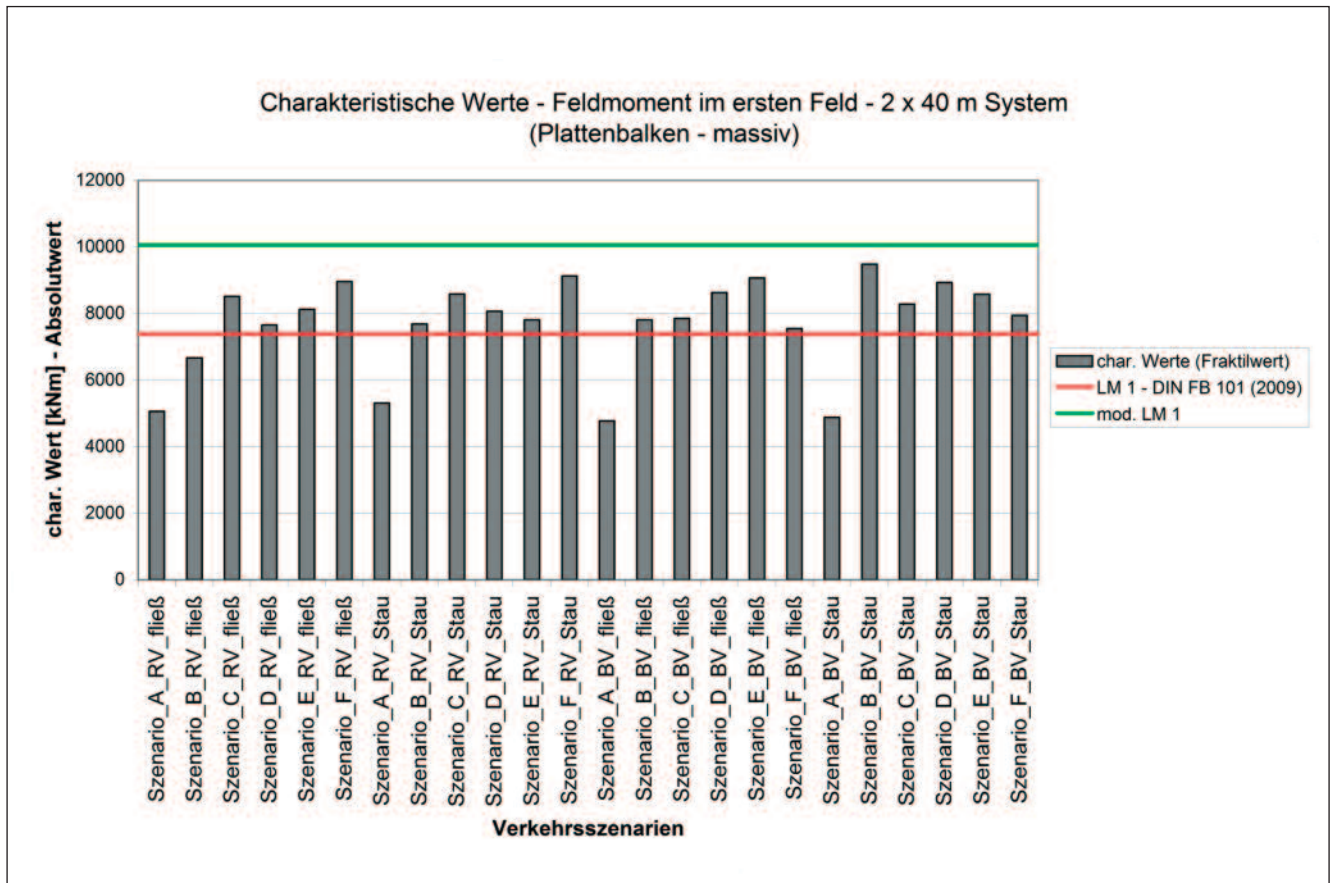


Abb. 4: Charakteristische Werte aus verschiedenen Verkehrsszenarien – Feldmoment im ersten Feld (2 x 40 m System, Plattenbalken in Massivbauweise)

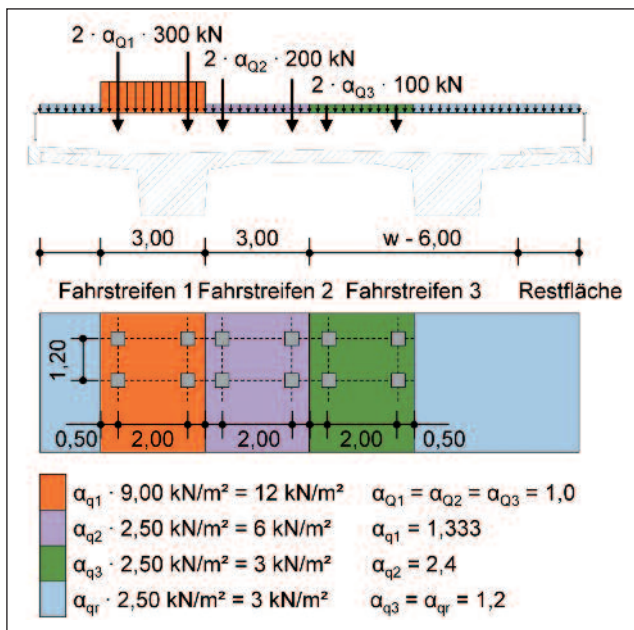


Abb. 5: Neues Lastmodell 1 für Straßenbrücken nach Eurocode 1, Teil 2, in Verbindung mit dem deutschen Nationalen Anhang

DIN-Fachberichte das Lastmodell BK60/30 der DIN 1072 (12-1985 [12]) und vor 1985 das Lastmodell BK60 der DIN 1072 (06-1967 [13]) verwendet. Für Ingenieurbauwerke im Zuge von weniger frequentierten Straßennetzen wurde auch das Lastmodell BK30/30 beziehungsweise das Lastmodell BK30 angewendet. Die Altersstruktur der Ingenieurbauwerke im Straßennetz weist dabei einen großen Anteil solcher Bauwerke aus, die vor der Einführung der DIN-Fachberichte erstellt wurden. Anhand der vorliegenden Ergebnisse wird deutlich, dass die für diese Brückenbauwerke verwendeten Verkehrslastmodelle die zu erwartenden zukünftigen Einwirkungen aus dem Schwerverkehr nur bedingt abdecken können. Im Gegensatz zu neu errichteten Brückenbauwerken sind aber für den Bestand der tatsächliche aktuelle Verkehr und die Nutzung einzelner Bauwerke in Umleitungsfällen besser bekannt, und nicht alle Bauwerke weisen den für den Neubau angenommenen Schwerverkehr (aktuell und prognostiziert) hinsichtlich Qualität und Quantität auf. Vor diesem Hintergrund ist eine Definition von Ziellastniveaus in Abhängigkeit von „realen“ objektspezifischen Verkehrsdaten (inkl. objektspezifischen Prognoseansätzen für den Verkehr für eine noch eingeschränkte verbleibende Nutzungsdauer) angezeigt und auch sinnvoll. Abstriche am Sicherheitsniveau werden dabei nicht vorgenommen.

Im Rahmen eines in [6] zusammengefassten Forschungsprojektes wurden solche Ziellastniveaus in Abhängigkeit des „realen“ Schwerverkehrs identifiziert. Zur Definition dieser Ziellastniveaus wurden dabei durchgehend die bekannten aktuellen und historischen Lastmodelle verwendet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden in der Festlegung der Ziellastniveaus in der Nachrechnungsrichtlinie [3] Verwendung.

Unter Anwendung der oben beschriebenen Methodik zur Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Verkehrs wurden Untersuchungen der Auswirkungen unterschiedlicher Verkehrscharakteristiken (Verkehrszusammensetzung, Verkehrsstärke) auf die Beanspruchungen von Brückenbauwerken durchgeführt (vgl. [6]). Der Hintergrund dieser Differenzierung besteht darin, dass für bestehende Brückenbauwerke der aktuelle Schwerverkehr, zum Beispiel anhand von Daten aus automatischen Dauerzählstellen, in einer von der Zähl-

stellenart (zum Beispiel einer 8+1-Klassierung) und von der durchgeführten Datenauswertung abhängigen Detaillierungstiefe bekannt ist. Da aber diese Daten als Eingangsdaten für die Simulationsrechnungen nicht ausreichend sind (weil Gesamtgewichte nicht erfasst werden), flächendeckend detaillierte Verkehrserhebungen (über Weigh-In-Motion Systeme) im deutschen Straßennetz nicht durchgeführt werden und eine überschaubare Variation betrachteter Verkehrscharakteristiken untersucht werden sollte, mussten Eingangsdaten für die Simulationsrechnungen mit verschiedenen Annahmen definiert werden. Hinsichtlich der Verkehrszusammensetzung wurde auf die Werte zurückgegriffen, die im Lastmodell 4 für Ermüdungsberechnung des Eurocode 1, Teil 2, [1] gegeben sind.

Hinsichtlich der Gesamtgewichte der Fahrzeuge wurden Auswertungsergebnisse von drei Messstellen im deutschen Autobahnnetz verwendet und der Einteilung *Große Entfernung*, *Mittlere Entfernung* und *Ortsverkehr* zugeordnet. Des Weiteren wurden Verkehrsstärken von (DTV-SV am Gesamtquerschnitt, Summe beider Fahrtrichtungen) 20.000, 10.000, 2.000 und 1.000 betrachtet. Die Untersuchungen wurden für Richtungsverkehr (zwei Fahrspuren mit Verkehr in eine Richtung) und für Begegnungsverkehr (zwei Fahrspuren mit Verkehr in entgegengesetzter Richtung) durchgeführt.

Mit diesen Annahmen und Eingangsgrößen wurden Verkehrsbänder simuliert. Zusätzlich wurde zwischen fließendem Verkehr und Stauverkehr (zufällig eingemischte Abschnitte mit kleinen Fahrzeugabständen) unterschieden. Die Fahrzeugfolgen wurden über verschiedene Tragsysteme geleitet, Kennwert-Zeit-Verläufe verschiedener Beanspruchungen berechnet und diese zur Ermittlung des gesuchten charakteristischen Wertes der Beanspruchung statistisch ausgewertet. Diese Ergebnisse wurden mit den Werten verglichen, die sich aus der Verwendung verschiedener Lastmodelle ergeben (LM 1 nach DIN Fachbericht 101, BK 60/30, BK60, BK 30/30). In **Abb. 6** sind die ermittelten charakteristischen Werte für das Stützmoment (MB) eines 2 x 40 m Tragsystems mit einem Plattenbalken in Massivbauweise als Querschnitt dargestellt. Die Beanspruchungen beziehen sich auf einen Steg des Querschnittes. Betrachtet wurde hier der Begegnungsverkehr. In **Abb. 6** kenntlich gemacht sind die verschiedenen untersuchten Varianten der Verkehrszusammensetzung (Große Entfernung = GE, Mittlere Entfernung = ME und Ortsverkehr = OV) die Unterscheidung zwischen fließendem Verkehr und Verkehr mit eingemischten Stauabschnitten („Stau“) sowie die Auswirkung verschiedener Verkehrsstärken (DTV-SV). Die horizontalen Linien entsprechen den Beanspruchungen, die sich aus der Anwendung der oben genannten Lastmodelle ergeben.

Der Unterschied der Ergebnisse aus den verschiedenen Varianten der Verkehrszusammensetzung sowie die Auswirkung der Verkehrsstärke werden in **Abb. 6** deutlich. Der Abstand zum Wertenniveau des Lastmodells 1 zeigt sich hier als relativ groß. In den Untersuchungen für das zukünftige Lastmodell (vgl. [5]) zeigte sich für den aktuellen Verkehr eines hoch belasteten Autobahnabschnittes in Deutschland (ungefähr analog zur Variante GE mit höchstem DTV-SV-Wert) ebenfalls eine Abdeckung der aktuellen Beanspruchungen durch das aktuelle Lastmodell LM 1. Der Abstand war dort aber aufgrund einer schärferen Annahme für die Abbildung des Stauverkehrs (Stauabstand) etwas kleiner. Überschreitungen des Niveaus „LM 1“ resultierten dort aus den Betrachtungen zukünftigen Schwerverkehrs.

Abb. 6 zeigt auch, dass unterschiedliche Lastmodelle ausreichen, um, in Abhängigkeit von den Verkehrscharakteristiken, die unterschiedlichen Beanspruchungen abzudecken. Aufgrund der einheitlichen An-

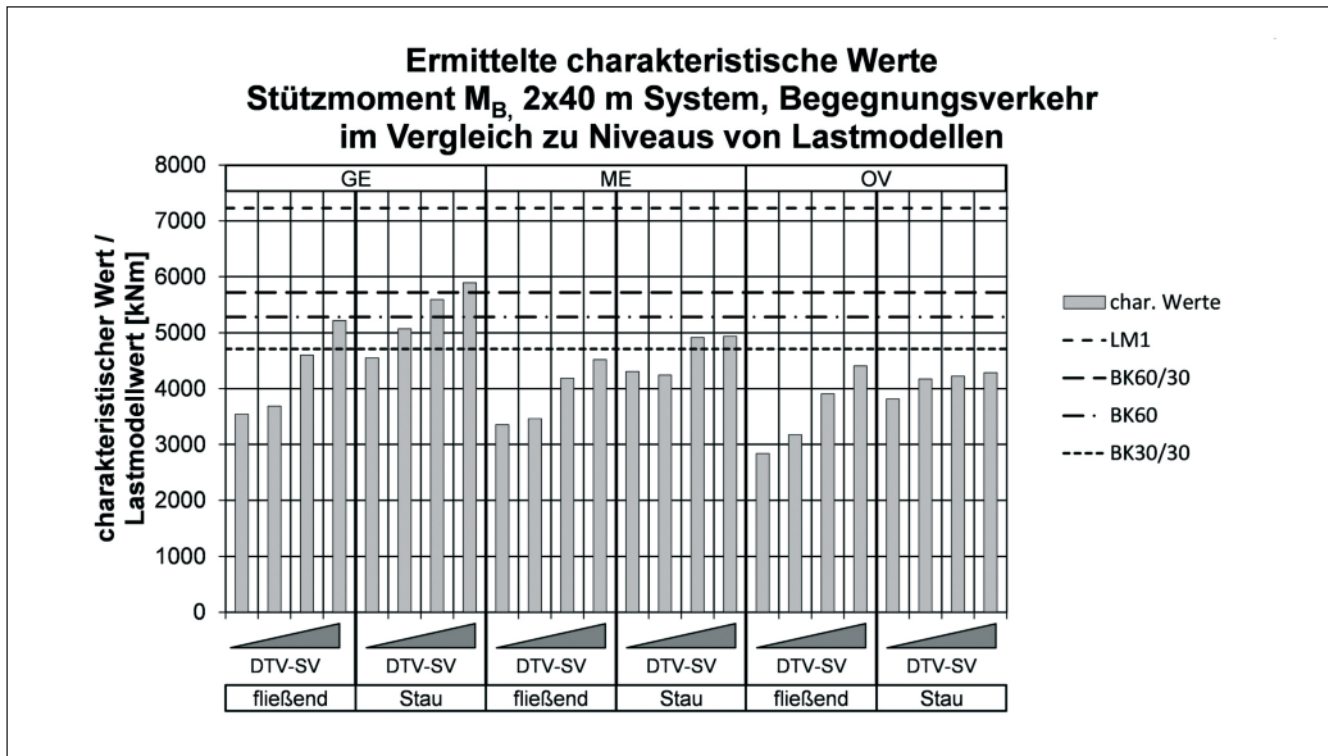


Abb. 6: Charakteristische Werte für das Stützmoment am 2×40 m System infolge Begegnungsverkehrs mit unterschiedlicher Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung

wendung der Mittleren Wiederkehrperiode für diese Beanspruchungen ergeben sich dadurch in dieser allgemeinen Betrachtung keine Veränderungen des Sicherheitsniveaus. Außerdem zeigt **Abb. 6** exemplarisch Ergebnisse für eine Kenngröße (Stützmoment) eines betrachteten Tragsystems. Die Betrachtung mehrerer Tragsysteme liefern die in **Abb. 7** aufgeführten Lastmodelle, die in Abhängigkeit von der Verkehrscharakteristik (Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung) die Beanspruchungen aus dem Straßenverkehr für verschiedene Tragsysteme abdecken. Diese Abdeckung ist gegeben, wenn die aus den Simulationsrechnungen ermittelten charakteristischen Werte kleiner sind als der Wert aus der Anwendung des Lastmodells. Ist der Wert größer,

im Bestand [3]. In Tabelle 10.1 und 10.2 der Nachrechnungsrichtlinie werden die Ziellastniveaus in Abhängigkeit von der Verkehrsart (Einordnung basierend auf objektspezifischer Verkehrszusammensetzung zzgl. Prognose der zukünftigen Entwicklung) und der Schwerverkehrsstärke (DTV-SV, basierend auf objektspezifischer Verkehrsstärke zzgl. Prognose der zukünftigen Entwicklung) definiert. Tabelle 10.1 (dargestellt in **Abb. 9**) gilt dabei für Straßenquerschnitte mit zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Richtung. Dies entspricht dem oben aufgeführten und untersuchten Richtungsverkehr. Tabelle 10.2 (dargestellt in **Abb. 10**) gilt dementsprechend für Straßenquerschnitte mit nicht mehr als einem Fahrstreifen je Richtung (oben mit Begegnungsverkehr bezeichnet).

DTV-SV	2 × 20 m System			2 × 30 m System			2 × 40 m System			2 × 60 m System		
	Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr	Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr	Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr	Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr
< 2.000	BK 60	BK 60	BK 30/30	BK 60	BK 30/30	BK 30/30	BK 60	BK 30/30	BK 30/30	BK 60/30	BK 30/30	BK 30/30
> 2.000 < 20.000	LM 1	BK 60/30	BK 60	LM 1	BK 60	BK 60	LM 1	BK 60	BK 30/30	LM 1	BK 60/30	BK 30/30

Abb. 7: Identifizierte Lastmodelle zur Abdeckung der Beanspruchungen aus Verkehr – Begegnungsverkehr

so wird das nächsthöhere Lastmodell überprüft. Die in **Abb. 6** ersichtlichen Abstände von den jeweiligen Niveaus werden in dieser Zusammenstellung nicht berücksichtigt. Für eine praktikable Anwendung wurden die Ergebnisse aus **Abb. 7** zu tragsystemunabhängigen Festlegungen entsprechend **Abb. 8** zusammengefasst.

Die Ergebnisse der in [6] durchgeführten Untersuchungen fanden direkte Anwendung in der Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken

DTV-SV	Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr
< 2.000	BK 60/30	BK 60	BK 30/30
> 2.000 < 20.000	LM 1	BK 60/30	BK 60

Abb. 8: Identifizierte Lastmodelle zur Abdeckung der Beanspruchungen aus Verkehr – Begegnungsverkehr (tragsystemunabhängig)

		1	2	3
		Verkehrsart		
		Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr
1	DTV-SV < 2.000	LM 1	BK 60/30	BK 60
2	2.000 ≤ DTV-SV < 20.000		LM 1	BK 60/30
3	DTV-SV ≥ 20.000			LM 1

Abb. 9: Ziellastniveau für Brücken mit Straßenquerschnitten von zwei oder mehr Fahrstreifen in einer Richtung (Tabelle 10.1 der Nachrechnungsrichtlinie [3])

		1	2	3
		Verkehrsart		
		Große Entfernung	Mittlere Entfernung	Ortsverkehr
1	DTV-SV < 2.000	BK 60/30	BK 60	BK 30/30
2	DTV-SV ≥ 2.000	LM 1	BK 60/30	BK 60

Abb. 10: Ziellastniveau für Brücken mit Straßenquerschnitten von nicht mehr als einem Fahrstreifen je Richtung (Tabelle 10.2 der Nachrechnungsrichtlinie [3])

Die Angaben in **Abb. 10** (Begegnungsverkehr) entsprechen dabei den in [6] ermittelten und oben in **Abb. 8** aufgeführten Lastmodellen. Für den Richtungsverkehr ergaben sich aus den in [6] durchgeführten Untersuchungen im Wesentlichen die in **Abb. 9** festgelegten Ziellastniveaus.

Um für ein konkretes Brückenbauwerk im Rahmen der Nachrechnung ein Ziellastniveau festzulegen, ist es, wie den vorhergehenden Erläuterungen entnommen werden kann, erforderlich, die objektbezogene Verkehrscharakteristik zu kennen und auf deren Basis die Auswahl des Ziellastniveaus zu treffen. Die objektbezogene durchschnittliche tägliche Schwerverkehrsstärke kann dabei Verkehrszählungen (manuellen Zählungen oder Daten aus automatischen Dauerzählstellen) entnommen werden, oder es sind entsprechende Abschätzungen zu treffen. Zusätzlich ist eine prognostizierte Entwicklung des Schwerverkehrs zu berücksichtigen, aktuelle Daten müssen also entsprechend fortgeschrieben werden. Für die Einordnung der Verkehrsart (*Große Entfernung, Mittlere Entfernung, Ortsverkehr*) müssen Informationen zur Verkehrszusammensetzung vorliegen. Auch hier ist eine prognostizierte Entwicklung der Verkehrszusammensetzung zu berücksichtigen.

In den durchgeführten Untersuchungen wurden Verkehrszusammensetzungen in Anlehnung an die Zahlenwerte des Lastmodells 4 für Ermüdungsberechnungen des Eurocode 1, Teil 2, [1] betrachtet. Die objektbezogene Verkehrszusammensetzung muss hierin eingeordnet werden. Aufbauend auf den Zahlenwerten des Lastmodells 4 für Ermüdungsberechnungen des Eurocode 1, Teil 2, [1] wird in der Nachrechnungsrichtlinie die Tabelle 10.3 gegeben, die für diese Zuordnung der Verkehrsart angewendet werden soll. Als Datenquelle für die Verkehrszusammensetzung können manuelle Erfassungen oder Daten aus automatischen Dauerzählstellen, die eine entsprechende Klassierung des registrierten Verkehrs realisieren (mindestens 5+1), herangezogen werden.

Die Festlegung der Ziellastniveaus für Brückenbauwerke mit bekannten Verkehrscharakteristika beinhaltet zukünftige Entwicklungen (für einen definierten Prognosehorizont) und Kenntnisse der Lage der Fahrspuren auf dem Bauwerk hinsichtlich Verkehrsführungen im Fall von zeitweiligen Sperrungen. Das Sicherheitsniveau entspricht dabei den Anforderungen des Neubaus. Die Beanspruchungen aus objekt-spezifischem Straßenverkehr werden durch die Ziellastniveaus in gleicher Weise abgedeckt, wie Beanspruchungen aus aktuellem starken Verkehr durch das aktuelle Lastmodell 1 nach DIN Fachbericht 101 beziehungsweise Beanspruchungen aus angenommenem zukünftigem starken Verkehr durch das Lastmodell LM 1 nach EC 1, Teil 2, + NA. Reserven für steigende Achslasten oder Gesamtgewichte neuer Fahrzeugkombinationen oder über den angesetzten Prognosehorizont hinausgehende Entwicklungen der Verkehrsstärke sind damit aber nicht mehr vorhanden. Die Bauwerke sind sicher, aber es sind Bauwerke im Bestand und keine Neubauten. Je intensiver und je detaillierter aktuelle Verkehrsdaten für Brücken im Bestand verfügbar sind, umso zuverlässiger werden die Festlegungen von Ziellastniveaus.

5 Objektspezifische Ermittlung von Ziellastniveaus

Wie in den vorhergehenden Ausführungen beschrieben, erfolgt in der Nachrechnungsrichtlinie die Festlegung des Ziellastniveaus auf Grundlage der objektspezifischen Verkehrscharakteristik, die darin durch die Parameter Schwerverkehrsstärke und Schwerverkehrszusammensetzung beschrieben wird.

Die Schwerverkehrszusammensetzung wird dabei im Wesentlichen hinsichtlich des Anteils von LKW ohne Anhänger einerseits und Lastzugkombinationen (LKW mit Anhänger, Sattelzugfahrzeuge) andererseits definiert und als Verkehrsarten *Große Entfernung, Mittlere Entfernung* sowie *Ortsverkehr* bezeichnet. In Absatz 10.1.2 (14) der Nachrechnungsrichtlinie wird festgelegt, dass für Bundesfernstraßen (Autobahnen und Bundesstraßen) im Regelfall die Verkehrsart *Große Entfernung* gilt. Aus dieser Festlegung heraus ergibt sich entsprechend den in der Nachrechnungsrichtlinie niedergelegten Ziellastniveaus (siehe auch vorhergehender Absatz) für Bundesfernstraßen entweder das Lastmodell LM 1 nach DIN FB 101 oder das Lastmodell BK 60/30 nach DIN 1072 als für die Nachrechnung in Stufe 1 anzusetzendes Lastmodell.

Im Zuge der Nachrechnung bestehender Brückenbauwerke können mit diesen Lastansätzen oft die erforderlichen Nachweise nicht erbracht werden. Wenngleich dieser Sachverhalt nur teilweise durch den Verkehrslastansatz begründet ist, wird nachfolgend auf die objektspezifische Ermittlung von Verkehrslastansätzen eingegangen.

Durch das Ingenieurbüro Prof. Dr. U. Freundt (Weimar) wurden in den letzten Jahren zahlreiche Untersuchungen für verschiedene Auftraggeber durchgeführt, die einerseits die Ermittlung von objektspezifischen Verkehrsdaten, vordergründig im nachgeordneten Straßennetz, als Schwerpunkt hatten ([14], [15], [16], [17]) und andererseits für konkrete Bauwerke auf Grundlage von objektspezifischen Verkehrs- und Bauwerksdaten Lastmodelle für den Nachweis der statischen Tragfähigkeit ermittelt wurden.

Die Untersuchungen im zweiten genannten Schwerpunktbereich erfolgten dabei vor dem Hintergrund der jeweils notwendigen Einschät-

zung eines bestehenden Brückenbauwerkes mit nachhaltigen Konsequenzen für lokale und regionale Verkehrsnetze. Damit einher ging in der Zielstellung der Untersuchungen die Prüfung, ob eine Abweichung von den Regelungen der Nachrechnungsrichtlinie hinsichtlich des Zielastniveaus aufgrund der objektspezifischen Situation möglich ist. Solche objektspezifische Betrachtungen liegen außerhalb des Regelungskerns der Nachrechnungsrichtlinie und sind damit der Stufe 4 der Richtlinie (wissenschaftliche Untersuchungen) zuzuordnen. Die Untersuchungen erfolgten daher in enger Abstimmung mit den zuständigen Baulastträgern.

Die für die durchgeführten Analysen eingesetzte Methodik entspricht durchgehend der oben beschriebenen Vorgehensweise zur Ermittlung von Beanspruchungen aus Verkehr, jedoch mit entsprechenden objektspezifischen Parametern sowohl der Verkehrscharakteristik als auch des Bauwerkes.

Für objektspezifische Untersuchungen sind damit Parameter zur Beschreibung der Verkehrscharakteristik erforderlich. Die wesentlichen Parameter wurden auf Seite 46 in Kapitel 2 aufgeführt (Parameter (1) bis (8)). Die Auflistung zeigt den hohen Detaillierungsgrad der erforderlichen Daten auf.

Nachfolgend wird auf mögliche Datenquellen zur Beschreibung objektspezifischer Verkehrscharakteristiken eingegangen.

Wie oben erläutert, ist der Kern der eingesetzten Methodik die Ermittlung von charakteristischen Beanspruchungswerten. In der eingesetzten Methodik ist damit ein Tragwerksmodell erforderlich. Da die Untersuchungen im Regelfall auf Schnittgrößenebene erfolgen (zum Beispiel Feld- oder Stützmente), bestehen für das Tragwerksmodell gegenüber der eigentlichen Nachrechnung keine höheren Anforderungen. Relevant für die Untersuchungen ist vordergründig die geometrisch realitätsnahe Ausbildung der Fahrbahn, um die Verkehrsspuren im Zuge der Untersuchungen geometrisch korrekt auf das Modell ansetzen zu können. Die Steifigkeitsverhältnisse des realen Tragwerkes müssen im Tragwerksmodell sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung realitätsnah abgebildet werden. Insbesondere die Steifigkeitsverhältnisse in Querrichtung haben eine deutliche Auswirkung auf die geometrische Ausformung der für die eigentlichen Untersuchungen verwendeten Einflussflächen und sind ergebnisrelevant. Nachfolgend werden ebenfalls einige praktische Erfahrungen aus den bisherigen Untersuchungen zusammengestellt und daraus Ableitungen für einen Arbeitsablauf in solchen Untersuchungen getroffen.

Für die Beschreibung von Verkehrscharakteristiken in objektspezifischen Untersuchungen sind geeignete Datenquellen für den Straßenverkehr erforderlich. Mögliche Quellen, mit sehr unterschiedlichen Detaillierungsgraden der enthaltenen Daten, sind:

- manuelle Straßenverkehrszählung,
- automatische Dauerzählstellen und
- Erfassungsstellen mit Achslastermittlung (WIM, BWIM).

Auswertungen solcher Erfassungsdaten werden regelmäßig veröffentlicht (zum Beispiel in [18] für 2015; die Daten von 2005 bis 2014 in vorhergehenden Veröffentlichungen der Autoren). Zusätzlich werden ausgewertete Daten (Jahreswerte) von automatischen Dauerzählstellen an Autobahnen und Bundesstraßen auf der Internetseite der Bundesanstalt für Straßenwesen öffentlich bereitgestellt (aktuelle Daten für 2016 in [19], mit Datensätzen von 1.736 Zählstellen).

Diese Daten enthalten (gemittelt über ein Jahr) für die entsprechenden Zählstellen unter anderem die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke und Schwerverkehrsstärke (gemittelt über alle Wochentage und auch gemittelt über die Wochentage Montag bis Freitag). Die Datensätze beziehen sich zunächst auf den Gesamtquerschnitt, also beide Verkehrsrichtungen addiert, sind in umfangreichen Teilen aber auch richtungsbezogen in den öffentlich bereitgestellten Datenbeständen enthalten.

Für objektspezifische Betrachtungen lassen sich bereits mit solchen vergleichsweise groben Daten die Punkte (1) und (2) der Auflistung in Kapitel 2 (Seite 46) gut definieren und der Punkt (3) zumindest abschätzen. Voraussetzung ist dabei, dass sich im Streckenverlauf des betrachteten Bauwerkes eine entsprechende Dauerzählstelle befindet.

Detailliertere Datenbestände sind ebenfalls auf der Internetseite der Bundesanstalt für Straßenwesen öffentlich zugänglich. Hierbei handelt es sich um sogenannte Stundenwerte, also für jede Stunde eines Jahres (sofern erfasst) die Anzahl von unter anderem PKW, LKW ohne Anhänger, Lastzugkombinationen und Sattelzugfahrzeugen. Die Daten sind im Allgemeinen richtungsgetrennt vorhanden.

Insgesamt lassen sich mit dieser Art von Verkehrsdaten die in Kapitel 2 aufgeführten Parameter (1) bis (3) sowie (5) und (7) zur Beschreibung einer objektspezifischen Verkehrscharakteristik sehr präzise belegen. Die Schwerverkehrszusammensetzung (Parameter (3) in Kapitel 2) lässt sich dabei hinsichtlich der groben Klassierung der Schwerverkehrsfahrzeuge als LKW ohne Anhänger, LKW mit Anhänger und Sattelzugfahrzeuge beschreiben.

Unter anderem lässt sich Punkt (4) der in Kapitel 2 aufgeführten Parameterliste offensichtlich mit dieser Art von Verkehrsdaten nicht belegen. Hier sind Daten aus Erfassungssystemen mit Gewichtsbestimmung erforderlich. Hierbei handelt es sich entweder um WIM-Systeme (Weigh-in-Motion) oder zum Beispiel auch um sogenannte B-WIM-Systeme (Bridge-Weigh-in-Motion). Die Anzahl von WIM-Systemen ist im Vergleich mit der Anzahl von automatischen Dauerzählstellen sehr gering. Auf der Homepage der Bundesanstalt für Straßenwesen werden gegenwärtig 42 Erfassungsstellen aufgeführt, die sich alle im Zuge von Autobahnen befinden. An gleicher Stelle werden auch einige akkumulierte Daten dieser Erfassungsstellen veröffentlicht. Von den 42 Erfassungsstellen liegen für das Jahr 2017 entsprechend der Veröffentlichung von 17 Stellen Daten vor.

B-WIM-Systeme sind Gegenstand der Forschung und in Teilen auch Stand der Technik. Durch das Ingenieurbüro Prof. Dr. U. Freundt wurde ein solches System im Rahmen mehrerer Projekte implementiert und fortwährend weiterentwickelt. Ein Schwerpunkt der Anwendung war dabei das Straßennetz unterhalb von Autobahnen, da hierfür keine wesentlichen Daten vorhanden sind (vgl. [20], [21], [15], [16], [17]). Aus solchen Daten mit Gewichtserfassungen können in der weiteren Auswertung Verteilungsfunktionen der Gesamtgewichte für ausgewählte Fahrzeugtypen bestimmt werden (z.B. in [22], [23], [20]).

Für objektspezifische Betrachtungen kann damit jedoch davon ausgegangen werden, dass ebenso objektspezifische Parameter für die Gesamtgewichtsverteilungen von Fahrzeugtypen nicht vorhanden sind. In der bisherigen praktischen Anwendung wurden daher an dieser Stelle vorhandene Daten aus anderen Erfassungen verwendet. Die bisherigen Erfahrungen in der Datenerfassung zeigen auf, dass zwar Unterschiede in den Gesamtgewichtsverteilungen an unterschiedlichen

Erfassungsstellen vorhanden sind, die Auswirkungen auf die ermittelten Beanspruchungswerte aber im Vergleich mit den weiteren Parametern der Schwerverkehrszusammensetzung und Schwerverkehrsstärke tendenziell geringer sind.

Eine deutliche Auswirkung auf die ermittelten Beanspruchungswerte infolge Straßenverkehr hat der in Kapitel 2 auf Seite 46 und dort für Punkt (6) aufgeführte genehmigungspflichtige Schwerverkehr mit Dauererlaubnis. Hierbei handelt es sich um Fahrzeuge, deren Abmessungen und/oder Gewichte zwar außerhalb des Regelungsbereiches der Straßenverkehrszulassungsordnung liegen, für die aber dennoch aufgrund der Genehmigung angenommen werden muss, dass sich diese im normalen Schwerverkehr mitbewegen. In [24] und [25] wurden ansatzweise Datengrundlagen zur Abschätzung des Anteils solcher Fahrzeuge am Schwerverkehr geschaffen. Objektbezogen lassen sich solche Daten im Regelfall nicht beschaffen, sodass hier eine entsprechende Variantenbetrachtung mit angenommenen Parametern durchgeführt wird.

Auch für die in Kapitel 2 unter Punkt (8) aufgeführte Stauhäufigkeit lassen sich genaue objektspezifische Daten im Regelfall nicht ermitteln. Oft liegen jedoch objektspezifisch zumindest qualitative Einschätzungen vor, sodass in den durchzuführenden Untersuchungen hier entsprechende Varianten betrachtet werden.

Insgesamt zeigt sich, dass aus dem im Netz der Bundesfernstraßen sehr flächendeckend vorhandenen automatischen Dauerzählstellen eine geeignete Datengrundlage zur Beschreibung von objektspezifischen Verkehrscharakteristiken vorhanden ist. Im konkreten Anwendungsfall können durch die Verarbeitung von vorhandenen Rohdaten der Verkehrserfassungssysteme genauere Beschreibungen abgeleitet

werden. Objektspezifisch nicht ermittelbare Parameter werden durch geeignete Annahmen, basierend auf vorhandenen anderen Datengrundlagen, bestimmt. Durch eine geeignete Variantenbetrachtung kann dann ein gewisses Spektrum einer objektspezifischen Verkehrscharakteristik betrachtet und deren Auswirkungen, bezogen auf die Beanspruchungswerte, analysiert werden.

In den bisherigen Anwendungen der beschriebenen Untersuchungsmethode wurde die Modellierung des betrachteten Tragwerkes zur Ermittlung der erforderlichen Einflussflächen sowohl im Rahmen der Bearbeitung realisiert als auch auf vorhandene Modelle aus vorhergehenden Untersuchungen Dritter zurückgegriffen. Im zweiten Fall war eine entsprechende Abstimmung erforderlich, die sich aber in allen Fällen als unproblematisch und praktikabel zeigte. Voraussetzung für die Weiterverarbeitung sind Geometrieangaben, bezogen auf das Koordinatensystem der Einflussfläche, die mindestens die Achsen der Fahrstreifen sowie die Lage von Kappen beinhalten.

In **Abb. 11** sind Ergebnisse von bisher durchgeführten objektspezifischen Untersuchungen zur Ermittlung von Beanspruchungen aus Verkehr zusammengestellt. Die Tabelle enthält dabei Angaben zur zum Bearbeitungszeitpunkt aktuellen Verkehrscharakteristik (Zahlenwerte der Verkehrsstärke gelten für den Gesamtquerschnitt, also beide Verkehrsrichtungen addiert), zur Bauwerksbreite sowie zur Anzahl von Fahrspuren.

Die Angaben zu den identifizierten Lastmodellen zur Abdeckung der objektspezifischen Beanspruchungen aus Verkehr sind in **Abb. 11** in Teilen als Wertebereiche angegeben. Der Hintergrund hierzu liegt in jeweils betrachteten Varianten der Verkehrscharakteristik, zum Beispiel ohne und mit Berücksichtigung von genehmigungspflichtigem

Straßenkategorie	Verkehrsstärke (DTV)	Schwerverkehrsstärke (DTV-SV)	Anteil Lkw o.A./Busse	Anteil Lkw m.A.	Anteil Sattelzug-FZ	Anteil sonstige SV	Breite zw. Schrammborden	Gesamtbreite	Spuranzahl	LM identifiziert (BK XX)	LM NRR
K	3.300	300	65%	15%	13%	7%	6,5	11,7	1 – 1	30/30 bis 60	BK 60
L	8.300	350	74%	13%	12%	1%	6	7,9	1 – 1	30/30 bis 60	BK 60 (BK 30/30)
B	13.200	2.300	26%	21%	48%	5%	9,6	15,3	1 – 1	30/30 bis 60/30	LM 1
B	19.600	2.400	29%	71%		–	15,2	18,5	2 – 2	30/30 bis 60	LM 1
B	19.600	2.400	29%	71%		–	≈ 16,6 bis 26,6	≈ 20,0 bis 30,0	2 – (2 + A)	30/30	LM 1
B	42.400	6.200	29%	18%	53%	–	9,8	12,8	2 + 5	60 bis 60/30	LM 1
A	51.200	17.500	17%	18%	61%	4%	9,0	12,5	2	30/30	LM 1
A	51.200	17.500	17%	18%	61%	4%	11,5	13,7	2 + 5	30/30	LM 1
A	55.800	18.800	17%	18%	61%	4%	11,5	13,7	2 – 1	30/30	LM 1
A	40.000 60.000	13.100	15%	20%	65%	–	12,7	15,2	2	60 bis 60/30	LM 1

Abb. 11: Zusammenstellung von Ergebnissen durchgeführter objektspezifischer Untersuchungen

STRASSENBRÜCKEN

Schwerverkehr mit Dauergenehmigung oder auch angenommenen zukünftigen Verkehrsentwicklungen.

In den Angaben zur Spuranzahl verdeutlichen die Bindestriche in **Abb. 11** Spuren in entgegengesetzter Fahrrichtung auf dem Überbau. Der Buchstabe A beschreibt eine zusätzliche Abbiegespur und der Buchstabe S einen Standstreifen. Bei vorhandenen Standstreifen wurden in den jeweiligen Untersuchungen dort stehende Einzelfahrzeuge zusätzlich zu den simulierten Fahrzeugen in den Fahrstreifen berücksichtigt.

In der Zusammenstellung wird deutlich, dass ein breites Ergebnisspektrum vorhanden ist. So liegen Fälle vor, in denen sowohl bei sehr geringer Verkehrsstärke als auch bei sehr hoher Verkehrsstärke BK 30/30 identifiziert wurde. Die zugrundeliegenden Zusammenhänge sind vielfältig und an dieser Stelle in einer Übersicht nicht vollständig darstellbar. Der Vergleich der Ergebnisse untereinander ist nicht möglich, da neben der Verkehrscharakteristik sowohl die Spuranordnung variiert als auch die Tragsysteme (hier nicht aufgeführt) unterschiedlich sind.

Aufgezeigt wird jedoch, dass durch objektspezifische Betrachtungen gegenüber den Ziellastniveaus der Nachrechnungsrichtlinie zum Teil deutliche Abstände identifiziert werden können. Die Breite der Ergebnisse zeigt aber auch, dass die Ziellastniveaus der Nachrechnungsrichtlinie eine obere Deckelung darstellen und diese auch sehr zweckdienlich ist, da nicht in allen Fällen solche objektspezifischen Untersuchungen durchgeführt werden können.

Die aufgeführte Zusammenstellung von Ergebnissen bisheriger objektspezifischer Untersuchungen zeigt auf, dass eine objektspezifische Verkehrscharakteristik in Form von Verkehrsstärke, Schwerverkehrsstärke und Schwerverkehrszusammensetzung nicht allein ergebnisbestimmend für die Beanspruchungswerte aus dem entsprechenden objektspezifischen Verkehr ist.

Die nachfolgenden Parameter haben ebenso einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse:

- Breite der Fahrbahn,
- Anzahl der Fahrstreifen,
- Verteilung des Verkehrs auf mehr als einen Fahrstreifen pro Richtung,
- Anordnung der Fahrstreifen auf der Fahrbahn,
- genehmigungspflichtiger Schwerverkehr mit Dauergenehmigung,
- Charakteristik von Stauverkehr,
- Tragsystem (Stützweiten, Querverteilung).

Der Umfang der Auflistung verdeutlicht, dass eine entsprechende Differenzierung in einem allgemein geltenden Regelwerk wie der Nachrechnungsrichtlinie praktisch nicht umsetzbar ist. Damit ist dort stets eine obere Deckelung notwendig. Für den Umgang mit dem großen Bestand an nachzurechnenden Bauwerken ist der Ansatz eines „oberen“ Ziellastniveaus auch sinnvoll und praktikabel.

In Sonderfällen, in denen mit dem Ansatz des Ziellastniveaus der Nachrechnungsrichtlinie im Rahmen der Nachrechnung Defizite verbleiben, kann die Ermittlung eines objektspezifischen Ziellastniveaus mit der beschriebenen Methodik zielführend sein. Datengrundlagen sind zumindest für das übergeordnete Straßennetz durch relativ flächendeckend vorhandene automatische Dauerzählstellen vorhanden. Auswertungen dieser Daten für die konkrete Zielstellung sind dabei erforderlich aber auch leicht realisierbar.

Der Ansatz eines objektspezifischen Ziellastniveaus kann aber nicht alle Defizite beheben, die bei einer Nachrechnung eines Brückenbauwerkes verbleiben können. Hier sind in der Nachrechnungsrichtlinie sowie in aktuellen Weiterentwicklungen, Ansätze vorhanden, die aber unabhängig von der hier beschriebenen Methodik sind.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorhergehenden Ausführungen zeigen den Einsatz einer entwickelten durchgehend geschlossenen Methodik zur Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Straßenverkehrs und daraus abgeleitet die Identifikation erforderlicher Lastmodelle zur Abdeckung dieser Beanspruchungen. In vorhergehenden Untersuchungen wurde diese Methodik zur Identifikation des aktuellen Lastmodells LM 1 des EC 1, Teil 2, in Verbindung mit dem deutschen NA eingesetzt. Des Weiteren basieren die aktuellen Festlegungen der Ziellastniveaus in der Nachrechnungsrichtlinie auf entsprechenden Untersuchungen von verschiedenen Verkehrsvarianten unter Einsatz dieser Methodik.

Der objektspezifische Einsatz zur Ermittlung eines konkreten Ziellastniveaus für ein konkretes Bauwerk und der Einsatz von ebenso konkreten objektspezifischen Verkehrsdaten wurde aufgezeigt. Bisherige Anwendungen zeigen ein breites Ergebnisspektrum auf und verdeutlichen die Zweckmäßigkeit in speziellen Fällen.

Den bisherigen Untersuchungen gemein ist, dass die Analysen stets auf die Identifikation der Abdeckung von ermittelten Beanspruchungswerten durch definierte bekannte Lastmodelle abzielten. In einem aktuell laufenden Forschungsprojekt im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen wird eine Methodik zur Ableitung von α -Faktoren für das Lastmodell LM 1 in Abhängigkeit von der Verkehrscharakteristik und anderen Kriterien entwickelt. Dies führt dazu, dass perspektivisch nicht mehr ausschließlich auf definierte bekannte Lastmodelle zurückgegriffen wird, sondern eine mehr oder weniger breit differenzierter Satz von α -Faktoren das Analyseergebnis darstellen kann.

7 Literatur und Quellen

- [1] DIN EN 1991-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken. Beuth Verlag, Fassung 12/2010
- [2] DIN EN 1991-2/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken. Beuth Verlag, Fassung 08/2012
- [3] Nachrechnungsrichtlinie – Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Ausgabe 05/2011), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung - Abteilung Straßenbau, 2011
- [4] Nachrechnungsrichtlinie - 1. Ergänzung Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand - 1 Ergänzung (Ausgabe 04/2015). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015
- [5] Freundt, U., Böning, S.: Anpassung des DIN-Fachberichts 101 Einwirkungen auf Brücken an Eurocodes - Zukunftsfähiges Lastmodell für Straßenverkehrslasten. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 77. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2011
- [6] Freundt, U., Böning, S.: Verkehrslastmodelle für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand - Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 82. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2011

- [7] Böning, S.: Entwicklung einer geschlossenen Vorgehensweise zur Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Straßenverkehr. Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, Dissertation, 2013
- [8] Freundt, U., Böning, S.: Einfluss der veränderten Verkehrsführung bei Ertüchtigungsmaßnahmen auf die Bauwerksbeanspruchung - Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 97. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2014
- [9] Merzenich, G.: Entwicklung eines europäischen Verkehrsmodells für die Bemessung von Straßenbrücken. Aachen: RWTH Aachen, Dissertation, 1994
- [10] Geißler, K.: Auswirkungen der Zulassung von 60-t-Lkw auf Brückenbauwerke im Zuge der Bundesfernstraßen. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 68. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2009
- [11] Freundt, U., Böning, S., Kaschner, R.: Straßenbrücken zwischen aktuellem und zukünftigem Verkehr – Straßenverkehrslasten nach DIN EN 1991-2/NA. In: Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 11, S. 736-746
- [12] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen. Beuth Verlag, Fassung 12/1985
- [13] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen. Fassung 11/1967
- [14] Freundt, U., Böning, S., Hölzer, D., Ehmann, R.: Verkehrslastmodelle aus Brückenmonitoring von Brücken in unterschiedlichen Straßenkategorien. Tagungsband zu: 2. Brückenkolloquium Beurteilung, Ertüchtigung und Instandsetzung von Brücken. Ostfildern: Technische Akademie Esslingen, 2016
- [15] Freundt, U., Böning, S., Hölzer, D.: Bestimmung von Verkehrslastmodellen für statische Tragfähigkeit und Ermüdung an der Dreierwalder Brücke (Forschungsbericht - unveröffentlicht). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau, 2015
- [16] Freundt, U., Böning, S., Hölzer, D.: Bestimmung von Verkehrslastmodellen für statische Tragfähigkeit und Ermüdung an der Brücke im Zuge der Göxer Landstraße in Hannover Seelze (Forschungsbericht - unveröffentlicht). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau, 2016
- [17] Freundt, U., Böning, S., Stade, I.: Bestimmung von Verkehrslastmodellen für statische Tragfähigkeit und Ermüdung an der Linger Damm Brücke über den DEK (Forschungsbericht - unveröffentlicht). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau, 2017
- [18] Fitschen, A., Nordmann, H.: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015 - Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Verkehrstechnik - Heft V 304. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2018
- [19] Bundesanstalt für Straßenwesen: Automatische Zählstellen auf Autobahnen und Bundesstraßen (Daten 2016), Online im Internet: http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Aktuell/zaehl_aktuell_node.html (aufgerufen am 01.05.2018)
- [20] Freundt, U., Vogt, R., Böning, S., Pierson, C., Ehrle, P.: Road-Traffic Management System (RTMS) - Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 100. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2014
- [21] Freundt, U., Böning, S., Michael, D.: RTMS für die Bestimmung von Verkehrseinwirkungen und der Tragfähigkeit der Stauseebrücke bei Saaldorf (Untersuchungsbericht - unveröffentlicht). Erfurt: Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr, 2013
- [22] Kaschner, R.: Auswirkungen des zunehmenden Schwerverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 68. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2009
- [23] Böning, S.: Analyse zur Simulation des Straßenverkehrs und der Auswirkungen des Verkehrs auf Brücken. Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, Diplomarbeit, 2006
- [24] Freundt, U., Böning, S.: Analyse von Beanspruchungen von lastbeschränkten Brückenbauwerken infolge Straßenverkehr mit besonderer Berücksichtigung von genehmigungspflichtigem Schwerverkehr mit Dauergenehmigung (Forschungsbericht - unveröffentlicht). Gelsenkirchen: Landesbetrieb Straßenbau NRW, 2013
- [25] Freundt, U., Böning, S.: Der aktuelle Verkehr einschließlich des dauergenehmigten Schwerverkehrs der Autobahnen in NRW und die resultierenden Beanspruchungen der betreffenden Bestandsbrücken (Forschungsbericht - unveröffentlicht). Gelsenkirchen: Landesbetrieb Straßenbau NRW, 2014

Die aktuellen Vorgehensweisen bei der Bauwerksprüfung und der Dokumentation sind heute nicht mehr zeitgemäß Drohnen und Smartphones sind die neuen Werkzeuge für Bauwerksüberwachungen und die BIM-Modellierung

Ist die aktuelle Bauwerksprüfung in Zeiten von Big-Data noch zeitgemäß? Das ist die zentrale Frage, die im folgenden Beitrag mitten aus der Praxis heraus schlüssig beantwortet wird. Er zeigt ganz neue Methoden der Bauwerksprüfung und des Monitorings und veranschaulicht mit vielen Beispielen den Einsatz von Drohnen und Smartphones. Sie zeigen sehr deutlich, dass diese neuen Werkzeuge und Verfahren ein großes, zukunftsweisendes Potential besitzen; und dass sie die mit BIM begonnene lückenlose und kontinuierliche Erfassung und Bewertung von Bauwerken vorantreiben, weil sie verlässliche Datensätze und digitale Modelle über den Ist-Zustand erzeugen, die als Referenzwerte für Bauwerksprüfungen verwendet werden können. Dadurch lassen sich Änderungen zielgerichteter und frühzeitiger detektieren. Diese digitale Erfassung führt auch zu einer präzisen Digitalisierung von Bestandsbauwerken und bietet damit einen weiteren ingenieuren Eingang in das Building-Information-Modeling.



M.Sc. Thomas Hertle

studierte Bauingenieurwesen an der TU München und ist seit 2015 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Baustatik der Universität der Bundeswehr München



M.Sc. Maximilian Garsch

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und kommissarischer wissenschaftlicher Leiter des Labors für Ingenieurinformatik an der Professur für Baustatik an der Universität der Bundeswehr München und Juniormitglied des Forschungszentrums RISK



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gebbeken*

ist Inhaber der Professur für Baustatik an der Universität der Bundeswehr München, Vorsitzender der Forschungsvereinigung Baustatik-Baupraxis, Gründer und Sprecher des Forschungszentrums Risiko, Infrastruktur, Sicherheit und Konflikt (RISK), Gründungspräsident der International Association of Protective Structures, Beratender Ingenieur VBI, Prüfenieur VPI, Präsident der bayerischen Ingenieurekammer Bau, Vizepräsident des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ) und Geschäftsführender Gesellschafter der Ingenieurgesellschaften AJG und MJG

**Die Autoren sind an der vorliegenden Arbeit zu gleichen Teilen beteiligt*

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Die Bundesrepublik Deutschland hat sowohl einen alternden Brückenbestand als auch einen zunehmenden Bedarf an neuen Brücken – es gibt derzeit 39.621 Brücken im Bundesfernstraßennetz, rund ein Achtel davon ist nach der Brückenstatistik 2017 der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in einem „nicht ausreichenden“ oder in einem „ungenügenden Zustand“. All' diese Brücken müssen überprüft und überwacht werden.

Die heutige Brückenprüfung nach DIN 1076 geht auf die *Richtlinie für die Überwachung und Prüfung eiserner Straßenbrücken* vom August 1930 zurück, die 1933 durch die *DIN 1077 Richtlinie für die Überwachung und Prüfung massiver Straßenbrücken* ergänzt worden ist. Dies ist jedoch erst der normative Beginn der Bauwerksprüfung in Deutschland. Denn schon dem heutigen Wahrzeichen der Stadt Regensburg, der Steinernen Brücke (**Abb. 1**), die in den Jahren 1135 bis 1146 erbaut worden ist und somit zu den ältesten mittelalterlichen Steinbrücken Europas zählt, wurde bereits zur damaligen Zeit eine eigene Verwaltung zugeteilt [1]. Mit den Einnahmen aus dem Brückenzoll sollten zielgerichtet die Wartung und die Erhaltung der Brücke sichergestellt werden.

Wie am Beispiel der Steinernen Brücke ersichtlich wird, gibt es erste dokumentierte Bauwerksprüfungen, -inspektionen und -wartungen bereits seit Beginn des zwölften Jahrhunderts. Über die Zeitläufte haben sich, neben der Bauweise, den Materialien und der Normung, auch die Prüf- und Überwachungsmethoden weiterentwickelt. So wurden die DIN 1076 und die DIN 1077 über die Jahre angepasst und verbessert. Die zeitgemäßen Anpassungen spiegeln sich unter anderem in modernen Prüfmethode wider. Beispielsweise ergänzen beziehungsweise ersetzen automatisierte Prüfverfahren mittels Laserscanning in den letzten Jahren die klassischen Vermessungswerkzeuge. Mit Monitoring-Systemen, die sowohl bei Bestands- als auch bei Neubauten verwendet werden können („Intelligente“ Brücken/Bauwerke) ([2], [3], [4], [5]), und neuen Verfahren, wie der Erkundung durch instrumentierte unbemannte Fluggeräte (Drohnen), sowie dem Erstellen von geometrischen 3D-Modellen mittels Photogrammetrie (PG), gibt es inzwischen weitere Werkzeuge, die bei der Bauwerksprüfung verwendet werden können und sollten. Die Digitalisierung umfassender Prozesse, wie zum Beispiel Datenbanken und Building Information Modeling (BIM), wird vorrangig bei Neubauten eingesetzt. Hierdurch sind völlig neue Planungsprozesse möglich. Um die Nachhaltigkeit der Infrastruktur zu sichern, ist es nötig, diese Entwicklung auf die Bestandsinfrastruktur zu erweitern. Der vorliegende Artikel stellt unter anderem die Technologie und die Anwendungsmöglichkeiten von neuen Werkzeugen vor, wie zum Beispiel instrumentierte unbemannte Fluggeräte oder Schwingungsmesssysteme. Er möchte damit auch einen Beitrag zur notwendigen, vermehrten Anwendung der Digitalisierung im Bauwesen leisten.



https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Regensburg_-_Steinerne_Bruecke_ohne_Dom.jpg

Abb. 1: Steinerne Brücke über die Donau in Regensburg

1.2 Bauwerksprüfung – Stand der Technik

1.2.1 Aktuelle Normung und Richtlinien

Um die Einsatzmöglichkeiten von instrumentierten unbemannten Flugsystemen und mobilen Geräten, wie zum Beispiel Smartphones, bei der Bauwerksprüfung und dem Bauwerksmonitoring aufzuzeigen, müssen zunächst die aktuellen Richtlinien recherchiert und analysiert werden [6]. Die für diesen Beitrag wichtigsten Dokumente werden im Folgenden aufgelistet und ihre für das hier behandelte Thema wichtigsten Inhalte dargestellt.

Es handelt sich um

- Die DIN 1076 *Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung* [7]; sie beschreibt ein systematisches Verfahren, mit dessen Hilfe Bestandsbauwerke hinsichtlich ihrer Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit mittels definierter Kriterien bewertet werden. Hierbei wird der Zustand eines Ingenieurbauwerkes in statischer und konstruktiver Hinsicht wiederkehrend beurteilt und – zum Beispiel – mit dem Ziel dokumentiert, etwaige schleichende Ermüdungs- oder Schadensprozesse frühzeitig feststellen zu können. Die DIN 1076 ist das grundlegende Dokument des Qualitätsmanagements der Bauwerkserhaltung von Ingenieurbauwerken, und sie ist die Grundlage für die Entscheidung über Ertüchtigungsmaßnahmen oder über Ersatz-Neubauten. Sie zählt zu den *Allgemein anerkannten Regeln der Technik*.

- Die *Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten* (RI-ERH-ING) [8]; zu ihnen zählen:
 - die Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF) [9],
 - der Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse (OSA) [10],
 - die Richtlinien zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/Ertüchtigungsmaßnahmen bei Straßenbrücken (RI-WI-BRÜ) [11] und
 - die Richtlinie für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (RI-ERH-KOR) [12].

Für das hier behandelte Thema des Einsatzes von instrumentierten Drohnen und mobilen Geräten, wie Smartphones und Tablets, zur Bauwerksbeobachtung, sind die RI-EBW-PRÜF sowie die OSA heranzuziehen.

Im Kapitel 10 der RI-EBW-PRÜF (Abschnitt 4: *Einsatz von automatisierten bzw. visuellen Prüfverfahren*) werden bereits Verfahren beschrieben, die für die präzise Schadensdetektion geeignet sind und die von automatisierten, beziehungsweise teilautomatisierten Systemen durchgeführt werden. Ihre Nutzung ermöglicht insbesondere eine Verkürzung der Prüfzeiten und eine Verringerung der Verkehrsbeschränkungen. Deshalb sind sie von besonderer Bedeutung.

Der Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse (OSA) beschreibt die Vorgehensweise und die Verfahren, die für die zerstörungsfreie, zerstörungsarme und zerstörende Bauwerksprüfung verwendet werden können, und er beschreibt die Anwendungsgrenzen dieser Verfahren.

Des Weiteren existieren die *Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten* (ASB-ING) [13], sowie die *Richtlinie für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung* (RBA-BRÜ) [14]. Da diese Regelwerke keinen direkten Bezug zu dem hier behandelten Thema haben, werden sie im Folgenden nicht weiter behandelt.

1.2.2 Bauwerksprüfung nach DIN 1076

Die regelmäßig wiederkehrende Prüfung und Überwachung von Bauwerken ist die wesentliche Grundlage für die Ermittlung von notwendigen Investitionen und Instandsetzungsmaßnahmen sowie für die Entscheidung über die Notwendigkeit eines Ersatz-Neubaus. Die hierbei zu erbringenden Ingenieurleistungen sind in der DIN 1076 [7] aufgeführt. Sie regelt und beschreibt unterschiedliche Arten der Bauwerksprüfung. Die Bauwerksprüfungen werden wie folgt unterschieden.

■ Hauptprüfung

Bei der Hauptprüfung sind sämtliche Bauwerksteile handnah zu prüfen. Hierfür bedarf es gegebenenfalls der Nutzung von Gerüsten, Hebebühnen etc. und des Einsatzes von Industriekletterern. Die Hauptprüfung findet alle sechs Jahre statt.

■ Einfache Prüfung

Die einfache Prüfung gemäß DIN 1076 Abschnitt 5.3 ist eine *intensive, erweiterte Sichtprüfung*. Hierbei soll, soweit wie möglich, auf die Hinzunahme von Gerätschaften verzichtet werden, die die Nutzung der Brücke einschränken. Die einfache Prüfung wird drei Jahre nach jeder Hauptprüfung durchgeführt.

BIM/BAUWERKSÜBERWACHUNG

■ Prüfung aus besonderem Anlass

Eine Prüfung aus besonderem Anlass (Sonderprüfung) muss nach Ereignissen durchgeführt werden, die den Zustand des Ingenieurbauwerkes beeinflussen können. Das gilt zum Beispiel für Unfälle, Anprall oder Hochwasser.

■ Prüfung nach besonderen Vorschriften

Anlagen, die für die Nutzung des Bauwerkes benötigt werden, müssen gemäß ihren jeweiligen, anlagenspezifischen Prüfzyklen überprüft werden. Der Umfang dieser Prüfung beschränkt sich auf die jeweilige Anlage.

■ Besichtigung

In den Jahren, in denen keine Hauptprüfung oder keine einfache Prüfung stattfindet, wird die Besichtigung (Sichtprüfung) durchgeführt. Das Bauwerk wird hierbei visuell von der Verkehrsebene oder vom Geländeniveau aus besichtigt.

■ Laufende Beobachtung

Die laufende Beobachtung ist eine vierteljährliche Überwachung der Verkehrswege hinsichtlich der Verkehrssicherheit.

1.2.3 Bauwerksprüfung – Monitoring

Werden bei einer Sichtprüfung Mängel oder Schäden festgestellt, kann im Zuge der anschließenden handnahen Prüfung (DIN 1076, RI-EBW-PRÜF) ein Monitoring-System zum Einsatz kommen. In der momentanen Praxis handelt es sich hierbei in der Regel um ein schadensbezogenes Beobachtungssystem. Welches System dabei zum Einsatz kommt, ist abhängig von den zu untersuchenden physikalischen Größen. Für diese physikalischen Größen wird in der Regel ein Grenzwert festgelegt. Wird dieser Grenzwert überschritten, dann kann automatisch eine Alarmierung erfolgen, wenn das System dafür ausgelegt ist. Zum Beispiel werden zur Messung der Verzerrungen (Dehnungen, Stauchungen, Schubverzerrungen) sogenannte Dehnmessstreifen (DMS) am Bauwerk angebracht. Mit Hilfe der lokalen DMS-Messungen können, bei Kenntnis der mechanischen Übertragungsfunktionen, globale Verformungen zurückgerechnet werden.

Globale Monitoring-Systeme kommen derzeit in der Regel nur in Frage, wenn das gesamte Tragwerksverhalten von Interesse ist. Dies ist beispielsweise bei erkennbaren Verformungen oder Schwingungen der Fall, die die Gebrauchstauglichkeit einschränken, die aber auch Einfluss auf die Tragfähigkeit haben können. Globale Monitoring-Systeme könnten auch zur Ermittlung weiterer Parameter eingesetzt werden, da beispielsweise Eigenfrequenzen von systemeigenen Parametern wie Steifigkeit und Masse abhängen. Eine Systemidentifizierung im Sinne einer Parameter-Identifizierung (zum Beispiel Dämpfungsmaße) ist durch eine Schwingungsmessung möglich [15].

1.3 Bauwerksprüfung – Stand der Forschung

Die Informationen aus der Bauwerksprüfung werden in Datenbanken (Straßeninformationsbank, SIB) und Bauwerksbüchern eingetragen und somit dokumentiert. Die hinterlegten Daten wurden in der Regel stichprobenartig ermittelt. Sie sind deshalb nur schwer reproduzierbar. Schwer zugängliche Bauwerksteile sind nur mit Spezialgeräten oder aus der Ferne mittels Kamera und Fernglas einsehbar. Dadurch verbleiben Unsicherheiten. Hier bieten instrumentierte Drohnen und globale Monitoring-Systeme neue Möglichkeiten. Automatisierte Flugpläne für Drohnen und globale Monitoring-Systeme stellen die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit einer Bauwerksprüfung sicher. Die Nutzung digitaler Bildbearbeitungsprogramme lässt Rückschlüsse auf die Scha-

dententwicklung und -ausbreitung zu. Eine besondere Prüfung kann gegebenenfalls automatisch durch ein Überwachungssystem ausgelöst werden, das auf das gesamte Tragwerk ausgelegt ist, dann zum Beispiel, wenn vorab definierte Grenzwerte überschritten werden. Die wiederkehrende Beobachtung von Ingenieurbauwerken nach DIN 1076 im Rahmen der Streckenkontrolle kann von stationären, dauerhaften Monitoring-Systemen unterstützt und teilweise ersetzt werden. Durch die Definition von Grenzwerten, die zum Beispiel signifikante Änderungen bestimmter Tragwerksparameter beschreiben, können Schäden frühzeitig erkannt und identifiziert werden. Dies entspräche dem Einsatz von automatisierten, beziehungsweise visuellen Prüfverfahren nach der RI-EBW-PRÜF. Durch ein derartiges Monitoring könnten sich die Häufigkeit der Prüfungen verringern und die Art der Sichtprüfungen verändern lassen.

Durch eine visuelle Prüfung des Bauwerks mittels einer Drohne lässt sich die handnahe Prüfung zielgerichteter steuern. An schwer zugänglichen Stellen, für deren Inspektion bisher aufwendige Gerätschaften (Gerüste) oder Spezialisten (Industriekletterer) benötigt werden, kann eine instrumentierte Drohne effizient eingesetzt werden. Dies ist vor allem bei großen Bauwerken mit begrenzter Einsicht beziehungsweise begrenztem Zugang von Vorteil. Mit Hilfe von instrumentierten Drohnen kann somit eine Verringerung der benötigten Inspektionszeit am Bauwerk bei einer gleichzeitig größeren Anzahl auswertbarer und vergleichbarer Daten erzielt werden.

Die lückenlose und kontinuierliche Dokumentation eines Bauwerks ist auf Grund der teils stichprobenhaften Verfahren bisher nicht gegeben. Hierunter leidet die Vergleichbarkeit von zeitlich versetzten Prüfungen. Die handnahe Prüfung, die bei der Hauptuntersuchung vorgeschrieben ist, kann durch eine größere Informations- und Datendichte mit Hilfe neuer digitaler Systeme zielgerichteter und effizienter gestaltet werden.

2 Der Einsatz instrumentierter Drohnen bei der Bauwerksprüfung

2.1 Unbemannte Flugsysteme – Drohnen

2.1.1 Allgemeines

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) oder Unmanned Aircraft Systems (UAS), beide gemeinhin auch als Drohnen benannt und bekannt, sind ferngesteuerte Fluggeräte. Der Beflug mit einer Drohne wird manuell oder automatisch durchgeführt. Ein manueller Beflug wird von einem menschlichen Piloten mittels Fernsteuerung ausgeführt, oder es findet ein automatischer Beflug statt, bei dem ein vorher programmierter Autopilot steuert.

Die Entwicklung von Drohnen zwischen 1970 und 1980 geht auf militärische Zwecke zurück. In den vergangenen Jahren ist ihre Entwicklung aber so weit vorangeschritten, dass sie auch in vielen zivilen Bereichen eingesetzt werden. Im zivilen Bereich dienen sie hauptsächlich der Aufnahme von Fotos und Videos aus der Luft. Auf diese Weise können zum Beispiel große Flächen, beispielsweise in der Land- und Forstwirtschaft, erfasst und solche Veränderungen entdeckt werden, die vom Boden aus nicht oder nur schlecht erkennbar sind.

2.1.2 Gesetzliche Vorgaben

Die 2017 in Kraft getretene Drohnen-Verordnung setzt den rechtlichen Rahmen für die Anwendung von unbemannten Fluggeräten in Deutschland. Sie ist vom Bundesministerium für Verkehr und digitale

Infrastruktur (BMVI) unter dem Titel *Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten* am 6. April 2017 erlassen worden [16]. Für genauere Informationen sei auf dieses Dokument, wie auch auf einschlägige Plattformen im Internet verwiesen.

2.2 Stand der Forschung

Von Mitte des Jahres 2013 bis Mitte 2015 wurde das Forschungsprojekt *Unbemannte Fluggeräte zur Zustandsermittlung von Bauwerken* an der Bauhaus-Universität Weimar bearbeitet. Finanziert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), sollte das Potential des Einsatzes von instrumentierten unbemannten Fluggeräten für die Zustandsermittlung von Bauwerken untersucht werden [17]. Im Zuge dieses Forschungsprojektes wurden verschiedene Einsatzszenarien an Referenzbauwerken auf ihre Tauglichkeit getestet. Hierbei wurden viele Möglichkeiten festgestellt, bisherige Untersuchungstechnologien abzulösen oder effizienter zu gestalten. Darüber hinaus wurde der Einsatz von Drohnen auch in der Denkmalpflege untersucht und ob mit ihnen die Lokalisierung und Erkennung von Schäden möglich ist. Die Gigapixelmodelle, die hierbei entstanden, können, so der Schluss der Forscher in Weimar, für eine sehr sichere visuelle Identifikation von Schäden genutzt werden [18], [19].

Es wurde auch getestet, ob photogrammetrische Modelle zur Lokalisierung und Identifizierung von Verschiebungen und Verformungen verwendet werden können. Hierfür wurde eine Drohne mit einer Digitalkamera instrumentiert, deren Fotodaten für die Photogrammetrie verwendet wurden [20].

Aufbauend auf den visuellen Bewertungen von Fotos wurden auch Bildanalyseverfahren entwickelt, mit deren Hilfe beispielsweise Risse auf Betonoberflächen erkannt und sichtbar gemacht werden können [21], [22].

Derzeitige Forschungsthemen sind auch die Generierung dreidimensionaler Geometriemodelle und ihre Überführung in numerische Modelle für eine strukturelle Analyse [23].

2.3 Datenakquisition und Photogrammetrie

2.3.1 Technologien

Zur Datenakquisition können unter anderem Digitalkameras, Camcorder, Multispektral-, Thermalkameras, und Laserscanning-Geräte klassisch verwendet oder an einer Drohne (**Abb. 2**) angebracht werden. Mit ihnen werden unterschiedliche Daten (zum Beispiel Fotodaten) akquiriert.

Drohnen bieten bei der Aufnahme räumlicher Objekte eine weitaus größere Flexibilität als bodengebundene Trägerplattformen. Dadurch werden Daten in gleichbleibender Qualität und vollumfänglich erzeugt. Für die Zustandsermittlung im Rahmen der Bauwerksprüfung und -überwachung können derzeit mit oder ohne Drohnen vier Technologien eingesetzt werden:

- Digitalkameras, Camcorder für Bilder und Videos,
- digitale Multispektral-, Thermalkamera für Bilder und Videos,
- Laserscanner und
- Photogrammetrie für Punktwolken.

Bilder und Videos, die mit Digitalkameras oder Camcordern aufgenommen werden, dokumentieren den Ist-Zustand bildlich. Die Bildqualität sollte sehr hoch sein. Für eine fundierte Zustandsbeurteilung werden vor allem hochauflösende Detailaufnahmen benötigt.

Digitale Multispektral- oder Thermalkameras erzeugen ebenfalls Bilder und Videos, die gegenüber den Aufnahmen mit Digitalkameras oder Camcordern andere Informationen beinhalten. Mittels Thermalbildern können beispielsweise bauphysikalische Problemstellen auf Wärmefluss untersucht werden. Dadurch können zum Beispiel „unsichtbare“ Schäden sichtbar gemacht werden.

Ein Laserscanner tastet ein Objekt mit Hilfe eines Laserstrahls rasterartig ab. Der erzeugte Datensatz enthält Informationen über Winkel und Distanzen für alle vom Objekt reflektierende Laserstrahlen. Diese Informationen können mit Hilfe einer Auswertungssoftware in eine Punktwolke umgewandelt werden. Referenzmarken ermöglichen es zudem, die Punktwolken von verschiedenen Messstandorten im Raum zuzuordnen. Auf diese Weise werden Einzelmessungen, die von verschiedenen Standorten durchgeführt wurden, in eine dreidimensionale Punktwolke zusammengeführt.

Die Photogrammetrie ist eine Bildverarbeitungstechnologie, die mit Hilfe vieler unterschiedlicher Fotos vom selben Objekt eine Punktwolke im dreidimensionalen Raum erzeugt. Einzelne Punkte eines Objektes im Raum, die in mehreren Aufnahmen als identisch erkannt werden, werden durch Triangulation ermittelt und zu einer Punktwolke zusammengesetzt. Hierfür werden die Kollinearitätsgleichungen verwendet [24]. Allen ermittelten Punkten kann die Farbinformation aus den Fotos hinterlegt werden. So ist es einfach, farbliche Punktwolken zu generieren. Aufgrund der hohen Dichte der Punkte entsteht eine Punktwolke, die die Oberfläche des aufgenommenen Körpers abbildet. Zusammen mit den Farbinformationen der Punkte entsteht eine Punkt-



Abb. 2: Dem Labor für Ingenieurinformatik des Instituts für Mechanik und Statik der Universität der Bundeswehr München eigene Drohne „Falcon 8“ der Firma Ascending Technologies mit unterschiedlichen Sensoren

BIM/BAUWERKSÜBERWACHUNG

wolke mit hoher Detailgenauigkeit und realen Texturen. Deshalb sind Punktwolken für eine Zustandsermittlung besonders geeignet. Die American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) definiert den Prozess der Photogrammetrie als *the art, science, and technology of obtaining reliable information about physical objects and the environment through processes of recording, measuring and interpreting photographic images and patterns of recorded radiant electromagnetic energy and other phenomena* [25]. Tiefergehende Informationen über die Theorie der Photogrammetrie, ihre Anwendungsgrenzen und ihre Einflussparameter können der diesbezüglichen Grundlagenliteratur und weiteren Veröffentlichungen entnommen werden (exemplarisch: [26], [27], [28]). Aktuelle Anwendungsgebiete für die Photogrammetrie sind zum Beispiel der Erhalt und der Wiederaufbau von Denkmälern, die Volumenbestimmung im Erd- und Straßenbau und die Vermessung von Geländeoberflächen, wie zum Beispiel Ausgrabungsstätten. Die Nutzung der Photogrammetrie zur ganzheitlichen Zustandsermittlung ist aktuell im Bauwesen noch nicht weit verbreitet.

2.3.2 Anwendungen in der Praxis

Um die Möglichkeiten der Nutzung und die Tauglichkeit von unbemannten Fluggeräten bei der Zustandsermittlung im Rahmen der Bauwerksprüfung und -überwachung zu untersuchen, haben wir Praxistests an Brücken durchgeführt. Dabei wurde vor allem der Einsatz der Photogrammetrie untersucht. Die Wärmebildtechnologie wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht eingesetzt. Die Untersuchungen und Auswertungen an einigen dieser Referenzbrücken werden im Folgenden dargestellt. Das Fluggerät „Falcon 8“ des Labors für Ingenieurinformatik am Institut für Mechanik und Statik der Universität der Bundeswehr München (**Abb. 2**) wurde bei den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen nur mit einer digitalen Fotokamera (Sony Alpha 7R) bestückt. Bei den auch weiter unten geschilderten Untersuchungen an der Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr München und der Fußgängerbrücke Kolbermoor wurden auch Vergleiche mit einem terrestrischen Laserscanner (TLS) durchgeführt. Bei diesem TLS handelt es sich um das Modell Leica Scanstation C10.

■ Thalkirchner Brücke

Bei der Thalkirchner Brücke in München (**Abb. 3**) handelt es sich um eine Straßenbrücke mit einer Gesamtlänge von 197 Meter. Sie wurde zwischen 1989 und 1991 erbaut und hat 13 Felder, die größte Stützweite beträgt 13,4 Meter. Da die Tragstruktur aus einem räumlichen Holzfachwerk mit vielen Einzelstäben besteht, kann an dieser Brücke die Leistungsfähigkeit der Photogrammetrie erforscht werden. Um diese Untersuchung auf diese Technologie zu fokussieren, wurde die Brücke nur von unten mit einer digitalen Handkamera (Sony RX100) aufgenommen. Dafür reichte es, die Erfassung auf zwei Felder zu beschränken. Die vielen Einzelstäbe, die sich bei den Aufnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven gegenseitig verschatten und verbergen, stellen eine große Herausforderung für die photogrammetrische Auswertung dar, für die 589 Fotos herangezogen wurden (243 Aufnahmen für Feld 1 und 346 Aufnahmen für Feld 2).

Die aus den 243 Fotos des ersten Feldes mit Hilfe der Photogrammetrie erzeugte Punktwolke ist in **Abb. 4** dargestellt. Wie zu erkennen ist, war es möglich, die Topologie des räumlichen Stabwerkes eindeutig zu replizieren. Die einzelnen Fachwerkstäbe entsprechen in ihrer räumlichen Lage und Länge der realen Struktur.

Detailpunkte sind bezüglich Ort und Abmessungen sehr genau bestimmbar. Exemplarisch hierfür ist die Detailaufnahme eines Stützenfußes der Fußgängerrampe (**Abb. 5**).

In **Abb. 5** ist vor allem der hohe Detailgrad der Punktwolke zu sehen. Die Genauigkeit der photogrammetrisch erzeugten Punktwolken hängt wesentlich davon ab, ob möglichst viele Fotos aus möglichst vielen Perspektiven aufgenommen werden. Das kann von Hand aber auch mit Hilfe einer Drohne bewerkstelligt werden. Bei der Untersuchung der Thalkirchner Brücke hat sich die Photogrammetrie als sehr leistungsfähig erwiesen. Die erzeugte Punktwolke repräsentiert maßstabsgetreu die Fachwerkstruktur. Somit ist eine örtliche Zuweisung von Befunden wie Anomalien beziehungsweise Schäden sehr gut umsetzbar. Dies ermöglicht die zielgerichtete handnahe Inspektion dieser Stellen.



Abb. 3: Die Thalkirchner Brücke über die Isar und den Isar-Kanal in München

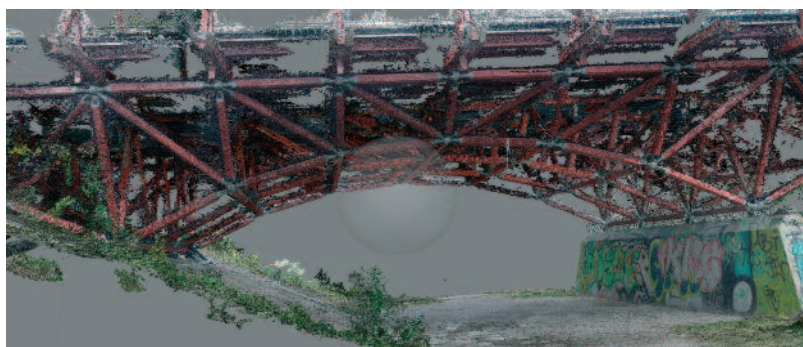


Abb. 4: Photogrammetrisch erzeugte Punktwolke der Thalkirchner Brücke



Abb. 5: Photogrammetrisch erzeugte Punktwolke eines Fußpunktes der Thalkirchner Brücke



Abb. 6: Betonbrücke über die Glonn bei Ebersbach

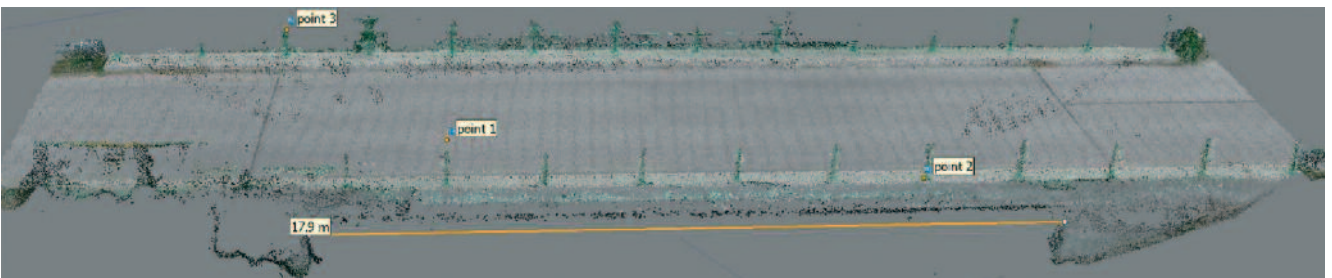


Abb. 7: Photogrammetrische Punktwolke der Betonbrücke bei Ebersbach

■ Straßenbrücke bei Ebersbach

In der Nähe von Ebersbach in Bayern befindet sich eine vierstegige Stahlbeton-Plattenbalkenbrücke (Abb. 6), die den Fluss Glonn überquert. Sie wurde im Rahmen einer Masterarbeit [29] aufgenommen. Das Ziel der Aufnahme dieser Brücke war es, die Genauigkeit einer photogrammetrischen Punktwolke hinsichtlich der Abmessungen eines unbekanntes Objektes zu untersuchen. Planungsdokumente lagen nicht vor. Zur Sicherstellung realitätsnaher Abmessungen der mittels Photogrammetrie erzeugten Punktwolke, können zwei Möglichkeiten eingesetzt werden. Erstens die Nutzung von Referenzmarken, die vermessen sind, oder zweitens die Nutzung der Aufnahmepositionen der verwendeten Fotos. Die Skalierung mittels Referenzmarken wurde bei der Fußgängerbrücke Kolbermoor angewandt, die weiter unten vorgestellt wird. Bei der hier beschriebenen Untersuchung wurden die Aufnahmepositionen der Fotos verwendet. Hierfür wurden die GPS-Koordinaten der Drohne herangezogen, die automatisch beim Auslösen der Digitalkamera im Logbuch abgespeichert werden. Um Vergleichswerte der Abmessungen zu erhalten, wurde die Brücke zunächst mit einem Laser-Distometer und einem Maßband vermessen. Da die Brückenunterkante nur circa zwei Meter über der Wasseroberfläche der Glonn liegt, wurde zusätzlich zur photographischen Aufnahme durch Drohnen-Beflug die Brückenunterseite durch Fotos einer Handkamera ergänzt (Nikon D200).

Die absolute Ausrichtung der Bilder ist maßgebend für die Größenskalierung der Punktwolke. Es wurden Fotos aus unterschiedlichen Positionen aufgenommen. Die photogrammetrische Punktwolke, die aus den Bildern eines Befluges ermittelt wurde, ist in Abb. 7 dargestellt. Diesem Bild kann entnommen werden, dass die Feldweite der Brücke im Modell 17,9 Meter beträgt. Die Messung mit dem Laser-Distometer vor Ort ergab 18 Meter. Das entspricht einer Abweichung von 0,10 Meter, beziehungsweise 0,56 Prozent. Damit ist in diesem Fall, selbst



Abb. 8: Photogrammetrische Punktwolke der Unterseite der Betonbrücke bei Ebersbach

bei den relativ ungenauen Positionsdaten der GPS-Sensoren der Drohne (bis zu zwei Meter Abweichung), aus der Menge an Informationen eine sehr genaue Punktwolke entstanden. Die Messung der Breite der Fahrbahn vor Ort ergab 6,5 Meter. Aus der Punktwolke ergibt sich die Breite ebenfalls zu 6,5 Meter. Die Höhe der Stege beträgt 0,8 Meter, wird aber in der Punktwolke nur mit 0,56 Meter dargestellt. Die Abweichung von 0,25 Meter (also 31 Prozent) ist auf die wenigen Bilder auf Höhe der Stege und auf der Unterseite der Brücke zurückzuführen. Wenn keine zusätzlichen geometrischen Daten mit Hilfe der Vermessung von Referenzmarken oder markanten Punkten am Tragwerk vorhanden sind, müssen mehr Bilder verfügbar sein. Damit lässt sich die Genauigkeit der resultierenden Punktwolke signifikant verbessern. Insofern wäre das Anbringen von Referenzmarken auf der Brückenunterseite von Vorteil gewesen.

In Abb. 8 ist die Punktwolke der Photogrammetrie dargestellt, die aus den Bildern der Handkamera generiert wurde.

BIM/BAUWERKSÜBERWACHUNG

Es ist zu erkennen, dass die texturierte Betonoberfläche sehr gut mit Hilfe der Fotos und der Photogrammetrie reproduzierbar ist. Somit ist der Grad ihrer Anwendungstauglichkeit bei Massivbauwerken im Rahmen der Bauwerksprüfung sehr hoch.

■ **Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr München**
Diese Versuchsbrücke befindet sich auf dem Gelände der Universität der Bundeswehr München. Sie wurde in Verbundbauweise erstellt. Das Längssystem ist ein Einfeldträger mit einer Spannweite von 29,9 Meter und einer Deckbreite von vier Meter (**Abb. 9**).

Die verwendeten Aufnahmegерäte waren die digitale Fotokamera, die an dem unbemannten Fluggerät der Universität montiert war, und der terrestrische Laserscanner der Universität. Die digitale Aufnahme der Brücke mit Hilfe des terrestrischen Laserscanners wurde in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Geodäsie durchgeführt und in [26] publiziert.

Ziel der Messkampagne war es, die Vergleichbarkeit von dreidimensionalen Punktwolken zu ermitteln. Hier lag der Fokus vor allem auf der Qualität der photogrammetrisch erzeugten Punktwolke. Während der Versuch an der Straßenbrücke bei Ebersbach bereits zeigte, dass die realen Abmessungen von Bauwerken gut von der Punktwolke abgebildet wurden, sollte bei der Versuchsbrücke der Bundeswehr-Universität die gesamte Punktwolke auf die Genauigkeit bezüglich des erfassten Objektes untersucht werden. Eine Zustandsbeurteilung der Versuchsbrücke wurde nicht durchgeführt. Zum einen ergab sich eine Punktwolke direkt mit Hilfe des terrestrischen Laserscanners und zum anderen mit Hilfe der Drohnen-Fotos, die photogrammetrisch verarbeitet wurden. Die berechneten Punktwolken sind in **Abb. 10** und **Abb. 11** dargestellt.

Unterschiede lassen sich bei der Verteilung der Punktwolken und bei den aufgenommenen Oberflächen erkennen. Die erste Punktwolke, die mit Laserscanner erzeugt wurde (**Abb. 10**), zeigt die Abtastung der Brücke in einem Raster, was an der Funktionsweise des Laserscanners liegt. Alle sichtbaren Flächen sind vollständig abgebildet. Die zweite Punktwolke (**Abb. 11**) wurde aus den Fotodaten mit Hilfe der Photogrammetrie erzeugt. Hier ist eine stark zufällig erscheinende Verteilung der Punkte zu erkennen. Dies geht auf die Methodik der Photogrammetrie zurück, die zur Auswertung markante Punkte benötigt. Die Betonfahrbahn bietet hier sehr viele differenzierbare markante Punkte, die von der Photogrammetrie-Software erkannt, trianguliert und abgebildet werden. An den Stahlträgern ist zu erkennen, dass über große Flächen keine markanten Punkte bestimmt werden konnten. Hier spielen zwei Faktoren eine Rolle. Zum einen konnte das Bauwerk mit der Drohne nicht unterflogen werden und zum anderen bildet die farblich monotone und gleichmäßige Lackierung der Stahlträger keine markanten Punkte. Dies führt dazu, dass die verwendete Software hier keine differenzierbaren Punkte erkennen und somit auch nicht abbilden konnte.

Mit der Open Source-Software CloudCompare [30] wurde ein Vergleich der beiden Punktwolken durchgeführt (**Abb. 12**). Es ist bemerkenswert, dass die Differenzen zwischen den Punktwolken in jenen Bereichen sehr gering sind, die von beiden Aufnahmemethoden abgebildet werden konnten. Diese betragen im Mittel weniger als 0,01 Meter. Die Stellen, an denen eine der beiden Punktwolken keine Punkte generieren konnte, sind bei diesem Vergleich ausgenommen.

Hier werden aber auch die Unterschiede beider Technologien deutlich. Die größten gemessenen Unterschiede, die an drei ausgewählten Schnitten (**Abb. 13**) erkennbar sind, befinden sich im Bereich der



Abb. 9: Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr München

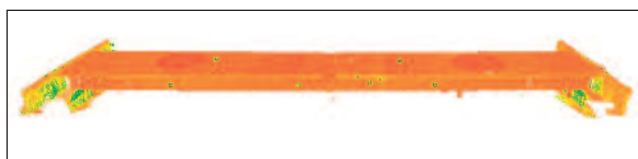


Abb. 10: Mit terrestrischem Laserscanner erzeugte Punktwolke der Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr

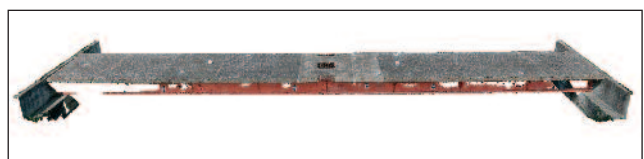


Abb. 11: Mit Photogrammetrie erzeugte Punktwolke der Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr

Stahlhauptträger. In roter Farbe sind die Punkte des Laserscanning, in grüner Farbe die Punkte der photogrammetrischen Auswertung der Bilder der Drohne dargestellt. Durch diesen unmittelbaren Vergleich werden die Unterschiede der beiden Technologien im Detail ersichtlich. **Abb. 13** zeigt auch, dass die Verschattung der Träger durch die Betonfahrbahn bei der Aufnahme durch die Kamera an der Drohne größer ist als bei der Aufnahme durch den Laserscanner. Das liegt an der minimalen Flughöhe der Drohne bei dieser Aufnahme. Eine geringere Flughöhe ist theoretisch möglich, erhöht aber die Gefahr der Bodenkollision. Während sich der Scanner in Bodennähe befand, wurden die Fotos der Kamera der Drohne aus einer größeren Höhe aufgenommen. In bestimmten verschatteten Bereichen weist die Punktwolke aus der Photogrammetrie ein Rauschen auf (**Abb. 13, oben**). Dieses Bild verdeutlicht (**unten**) außerdem, dass wegen der monotonen Tex-

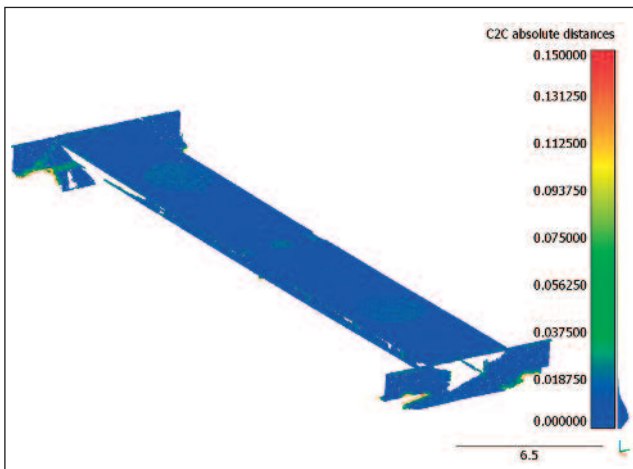


Abb. 12: Vergleich der Punktwolken: Abweichungen zwischen Punkten (in Meter)

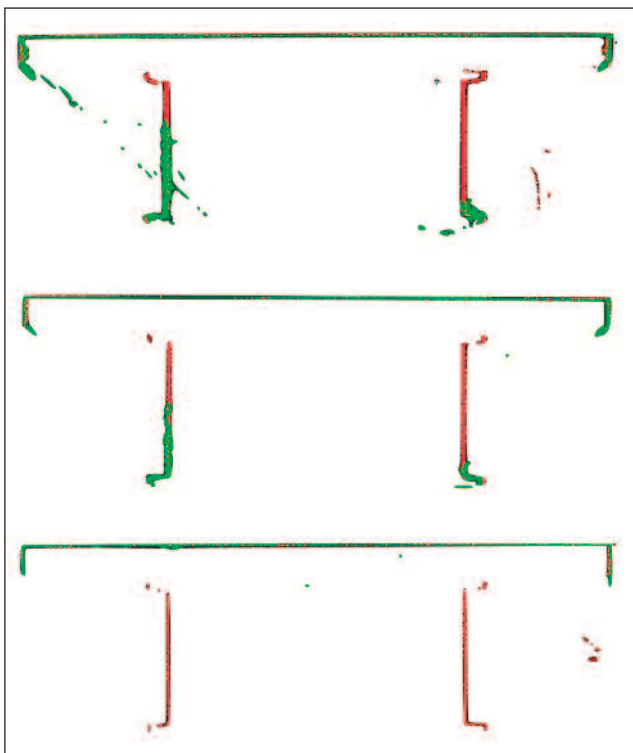


Abb. 13: Überlagerung der ermittelten Querschnitte; rot: terrestrischer Laserscanner; grün: Photogrammetrie

tur der Oberflächen keine markanten Punkte der Stahlträger ermittelt werden konnten.

Der terrestrische Laserscanner hat bei dieser Versuchsbrücke Vorteile gegenüber der Photogrammetrie, da sich die Brücke in Bodennähe befindet. Bei Anwendung der Photogrammetrie ist die Qualität der Punktwolken von der Textur der Oberflächen abhängig. Stark texturierte Oberflächen lassen sich sehr gut darstellen und in Punktwolken übersetzen. Homogene und schwach texturierte Oberflächen und sehr filigrane Bauteile sind eher schwer zu erfassen. Die stark texturierte Fahrbahnplatte jedoch zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen photogrammetrisch erzeugten und mit klassischem Laserscanner erzeugten Punktwolken. Eine Verbesserung für die Photogrammetrie ergäbe sich, wenn man Referenzmarken setzt. Ihre Verwendung wird (weiter unten) bei der Fußgängerbrücke Kolbermoor erläutert. Durch diesen Vergleich wird deutlich, dass jede Technologie Vor- und Nachteile mit sich bringt.

Wenn die eingesetzte Drohne nicht das ganze Bauwerk umfliegen kann, dann müssen die von ihrer Fotokamera nicht aufgenommenen Oberflächen ohne Nutzung einer Drohnen fotografiert werden. Wie an der Versuchsbrücke gezeigt werden konnte, ist es möglich, aus Fotos mittels Photogrammetrie eine Punktwolke zu erzeugen, die mit der Oberfläche und der Form des realen Bauwerks nahezu übereinstimmt. Somit ist es möglich, zeitlich versetzte Aufnahmen (Ist-Zustände) zu vergleichen und Verformungen und geometrische Veränderungen aufzuzeigen. Damit sind Abweichungen früher feststellbar, als mit einer visuellen Bauwerksprüfung.

■ Fußgängerbrücke Kolbermoor

Die Fußgängerbrücke Kolbermoor im Landkreis Rosenheim wurde im März 2016 fertiggestellt und besteht aus einem Stahlkasten mit Betonfahrbahn. Die Brücke ist von einem 24 Meter hohen Pylon abgespannt (**Abb. 14**), überspannt 50 Meter und hat eine Plattenbreite von 3,5 Meter.

Im Zuge einer Masterarbeit [31] wurde die Brücke mit einer Drohne befliegen, die mit einer Digitalkamera ausgestattet war. Die aufgenommenen Fotos wurden genutzt, um mit Hilfe der Photogrammetrie eine Punktwolke der Brücke zu erstellen. Eine zweite Punktwolke wurde durch die Auswertung eines terrestrischen Laserscans erzeugt. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Punktwolken der Photogrammetrie und dem Laserscan sicherstellen zu können, wurden 29 Referenzmarken am Bauwerk angebracht, die von beiden Technologien erfasst werden können.

Die bereits bei der Straßenbrücke bei Ebersbach erwähnten Referenzmarken können dazu genutzt werden, eine räumliche Ausrichtung der Punktwolken an geographischen Koordinaten durchzuführen. Die Referenzmarken wurden mit einem Tachymeter ausgemessen, um die geographischen Koordinaten der Referenzmarken zu ermitteln. Die Koordinaten wurden bei der Punktwolkenerstellung mittels Photogrammetrie und terrestrischem Laserscanner berücksichtigt. Auf diese Weise wurde eine einheitliche Ausrichtung der Punktwolken im Raum gewährleistet. Damit wird die Untersuchung, die an der Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr durchgeführt worden war (siehe oben), um die Komponente der absoluten Ausrichtung an geographischen Koordinaten erweitert. Hier konnten die Punktwolken aus Photogrammetrie und Laserscan unabhängig miteinander verglichen werden. Abweichungen können nun nicht nur aus Ungenauigkeiten der Punktwolken selbst, sondern auch aus der Ausrichtung der Punktwolken im Raum resultieren.



Abb. 14: Fußgängerbrücke in Verbundbauweise über die Mangfall in Kolbermoor

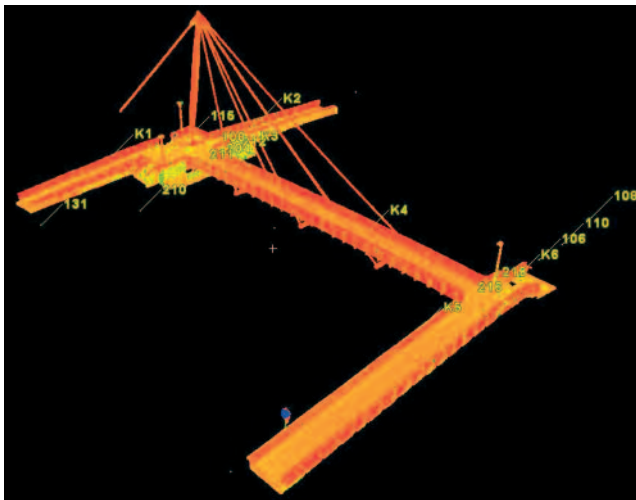


Abb. 15: Mit terrestrischem Laserscann erzeugte Punktwolke der Fußgängerbrücke

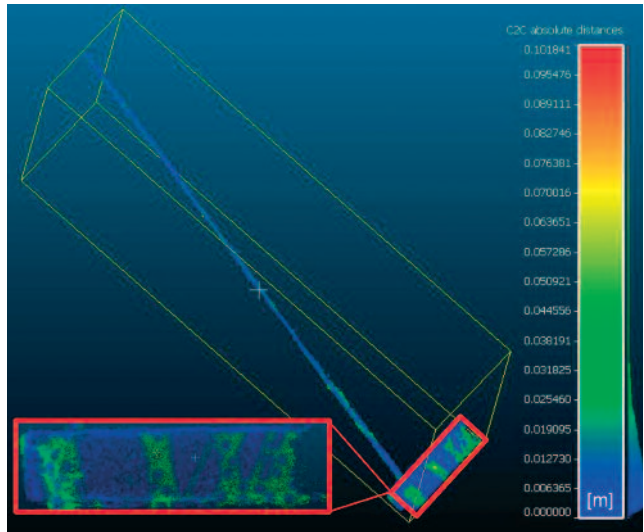


Abb. 17: Vergleich der Punktwolken (Photogrammetrie und Laserscan) eines Querriegels der Fußgängerbrücke in Kolbermoor

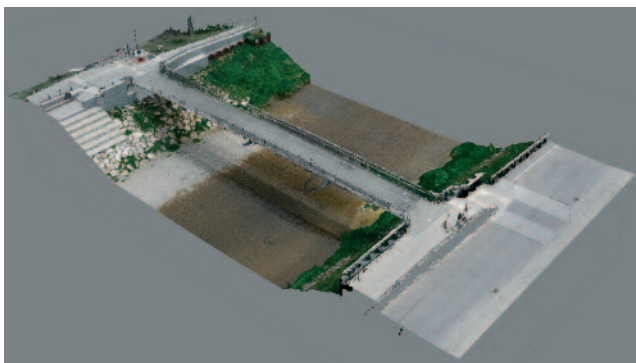


Abb. 16: Mit Photogrammetrie erzeugte Punktwolke der Fußgängerbrücke (siehe Abb. 14), (Aufnahmen mit der Drohne Falcon 8)

Die Punktwolke, die mit den Daten des Laserscanners erstellt wurde, ist in **Abb. 15** dargestellt. Vergleichend stellt **Abb. 16** die Punktwolke dar, die mit der Photogrammetrie berechnet worden ist. Beim Vergleich der beiden Punktwolken der Fußgängerbrücke können ähnliche Schlussfolgerungen wie für die Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr München gezogen werden. Während die mittels terrestrischem Laserscanning erzeugte Punktwolke eine starke Regelmäßigkeit aufweist und unabhängig von der Oberflächentextur ist, ist die Punktwolke, die mittels Photogrammetrie gewonnen wurde, in ihrer Verteilung zufälliger. Die Hintergründe dieses Sachverhalts wurden bei der Beschreibung der Untersuchungen an der Versuchsbrücke der Bundeswehr-Universität in München oben eingehend dargestellt und erläutert.



Abb. 18: Kopfpunkt des Pylons der Fußgängerbrücke (siehe Abb. 14): links die Punktwolke (Photogrammetrie, Drohne), rechts die Realität



Abb. 19: Verankerungspunkt für die Seilabspannung der Fußgängerbrücke (Abb. 14): links die Punktwolke mit Photogrammetrie und Handkamera, rechts die Realität

Da die Drohne eine mobile und standortunabhängige Trägerplattform ist, können mit ihr Fotos aus unterschiedlichen Höhen und Perspektiven aufgenommen und Verschattungen vermieden werden. Das ist im Falle der Fußgängerbrücke von Vorteil. Verschattungen sind deshalb in der Punktwolke nicht vorhanden, weil die Aufnahmen durch die Drohne aus unterschiedlichsten Positionen aufgenommen wurden. Der stationäre und bodengebundene Laserscanner hat hier einen Nachteil. Die Verschattungen schlagen sich in der mit ihm erzeugten Punktwolke nieder.

Der Verdeutlichung des Vorteils einer mobilen Sensorträgerplattform im Vergleich mit bodengebundenen Aufnahmegewerten, dient ein Ausschnitt eines Querriegels der Fußgängerbrücke, an dem die Seile befestigt sind. In Abb. 17 ist der Vergleich der Punktwolken dargestellt. Die absolute Distanz zwischen den Punkten der einzelnen Punktwolken ist farblich gekennzeichnet. Abb. 17 ist auch zu entnehmen, dass der Riegel durch den bodengebundenen Laserscanner nicht vollständig aufgenommen wurde. Dies liegt an Abschattungen durch das Gelände. Sie entstehen, wenn Teilflächen des aufzunehmenden Objektes durch einen näher positionierten Gegenstand, oder eine vorstehende Fläche verdeckt werden, die nicht umgangen werden kann. (Solche Abschattungen sind im Übrigen mit jedem standortlimitierten Aufnahmesystem möglich.) In dem photogrammetrischen Modell wurde das Bauteil vollumfänglich abgebildet, was nur durch die Verwendung der standortunabhängigen Drohne möglich war.

Weiterhin wurden zwei besondere Detailpunkte untersucht. Zum einen wurde der Kopfpunkt des Pylons der Brücke (Abb. 18) und zum anderen der Verankerungspunkt für die Seilabspannung (Abb. 19) aufgenommen. Für die photogrammetrisch erzeugte Punktwolke des

Kopfpunktes des Pylons wurden 257 Bilder bei mehreren Drohnen-Be-flügen aufgenommen. Die photogrammetrisch erzeugte Punktwolke der Verankerung der Seile am Fundament, basiert auf 47 Fotos, die mit einer Handkamera aufgenommen wurden.

Beide Bilder zeigen einen hohen Detailgrad des komplexen Kopfpunktes und der Verankerung der Seilabspannung. Wie in Abb. 18 und auch in Abb. 19 zu erkennen ist, wurden die Details mit Hilfe der durch Photogrammetrie erzeugten Punktwolke vollumfänglich dargestellt. Diese Detailpunkte hätten mit dem Laserscanner nur mit einem großen Mehraufwand in ähnlicher Genauigkeit aufgenommen werden können.

Wie jetzt gezeigt werden konnte, sind die Abweichungen der Punktwolken mittels Photogrammetrie und mittels terrestrischem Laserscanner sehr gering. Dies gilt sowohl für die lokalen Abweichungen untereinander, als auch für die absolute Ausrichtung im Raum. Die Aufnahme mit einer Drohne zeigt Vorteile aufgrund ihrer Standortunabhängigkeit. Verschattungen lassen sich überwiegend vermeiden. Dies führt zu der Möglichkeit der Kombination beider Technologien. Ebenfalls zeigt sich die Drohne vorteilhaft bei der Erfassung von schwer zugänglichen Bauteilen (beispielsweise am Kopfpunkt des Pylons).

2.3.3 Ergebnis der Tests an Brücken

Zusammenfassend lässt sich für die Untersuchungen an den Brücken feststellen, dass sich das terrestrische Laserscanning und die Datenakquisition durch eine Drohne mit anschließender photogrammetrischer Auswertung sehr gut ergänzen. Zur Photogrammetrie lässt sich feststellen, dass die Qualität der Punktwolken von der Textur der Oberflächen abhängig ist. Stark texturierte Oberflächen lassen sich sehr gut darstellen und in Punktwolken übersetzen. Homogene und schwach texturierte Oberflächen und sehr filigrane Bauteile sind schwer zu erfassen. Wo jedoch die Punktdichte ausreichend ist, gibt es sehr gute Übereinstimmungen zwischen photogrammetrisch erzeugten Punktwolken und klassischem terrestrischem Laserscan. Es wird empfohlen, Referenzmarken zu verwenden. Die Verwendung von Drohnen ermöglicht Aufnahmen aus unterschiedlichsten Perspektiven. Wir haben bisher das Laserscanning von einer Drohne aus nicht getestet. Ihre Verwendung hat sich generell als positiv herausgestellt, um weit entfernte oder schwer zugängliche Stellen an Bauwerken aufzunehmen. Für eine Zustandsbeurteilung erfolgen vor allem visuelle Bewertungen von Fotos. Es ist jedoch sinnvoll, Bildanalyseverfahren einzusetzen, mit denen Schäden erkannt und sichtbar gemacht werden können [21], [22]. Das soll im Rahmen der weiteren Bearbeitung des oben genannten Forschungsprojektes untersucht werden. Zusätzlich können aus den Fotos, die von Drohnen aufgenommen wurden, photogrammetrische Punktwolken des Gesamtbauwerkes erzeugt werden. Mit ihnen lassen sich Vorher-Nachher-Vergleiche durchführen. Dabei können beispielsweise Verformungen des Systems oder Veränderungen der geometri-

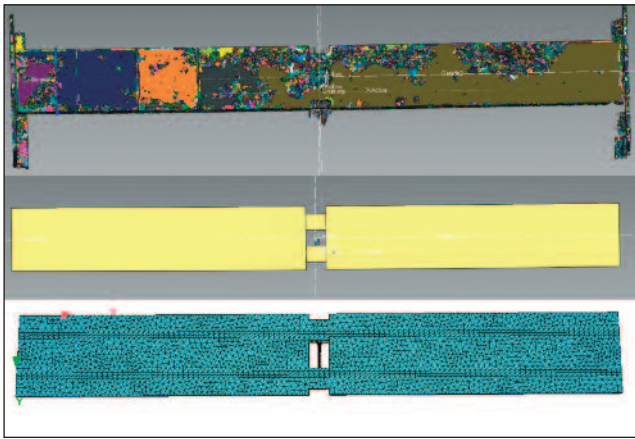


Abb. 20: Überführung der photogrammetrischen Punktwolke der Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr in München (siehe Abb. 9) in ein numerisches Flächenmodell

schen Abmessungen erkannt werden. Darüber hinaus können sie zur Lokalisierung von Anomalien genutzt werden. Dies ermöglicht eine vollumfassende Zustandsbeurteilung.

2.4 Überführung von Punktwolken in dreidimensionale Modelle für die Berechnung und für das BIM

Neben der Bauwerksüberwachung und -dokumentation mit Fotodaten, können berechnete Punktwolken als Grundlage der Erstellung dreidimensionaler Modelle genutzt werden, die wiederum Grundlage einer BIM-Modellierung sind. Diese Modelle können sowohl numerischer (FEM), als auch grafischer Natur (CAD) sein. Mit ihnen lässt sich das gegenwärtige Bauwerksverhalten abbilden und berechnen. Daraus kann auf den Bauwerkszustand geschlossen werden.

Ausgehend von einer Punktwolke ist es möglich, ein ebenes oder gekrümmtes Flächenmodell (Scheiben, Platten, Schalen) oder ein Volumenmodell (Kontinuum) zu generieren. Es gibt mehrere Möglichkeiten, solche Modelle zu erstellen. Sehr praktikabel und einfach, jedoch mit dem größten Aufwand verbunden, ist es, Abmessungen von Querschnitten, Abstände oder Koordinaten von Knotenpunkten (Fachwerk) und markanten Punkten, wie Ecken von flächigen Bauteilen, aus den Punktwolken zu messen. Diese geometrischen Daten können anschließend bei der Erstellung eines Flächen- oder Volumenmodells weiterverwendet werden.

Um eine präzise Geometrie für die Erstellung eines Modells zu erhalten, empfiehlt es sich, die Positionen möglichst vieler Punkte zu verwenden. Zum Beispiel können die umhüllenden Flächen einer Platte

aus der Punktwolke ermittelt werden. Diese umhüllenden Flächen bilden die Basis für ein Volumenmodell. Alternativ hierzu besteht die Möglichkeit, im Falle von Platten, Scheiben oder Schalen, Flächenmodelle zu erstellen, da Flächentragwerke mit Hilfe ihrer Referenzfläche (Mittel- oder Außenfläche) beschrieben werden. Über einen vom Nutzer definierten Schnitt durch das geometrische Objekt lässt sich eine Referenzfläche extrahieren. Diese Herangehensweise wurde bereits unter der Zuhilfenahme einer NURBS-fähigen CAD-Software getestet. Die Fahrbahnplatte der Versuchsbrücke auf dem Gelände der Universität der Bundeswehr in München wurde mit Hilfe der Funktionen der CAD-Software auf Grundlage der Punktwolke in ein Flächenmodell umgewandelt (Abb. 20).

Wie bereits erwähnt, konnte die Versuchsbrücke für die photogrammetrische Auswertung nicht von unten durch eine Drohne aufgenommen werden. Somit ist die Modellierung der Fahrbahn der Brücke als Flächenmodell naheliegend. Wenn mit der Punktwolke ein evidentes Netz erstellt werden kann, dann lässt sich eine geschlossene CAD-Fläche erzeugen. Diese kann unter Berücksichtigung der Querschnittsdaten zu einem CAD-Volumenmodell erweitert werden.

Handelsübliche CAD-Software ist für die Verarbeitung von Punktwolken mit einer großen Anzahl an Punkten nur bedingt geeignet. Die Algorithmen für die Oberflächenannäherung mit NURBS-Flächen sind zwar genau, jedoch sind die Rechenzeiten auf Grund der besonders hohen Anforderungen an die zu erstellenden Modelle sehr lang.

Bessere Lösungen für die Überführung von Punktwolken in dreidimensionale Modelle bietet eine sogenannte Reverse Engineering Software. Mit ihr werden die Oberflächen, die von einer Punktwolke beschrieben werden, mit Hilfe der Mantelflächen von Grundelementen, wie Zylinder und Kugeln, angenähert. In Abb. 20 (oben) ist diese Näherung dargestellt. Jede eingefärbte Fläche entspricht einem Teil der Mantelfläche eines Grundelementes. Die so entstehenden Flächen werden anschließend durch eine NURBS-Fläche approximiert (Abb. 20, Mitte). In einem weiteren Schritt werden die aus den Punktwolken erstellten grafischen Flächen- und Volumenmodelle in eine FE-Software importiert. Hier können diese vernetzt und somit in ein numerisch berechenbares Modell umgewandelt werden.

Die Reverse Engineering Software wurde bereits bei der Überführung von Punktwolken in berechenbare FE-Modelle durch die Professuren für Stahlbau und Ingenieurgeodäsie der Universität der Bundeswehr München im Rahmen eines Industrieprojekts durchgeführt. Das Projekt behandelte die Bestimmung der maximalen Tragfähigkeit von kaltgeformten, dünnwandigen U-Profilen aus Stahl. Zur Erfassung der geometrischen Imperfektionen erfolgte zunächst die Aufnahme der

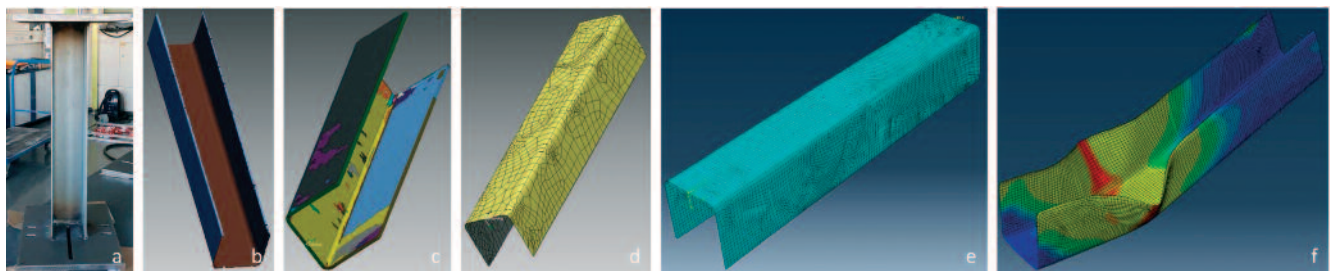


Abb. 21: Überführungsfolge bei der Transformation von Punktwolken in eine FE-Modellierung: a) Reales Testprofil, b) gescannte Punktwolke, dargestellt im STL-Freiecksformat, c) farbliche Hervorhebung erkennbarer Imperfektionen, d) NUBRS-Oberfläche, e) FE-Vernetzung in ABAQUS, f) ABAQUS-Ergebnis

Oberflächen der Probekörper mit einem 3D-Handscanner. Ausgehend von den daraus erzielten Daten der Punktwolke wurden entsprechend der in **Abb. 21** aufgezeigten Prozesskette geometrische Umwandlungen durchgeführt, bis schließlich mittels eines kommerziellen FE-Programms ein FE-Schalenmodell erzeugt werden konnte. Weiterhin wurde durch Zugversuche das elastisch-plastische Materialverhalten des Stahls ermittelt. Somit konnten geometrisch und materiell nichtlineare FE-Berechnungen durchgeführt werden, die die materielle Nichtlinearität und die tatsächlichen Formabweichungen von der Sollgeometrie der untersuchten Probekörper beinhalteten. In **Abb. 21 (f)** ist ein hieraus erzieltes Berechnungsergebnis dargestellt.

Der Grad der Übereinstimmung der numerischen Prognose der Tragfähigkeit mit der experimentell ermittelten Tragfähigkeit kann mit dieser Vorgehensweise deutlich erhöht werden. Gerade für die Untersuchung des Tragverhaltens imperfektionsempfindlicher Bauteile und Konstruktionen birgt die Erfassung und Berücksichtigung der Realgeometrie im numerischen Modell ein großes Potential. Aufgrund der sich stetig verbessernden Scan-Technologie sowie ihrer computergestützten Bearbeitung innerhalb akzeptabler Rechenzeiten, besteht die Möglichkeit, den tatsächlichen Einfluss vorhandener Imperfektionen detailliert nachzuvollziehen, beispielsweise auf das Stabilitätsverhalten von Bauteilen. Diese neuen wirklichkeitsnahen Analysemethoden sind für die Zustandsermittlung von Tragwerken von entscheidender Bedeutung.

3 Bauwerksmonitoring – Schwingungsmessungen mit Hilfe von Smartphones

3.1 Stand der Forschung

Zum Bauwerksmonitoring gehören Verformungs- und Schwingungsmessungen. Aus letzteren werden die Eigenfrequenzen und deren zugehörige Eigenmoden bestimmt. Sie beschreiben das strukturtypische Schwingverhalten einer Konstruktion. Die Antwortschwingungen eines angeregten Bauwerks sind durch dessen Eigenfrequenzen und durch die dazu gehörigen Eigenmoden charakterisiert. Wird ein Tragwerk in einer seiner Eigenfrequenzen angeregt, dann führt das zu Resonanzerscheinungen. Dabei entstehen extrem große Schwingungsamplituden. Die Eigenfrequenzen sind primär abhängig von der Steifigkeitsverteilung und von der Masseverteilung des Tragwerks. Eine Änderung der Steifigkeitskenngrößen einer Struktur, die zum Beispiel auf eine Schädigung zurückzuführen ist, kann durch eine Verschiebung der Eigenfrequenzen erkannt werden [32]. Da die Eigenfrequenzen nicht nur rechnerisch, sondern auch mit Hilfe von Schwingungsmessungen am Bauwerk ermittelt werden können, ist es folglich auch möglich, entstandene Strukturänderungen durch eine Auswertung von Schwingungsmessungen zu erkennen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Eigenfrequenzen ein Fingerabdruck des ganzen Tragwerks sind. Daher können mit dieser Methode nur Schäden mit signifikantem Einfluss auf das globale Tragverhalten erkannt werden.

In [33] wurden zwei verschiedene Ansätze der Schadensdetektion an Stahlbetontragwerken untersucht. Erstens eine Updatetechnik, die mit wenigen Beschleunigungssensoren durchgeführt werden kann, und zweitens eine direkte Steifigkeitsberechnung, bei der experimentell gemessene Eigenmoden berücksichtigt werden. Die Updatetechnik ist stark von Umwelteinflüssen und den statisch-konstruktiven Randbedingungen abhängig und deshalb fehleranfällig. Die direkte Steifigkeitsberechnung benötigt zwar kein numerisches Modell, aber ein sehr dichtes Sensornetz. Die praktische Anwendung der direkten Steifigkeitsberechnung scheidet derzeit an den Kosten des dichten Sensor-

netzes. Klassische Sensoren für die Schwingungsmessung sind meistens zu teuer, um ein dichtes Sensornetz mit diesen Sensoren zu erstellen. Weitere Arbeiten über die Auswertung von Schwingungen in Bezug auf die Schadensdetektion und die Systemidentifizierung sind beispielsweise in [34] und [35] zu finden.

Um die Antwortschwingung eines Bauwerks zu messen, kommen im Allgemeinen hochsensible Akzelerometer (Beschleunigungssensoren) oder Geophone (Beschleunigungs- oder Geschwindigkeitssensoren) zum Einsatz. Da in heutigen Smartphones Beschleunigungssensoren verbaut sind, wollten wir untersuchen, ob Smartphones für die Messung von Brückenschwingungen verwendet werden können. Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit die Genauigkeit und die Sensitivität von Beschleunigungs- und Geschwindigkeitssensoren einen Einfluss auf die Schwingungsmessungen von Brücken haben. Die Beschleunigungssensoren, die in Smartphones und Tablets (im Folgenden als mobile Geräte bezeichnet) verbaut werden, sind wesentlich günstiger als bisherige Sensoren für die Schwingungsmessung. Darüber hinaus bieten mobile Geräte den Vorteil, dass eine Recheneinheit eingebaut ist und bereits eine Softwareschnittstelle mit dem Betriebssystem (in den hier beschriebenen Versuchen Android) vom Hersteller vorgesehen ist. Im Zuge der Recherchen fanden wir eine Publikation [36], in der beschrieben wird, wie ein Sensornetzwerk durch Smartphones aufgebaut wurde, um Erdbeben in bis zu 30 Kilometer Entfernung erfolgreich zu detektieren. Ein solcher Ansatz erscheint auch für die Nutzung von mobilen Geräten für die Messung von Brückenschwingungen vielversprechend zu sein.

3.2 Anwendungstauglichkeit von Smartphones für das Bauwerksmonitoring

Um die Anwendungstauglichkeit von Smartphones für das Bauwerksmonitoring zu untersuchen, wurden verschiedene Experimente durchgeführt, die im Folgenden erläutert werden.

Zunächst wurden unter Laborbedingungen verschiedene mobile Geräte (Smartphones und Tablets) und ein klassisches Schwingungsmesssystem an einem Einfeldträger verglichen. Im Anschluss daran wurden Experimente an realen Brücken durchgeführt. An der Versuchsbrücke auf dem Gelände der Universität der Bundeswehr München (**Abb. 9**) wurden an verschiedenen Versuchsaufbauten Schwingungen gemessen. Dabei sollte der Einfluss von Systemänderungen untersucht werden. Um die Anwendung der Schwingungsmessung mit Smartphones an einer Brücke unter Straßenverkehr zu testen, wurde eine Brücke ausgewählt, die den Fluss Lesum in Bremen überquert. Neben der Anwendungstauglichkeit wurden die Anwendungsgrenzen von mobilen Geräten und Probleme bei der Durchführung der Messung bewertet und dokumentiert. Alle Experimente wurden in Zusammenarbeit mit der Hochschule Mittweida durchgeführt, die maßgeblich an der Entwicklung und Untersuchung der hier beschriebenen Methodik beteiligt ist. Diese Untersuchung ist ein Teil der Forschungsarbeiten des deutsch-indischen BMBF-Forschungsvorhabens FloodEvac, in dessen Rahmen – unter Leitung der Universität der Bundeswehr München – der Einfluss von Hochwasser auf Infrastrukturen des Transports (also auf Straßen, Brücken, Tunnel und Dämme) untersucht und ein System für die Optimierung von Evakuierungsrouten und für zivile Sicherheitsplanungen entwickelt werden soll.

3.2.1 Sensorik

Die in mobilen Geräten verbauten Messsensoren (Akzelerometer) messen die Beschleunigung in einem orthogonalen, dreidimensionalen Koordinatensystem. Für Smartphones wird die maximale Abstra-

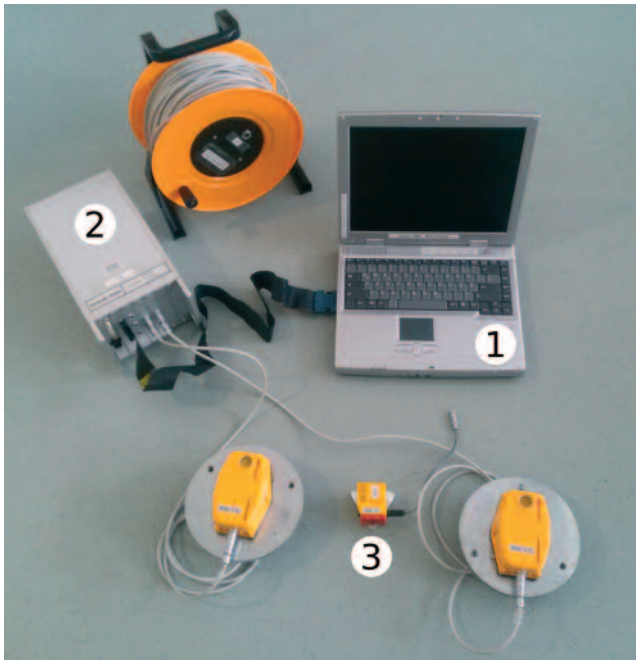


Abb. 22: Klassisches System für Schwingungsmessungen (SMS): 1: Computer, 2: Analog-Digital-Wandler, 3: Messsensoren (Geophone)

te der Beschleunigungssensoren zu 100 Hertz angegeben, bei Tablets liegt die Abtastrate bei 200 Hertz. Die Sensitivität der Sensoren ist jedoch bei Tablets geringer als bei Smartphones. Die Smartphones und Tablets können als Messsystem in einem Gerät gesehen werden, da sowohl die Akzelerometer als auch die aufzeichnende und verarbeitende Recheneinheit in einem Gerät verbaut sind.

Bei klassischen Schwingungsmesssystemen (SMS) werden ebenfalls Akzelerometer als Sensoren verwendet. Es kommen jedoch auch Geophone zum Einsatz, die die Geschwindigkeit messen. Das im Rahmen dieser Arbeit verwendete klassische Schwingungsmesssystem (Abb. 22) besitzt Messsensoren (Geophone), die eine Abtastfrequenz von circa 2048 Hertz aufweisen und die die Geschwindigkeit messen. In Abb. 22 sind außerdem die Geophone dargestellt (3). Die beiden äußeren Messsensoren sind dreikanalige Geophone, die die Geschwindigkeit in drei Achsrichtungen messen (zweimal horizontal, ein-



Abb. 23: Laborversuch am Einfeldträger

mal vertikal). In der Mitte von Abb. 22 ist ein einkanaliges Geophon (3) zu sehen, das in einer Achsrichtung aufzeichnet. Neben den Messsensoren besteht das klassische SMS aus einem Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) und einer Recheneinheit (Computer). Der Computer zeichnet das analog gemessene Signal in digitaler Form auf.

3.2.2 Laborversuche am Einfeldträger

Bei den Laborversuchen an einem Einfeldträger (EFT) wurden verschiedene Smartphones, Tablets und ein vertikal messendes, einkanaliges Geophon eingesetzt und deren Ergebnisse miteinander verglichen (Abb. 23).

Der Einfeldträger war ein Flachstahl mit den Querschnittsabmessungen von 60 Millimeter Breite und 10 Millimeter Höhe. Die Feldlänge betrug 2,54 Meter. Es wurde in zwei verschiedenen Konfigurationen gemessen. Die beiden Konfigurationen unterscheiden sich durch die Messstellen. Zum einen wurden die Messsensoren in Feldmitte angebracht, zum anderen in den Drittelpunkten. Somit konnten symmetrische und antisymmetrische Eigenmoden erfasst werden. Der Einfeldträger wurde durch eine Vorauslenkung aus der Ruhelage angeregt. In Abb. 24 sind die aufgezeichneten Antwortsignale der Messung in Feldmitte eines Tablets (Nexus 7) und des Geophons dargestellt.

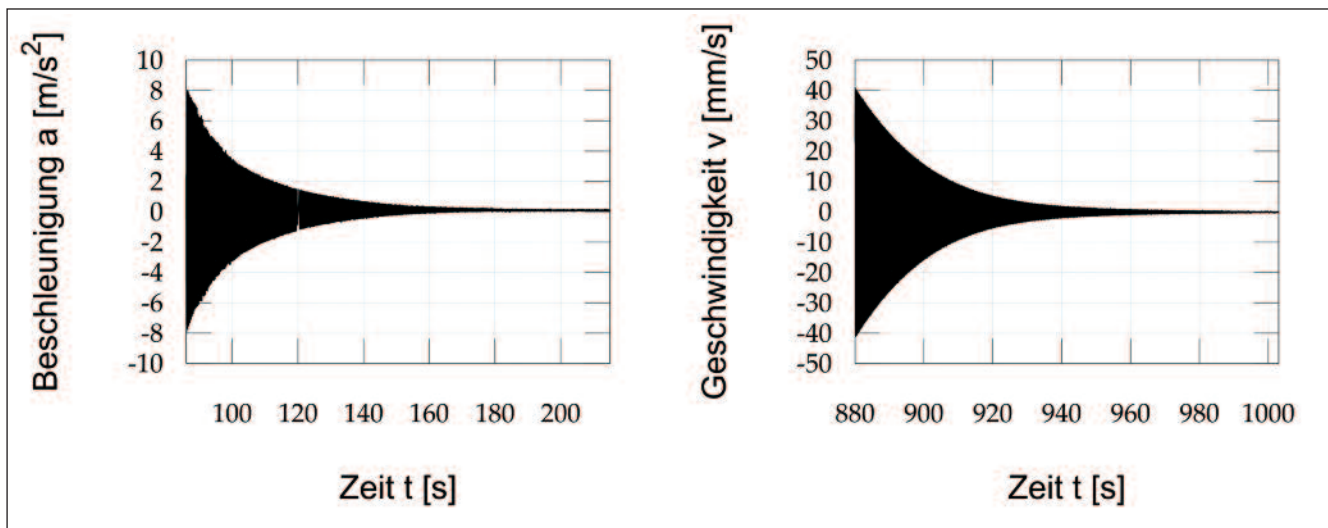


Abb. 24: Aufgezeichnete Antwortsignale des Tablets Nexus 7 (links) und des SMS (rechts); Ort der Messung: Feldmitte

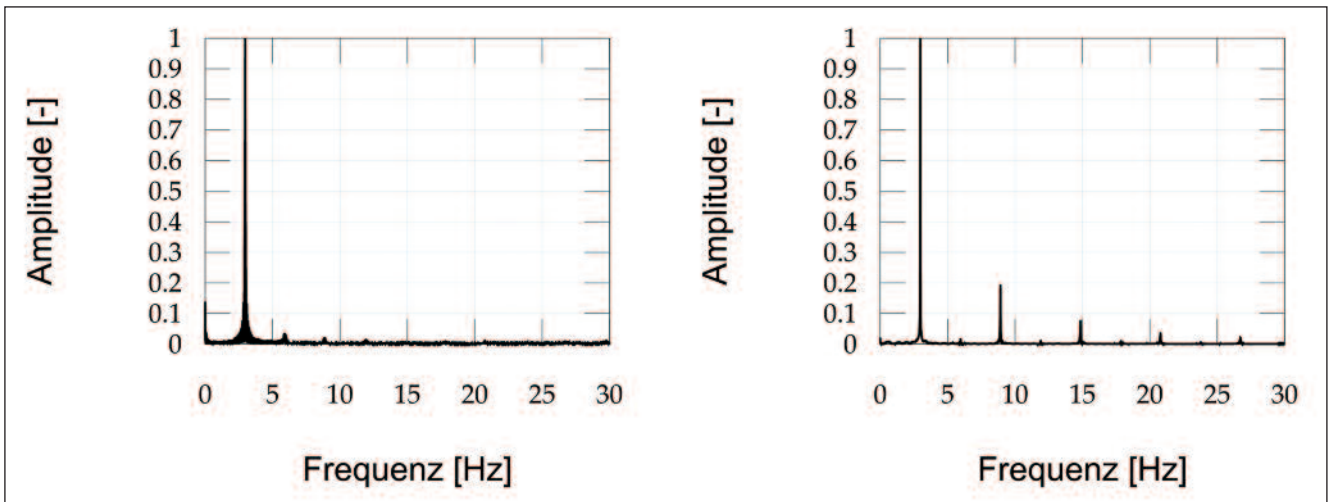


Abb. 25: Auswertung der Schwingungsmessung am Einfeldträger: Frequenzspektrum des Tablets Nexus 7 (links) und des klassischen Schwingungsmesssystem SMS (rechts); Ort der Messung: Feldmitte

Mit Hilfe einer Auswertung durch eine Fast-Fourier-Transformation (FFT) wurden die vorherrschenden Frequenzen für jedes Anregungs-Ausschwing-Intervall der Messungen bestimmt. Diese Frequenzen sind die Eigenfrequenzen des Systems. Die aufgezeichneten Signale sowohl der mobilen Geräte als auch des klassischen SMS wurden einer FFT unterzogen und damit aus dem Zeitspektrum in das Frequenzspektrum überführt. Vergleicht man die Frequenzspektren des Tablets (Nexus 7) und des SMS (Abb. 25), dann wird ersichtlich, dass die mittels Smartphone und klassischem Schwingungsmesssystem SMS ermittelten Eigenfrequenzen eine gute Übereinstimmung zeigen. Aus den Aufzeichnungen des Tablets (Nexus 7) wurde eine Eigenfrequenz von 2,967 Hertz bestimmt. Das klassische Schwingungsmesssystem ergab eine Eigenfrequenz von 2,978 Hertz. Während die ermittelten Eigenfrequenzen mit einer Abweichung von 0,011 Hertz nahezu gleich sind, ist in Abb. 25 auch deutlich zu erkennen, dass die Amplitudenanteile der höheren Frequenzen beim Tablet (Nexus 7) wesentlich geringer sind als beim klassischen Schwingungsmesssystem. Dieser Unterschied der Frequenzspektren ist auf zwei Gegebenheiten zurückzuführen: Einerseits besitzen die mobilen Geräte, wie bereits oben in Kapitel 3.2.1 beschrieben, eine wesentlich geringere Abtast-rate als das klassische Schwingungsmesssystem, und andererseits ist die Sensitivität der Sensoren des klassischen Messsystems höher als die der mobilen Geräte.

Im Messaufbau (Abb. 23) dieses Laborversuches spielten die Massen der Halterungen und Messsensoren eine große Rolle bezüglich der Eigenfrequenz des EFT, weil die Masse des EFT vergleichsweise gering

war. Aus diesem Grund wurden die mobilen Geräte und das Geophon des klassischen SMS sowie die Halterungen gewogen, auf denen alle Messsensoren montiert waren. Zusammen mit der Masse des Flachstahls wurde die genaue Masse des EFT ermittelt. Die Steifigkeit des Einfeldträgers wurde rechnerisch bestimmt. Beide Werte (Steifigkeit und Masse) werden für den repräsentativen Einmasseschwinger zur Berechnung der ersten Eigenfrequenz benötigt (nach [37]). Mit Hilfe des Einmasseschwingers wurde die erste Eigenfrequenz des EFT zu 2,949 Hertz berechnet. Vergleicht man die Werte aus den Messungen mit dem berechneten Wert, zeigt sich quasi eine Übereinstimmung, bei einer maximalen Abweichung von einem Prozent. (Weitere Ergebnisse und eine genauere Darstellung sind Bestandteil einer noch nicht veröffentlichten Arbeit.)

3.2.3 Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr München
An der Versuchsbrücke auf dem Gelände der Universität der Bundeswehr wurden Versuche durchgeführt, um den Einfluss von Systemänderungen auf Eigenfrequenzen und die Möglichkeit zu deren Ermittlung durch Messungen mit mobilen Geräten zu untersuchen. Wie bereits weiter oben beschrieben, handelt es sich bei der Versuchsbrücke um eine 29,90 Meter lange Verbund-Plattenbalkenbrücke mit zwei Stahlhauptträgern (HEB1000). Die Fahrbahn besteht aus vier Meter breiten und 0,20 Meter hohen Stahlbetonplatten (Abb. 9).

Die Schwingungsmessungen wurden für verschiedene Versuchskonfigurationen durchgeführt. Das statische System der einfeldrigen Brücke wurde zunächst durch das Einsetzen von Stützen modifiziert.

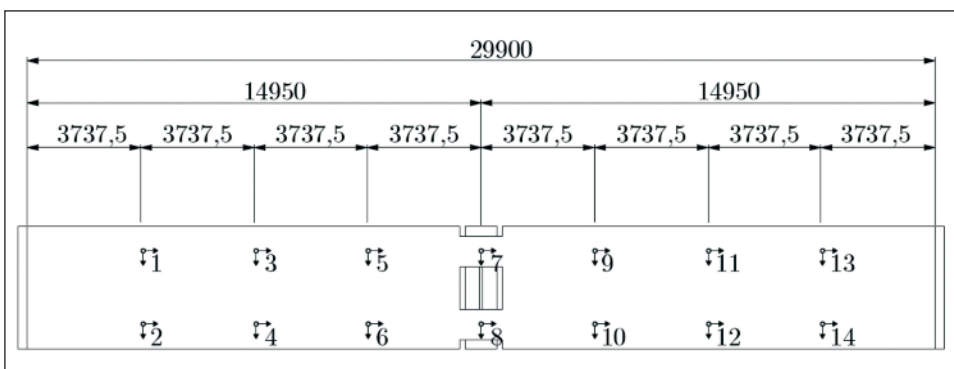


Abb. 26: Versuchsübersicht der Schwingungsmessungen an der Versuchsbrücke der Universität der Bundeswehr München (siehe auch Abb. 9)

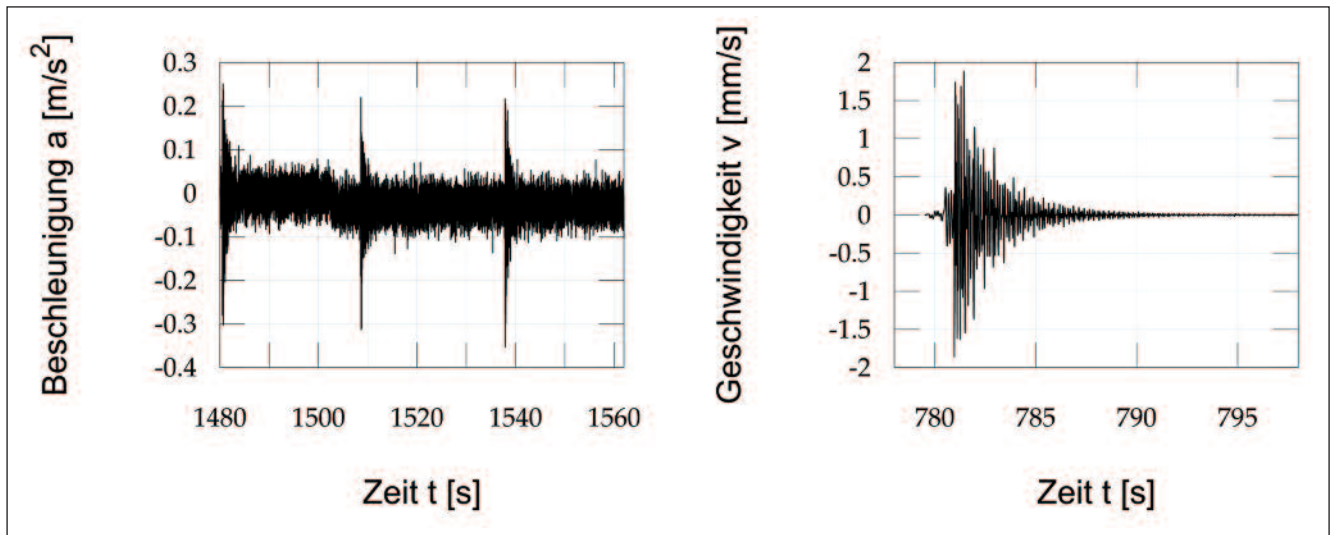


Abb. 27: Konfiguration 1, Messpunkt 6: Antwortsignale des Smartphones Nexus 7 (links: Anregung dreimal springen) und des SMS (rechts: Anregung einmal springen)

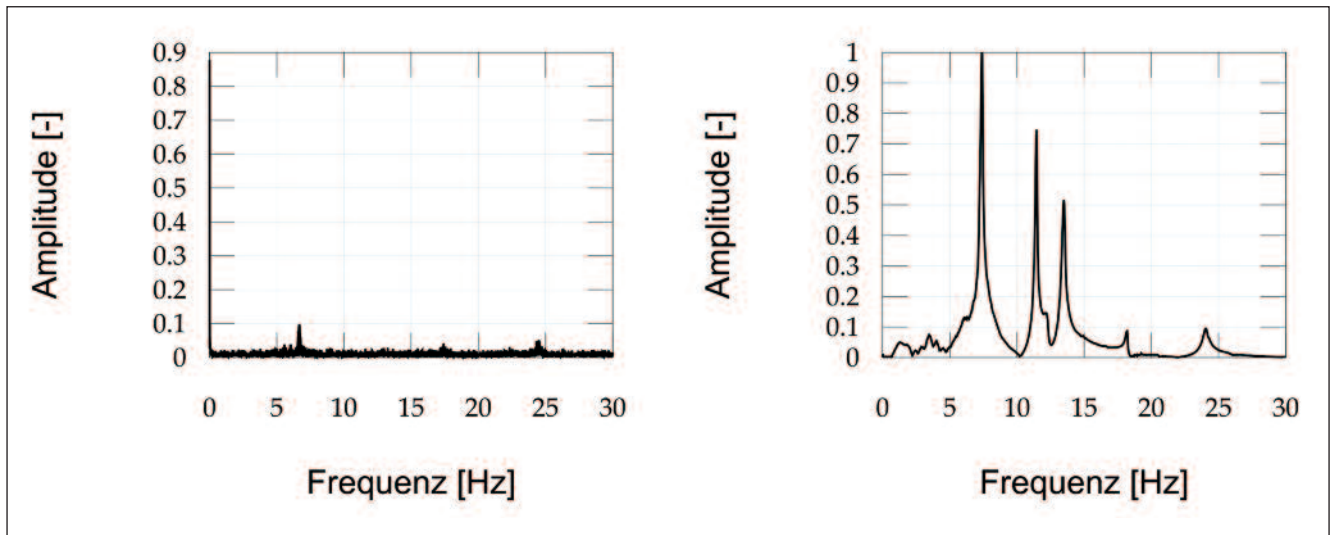


Abb. 28: Konfiguration 1, Messpunkt 6, Auswertung der Schwingungsmessung an der Versuchsbrücke: Frequenzspektrum des Nexus 7 (links) und des SMS (rechts)

Durch die Auflagerung der Stahlhauptträger in den Punkten 3, 4, 7, 8, 11 und 12 (Abb.26) wurde eine vierfeldrige Brücke erzeugt. Das entstandene statische System wurde als Ausgangssystem angenommen. Neben dieser Konfiguration 1 wurden weitere Konfigurationen durch das Entfernen von Stützen erzeugt. In der Konfiguration 2 wurde die Stütze an Punkt 4 entfernt. In Konfiguration 3 wurde zusätzlich die Stütze an Punkt 7 entfernt. Zuletzt wurden die Schwingungen der Brücke in Konfiguration 4 gemessen, bei der die Stützen an den Punkten 4, 7 und 12 entfernt wurden. Bei diesem Versuch wurden für das klassische SMS fünf Geophone eingesetzt. An den Punkten 6 und 9 wurden jeweils dreikanalige Geophone angebracht. An den Punkten 4, 7 und 12 wurden jeweils einkanalige Geophone eingesetzt, wobei an den Punkten 7 und 12 die horizontalen Schwingungen, am Punkt 4 die vertikalen Schwingungen gemessen wurden. Alle elf vorhandenen mobilen Geräte wurden auf der Brücke verteilt (Abb. 26). Dabei handelte es sich um fünf Smartphones und sechs Tablets. Es wurde immer durch eine Person angeregt, wobei die Anregungsarten „gehen“, „laufen“ und „springen“ unterschieden wurden. Jeder Messdurchgang enthielt alle Anregungsarten, wobei „springen“ immer in

der Fahrbahnmitte in jedem Achtelpunkt der Gesamtlänge durchgeführt wurde. Das entspricht einer Anregung in Feldmitte der vier Felder (Konfiguration 1).

In Abb. 27 sind die Antwortsignale des klassischen SMS und des Tablets Asus Nexus 7 gegenübergestellt, die in der Versuchskonfiguration 1 an Punkt 6 in vertikaler Richtung aufgezeichnet wurden. Die Anregung erfolgte in den in Abb. 27 gezeigten Ausschnitten durch „springen“. Die aus den dargestellten Signalen ermittelte vorherrschende Frequenz beträgt für das klassische SMS 7,38 Hertz und für das Tablet 7,10 Hertz. Mit der Software SOFISTiK [38] wurde für die Validierung der Messergebnisse ein FE-Modell der Brücke erstellt. Die erste Eigenfrequenz, die mit dem numerischen Modell für die Konfiguration 1 berechnet wurde, beträgt 7,88 Hertz. Auch hier zeigen die Auswertungen der Messungen untereinander und mit dem FE-Modell ausreichend gute Übereinstimmungen. Die Frequenzen, die mit den Aufzeichnungen der mobilen Geräte ermittelt wurden, beinhalten einen Anteil an Rauschen. Dies lässt sich in der geringeren Ausprägung der Maxima im Frequenzspektrum und dem großen Amplitudenanteil



Abb. 29: Stahl-Bogen-Brücke über den Fluss Lesum in Bremen

der 0-Hertz-Frequenz erkennen (Abb. 28). Mit abnehmender Steifigkeit des Systems verringert sich der Anteil des Rauschens.

Die Frequenzänderungen aufgrund der Systemänderungen in den unterschiedlichen Konfigurationen konnten sowohl mit dem SMS als auch mit den mobilen Geräten aufgenommen werden. Eine signifikante Systemänderung ist folglich auch mit mobilen Geräten wie Smartphones und Tablets messbar.

Bei der Auswertung dieser Versuche konnte ein weiterer Einflussparameter ermittelt werden. Er hängt mit der Funktionsweise der mobilen Android-Geräte zusammen. Die Softwareschnittstelle zu den Sensoren, die abhängig vom Betriebssystem ist, bringt neben dem Vorteil einer Schnittstelle einen Nachteil mit sich. Durch eine softwareseitige Reduzierung der Energiezufuhr bei Smartphones unterliegt die Abtastrate der Sensoren Schwankungen. Das ist bei jedem Smartphone der Fall. Die Schwankung der Abtastrate ist wesentlich stärker als bei klassischen Schwingungsmesssystemen. Bei den vorliegenden Messungen liegt die untere Grenze der Abtastrate bei 90 Hertz. Sofern im Smartphone Prozesse durchgeführt werden, die vom Betriebssystem eine höhere Priorität bekommen (zum Beispiel bei einer Bereinigung des Arbeitsspeichers), werden andere Prozesse, wie die Sensorabtastung, reduziert. Diese Vorgaben werden vom Hersteller des Betriebssystems im Android Compatibility Definition Document (CCD) benannt. Das Dokument sagt jedoch auch, dass mit steigender Android-Version die Anforderungen an die Sensoren steigen. Damit eignen sich neuere Geräte zunehmend für die hier vorliegende Anwendung.

(Eine genaue Darstellung aller Ergebnisse und der Vergleich der Konfigurationen erfolgt ebenfalls in der weiter oben erwähnten, noch nicht veröffentlichten Arbeit.)

Neben den hier beschriebenen Versuchen, die von einer vierfeldrigen Brücke ausgingen (Konfiguration 1), wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt Messungen an der Versuchsbrücke durchgeführt. Dabei wurde die Brücke zunächst in ein zweifeldriges System mit gleichen Stützweiten modifiziert (Unterstützung in den Punkten 7 und 8). Anschließend wurden zwei weitere Konfigurationen gemessen. Konfiguration 2, in der die erste Stütze (Punkt 7) entfernt wurde, und Konfiguration 3, in der die zweite Stütze (Punkt 8) entfernt wurde. Für die Ergebnisse dieser Messungen an der Versuchsbrücke wird auf [39] verwiesen.

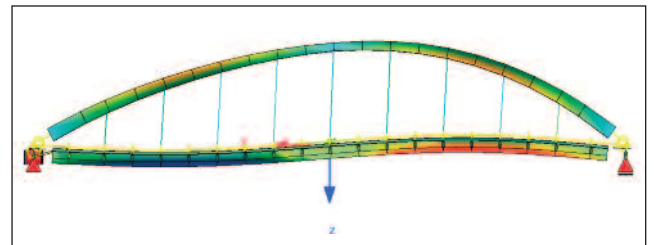


Abb. 30: 3D-FE-Modell der Stahl-Bogen-Brücke über den Fluss Lesum in Bremen, 1. Eigenmode, 2,404 Hertz

3.2.4 Lesum-Brücke Bremen

Die stählerne Bogenbrücke über den Fluss Lesum in Bremen, die im Jahr 2013 erbaut wurde, ist ein weiteres geeignetes Untersuchungsobjekt (Abb. 29). Die Lesumbrücke hat eine abgehängte orthotrope Fahrbahnplatte und überspannt 70,50 Meter. Die orthotrope Fahrbahnplatte weist ein deutlich erfassbares Schwingungsverhalten auf.

Bei der Messung kamen folgende Sensoren zum Einsatz: Zwei dreikanalige Geophone, als Bestandteil des klassischen SMS, und zwei Samsung Galaxy A3 (Smartphones). Sie wurden in den Drittelpunkten der Brücke (23,5 und 47 Meter) neben den Hauptträgern in den Achsen der Bögen platziert. Die Drittelpunkte wurden gewählt, weil an diesen Stellen die erste und die zweite Eigenfrequenz mit möglichst großer Amplitude zu messen sind. Die Anregung fand nur durch den Normalverkehr statt. Diese Art der Anregung wurde bereits mehrfach untersucht [40], [41], [42]. Zur Validierung der Messergebnisse wurde mittels der Bauwerksunterlagen ein detailliertes numerisches dreidimensionales FE-Modell der Brücke erstellt (Abb. 30). Dabei konnte auf die Unterlagen der statischen Berechnung sowie auf die Ausführungsplanung der Brücke zurückgegriffen werden. (Hierfür wird dem Amt für Straßen und Verkehr der Stadt Bremen gedankt, das die Daten zur Verfügung gestellt hat.) Das FE-Modell entspricht somit der Brücke gemäß Planung, also dem idealen Ausgangszustand (Soll-Zustand).

Die mit Hilfe des FE-Modells berechneten Eigenfrequenzen des Systems wurden zunächst bewertet und anschließend sortiert. Frequenzen, die eine rein lokale Schwingung an einem Bauteil beschreiben, sind für die weitere Untersuchung nicht von Interesse. Die Auswertung

der Messungen beider Messsysteme (SMS und mobile Geräte) ergab auch hier ein erfolgversprechendes Ergebnis. Die berechnete erste Eigenfrequenz des FE-Modells beträgt 2,404 Hertz. Die korrespondierende Eigenmode zeigt ausschließlich vertikale Knotenverschiebungen (vertikale Eigenmode, siehe **Abb. 30**). Die Auswertung mittels FFT des SMS und der Smartphones ergaben 2,429 beziehungsweise 2,467 Hertz. Auch der zweiten Eigenfrequenz wird eine vertikale Eigenmode zugeordnet. Mit 3,276 Hertz (FEM), 3,55 Hertz (SMS) und 3,54 Hertz (Smartphone) zeigen alle Frequenzwerte eine gute Übereinstimmung. Selbst höhere Frequenzen bis zu 20,21 Hertz (FEM: 20,475 Hertz) konnten bei der Anregung durch Normalverkehr aus den Messungen mit den Smartphones ermittelt werden.

Da das FE-Modell auf Basis der Planung entstanden ist, können die berechneten Frequenzen als Referenzwerte für eine ideale Brücke gesehen werden. Wie oben beschrieben wurde, zeigen die Vergleichswerte, die aus den Zeitspektren der Schwingungsmessungen ermittelt wurden, eine gute Übereinstimmung mit den berechneten Werten des FE-Modells. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass das Tragwerk sich aktuell im Soll-Zustand befindet. Diese Ergebnisse wurden in [43] im Detail dargestellt.

3.3 Folgerungen aus den Schwingungsmessungen mit mobilen Geräten

Mit Hilfe dieser und weiterer Vergleichsuntersuchungen konnte die grundsätzliche Eignung der mobilen Geräte für Schwingungsmessungen nachgewiesen werden. Anwendungsgrenzen für mobile Geräte können sich ergeben, wenn die Steifigkeit der Brücken sehr hoch ist. Sofern die Brücke zu steif und die Anregung nicht intensiv genug ist, sind mobile Endgeräte nicht mehr sensitiv genug, um die geringe Schwingung des Tragwerkes aufzuzeichnen. Hier stellt sich die Frage, ob und wie durch eine höhere Anzahl an Sensoren dieser Nachteil ausgeglichen werden kann.

Wesentlich für eine Schadensindikation ist, dass ausreichend viele Basisinformationen über den Referenzzustand der Brücke vorhanden sind. Diese Informationen können aus numerischen Modellen oder vorhergehenden Messungen gewonnen werden. Nur mit belastbaren Referenz- beziehungsweise Vergleichswerten können die Abweichungen zuverlässig erkannt und entsprechend beurteilt werden. Des Weiteren ist bei der Schadensindikation mittels Schwingungsmessung zu bedenken, dass durch Eigenfrequenzen nur integrale Informationen zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zu differentiellen Informationen, reagieren integrale Informationen wenig sensibel auf lokal begrenzte Systemänderungen, sofern sich diese nicht am Haupttragssystem befinden. Die Wahl und der Aufbau von Monitoring-Systemen sind darauf mit großer Sorgfalt abzustimmen.

In der laufenden Forschungsarbeit sollen mit Hilfe von Sensornetzwerken neben Eigenfrequenzen auch Eigenmoden aufgezeichnet werden. Damit könnten Schäden am Haupttragssystem von Brücken identifiziert und lokalisiert werden, die mit klassischen Sensoren nur sehr aufwändig und kostenintensiv durchgeführt werden können.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ist die aktuelle Bauwerksprüfung in Zeiten von Big-Data noch zeitgemäß? Dies ist die zentrale Frage, der in dieser Arbeit nachgegangen wird. Es konnten neue Methoden der Bauwerksprüfung und des Monitorings und der Einsatz von UAV und Smartphones gezeigt werden.

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass diese neuen Werkzeuge und Verfahren ein großes, zukunftsweisendes Potential besitzen. Die heutigen Rechnerleistungen erlauben die Erstellung großer, realitätsnaher photogrammetrischer Modelle, die einen hohen Detailgrad aufweisen, und deren zielgerichtete Umwandlung in numerisch berechenbare Modelle möglich ist. Die visuelle Bauwerksprüfung gemäß DIN 1076 kann mit Hilfe einer instrumentierten Drohne durchgeführt werden. Hierbei ist die Erstellung einer photogrammetrischen Punktwolke möglich. Damit kann eine Zuordnung der auf Fotos dokumentierten Schäden bezüglich des Ortes am Bauwerk erfolgen. Die Punktwolke bildet den Ist-Zustand ab und kann als Referenz für zeitlich versetzte Bauwerksprüfungen dienen. Somit lassen sich Deformationen des Tragwerks feststellen, die zwischen zwei Bauwerksprüfungen entstanden sind. Auf Basis dieser Punktwolken lassen sich realitätsnahe FE-Modelle erstellen, die bei einer Nachrechnung verwendet werden können. Ebenfalls ist es durch die heutige Technologie möglich, Sensornetze aufzubauen, die in sich geschlossen sind. Die Nutzung von Smartphones in der Schwingungsanalyse ist vor allem durch die direkte Verknüpfung von Recheneinheit und Sensor eine praktikable Option. Durch ein Sensornetz, das die Tragstruktur überwacht, lassen sich Bauwerksprüfungen aus besonderem Anlass initiieren, wenn ein festgelegter Grenzwert überschritten wird.

Anhand von Versuchen sind die dargestellten Verfahren und Technologien getestet und die erzielten Ergebnisse erläutert worden. Hierdurch werden Möglichkeiten der Implementierung in die heutige Bauwerksprüfung aufgezeigt. Vor allem die Häufigkeit und die Art der Inspektionen lassen sich unter diesen Aspekten neu evaluieren, und sie führen zu einer größeren Wirtschaftlichkeit.

Die lückenlose und kontinuierliche Erfassung und die Bewertung von Bauwerken werden durch diese Methoden vorangetrieben und erzeugen somit verlässliche Datensätze über den Ist-Zustand. Diese können auf Grund der generierten digitalen Modelle als Referenzwerte für nachfolgende Bauwerksprüfungen verwendet werden. Dadurch lassen sich Änderungen zielgerichteter und frühzeitiger detektieren. Die digitale Erfassung führt zu einer Digitalisierung von Bestandsbauwerken und bietet damit einen Eingang in das Building-Information-Modeling. Die mittels Sensoren und Drohnen erzeugten Daten können über die Lebensdauer eines Bauwerks in diesen digitalen Modellen gesammelt und aktualisiert werden. Somit werden Änderungen im Laufe der Nutzungsdauer konsequent dokumentiert.

Unsere Antwort auf die zu Beginn dieses Abschnitts gestellte Frage lautet somit: „Nein. Das aktuelle Vorgehen der Bauwerksprüfung und Dokumentation ist in den Zeiten von Big-Data nicht mehr zeitgemäß.“

5 Literaturverzeichnis

- [1] F. von Rziha: Die Steinerne Brücke bei Regensburg. Allgemeine Bauzeitung, 1878, S.35-40
- [2] A. Borrmann, O. Fischer, G. Dori u. M. Wild: Intelligente Brücke – Konzept eines modular aufgebauten Brückenmodells und Systemanalyse. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt, Heft B 104, 2014
- [3] M. Schnellenbach-Held, M. Peeters u. F. Miedzinski: Intelligente Brücke – Schädigungsrelevante Einwirkungen und Schädigungspotenziale von Brückenbauwerken aus Beton. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt, Heft B 110, 2015

- [4] F. Sawo, V. Klumpp u. F. Beutler: Intelligente Bauwerke – Anforderungen an die Aufbereitung von Messgrößen und ihrer Darstellungsform. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt, Heft B 114, 2015
- [5] R. Schneider: Intelligente Bauwerke – Prototyp zur Ermittlung der Schadens- und Zustandsentwicklung für Elemente des Brückenmodells. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt, Heft B 117, 2015
- [6] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bauwerksprüfung nach DIN 1076 Bedeutung, Organisation, Kosten. Dokumentation 2013
- [7] DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung. Deutsche Norm, Normenausschuss Bauwesen im DIN, Ausgabe 11/1999
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten (RI-ERH-ING)
- [9] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach Din 1076 (RI-EBW-PRÜF), 25.03.2013
- [10] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse (OSA), Ausgabe 2004
- [11] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken (RI-WI-BRÜ), Ausgabe 2004
- [12] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (RI-ERH-KOR), Ausgabe 2005
- [13] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING), Ausgabe 2008
- [14] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinien für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung (RBA-BRÜ), Ausgabe 1997
- [15] U. Freundt, R. Vogt, S. Böning u. D. Michael: Einsatz von Monitoringsystemen zur Bewertung des Schädigungszustands von Brückenbauwerken. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt, Heft B 106, 2014
- [16] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten. Bundesanzeiger Verlag, 2017
- [17] G. Morgenthal, N. Hallermann u. M. Achtelik: Unbemannte Fluggeräte zur Zustandsermittlung von Bauwerken. Frauenhofer IRB-Verlag, F 2971, 2015
- [18] N. Hallermann, G. Morgenthal u. V. Rodehorst: Vision-based monitoring of heritage monuments – Unmanned Aerial Systems (UAS) for detailed inspection and high-accurate survey of structures. 14th International Conference on Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture, 2015
- [19] G. Morgenthal u. N. Hallermann: Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Based Visual Inspection of Structures. Advances in Structural Engineering, 2014
- [20] N. Hallermann, G. Morgenthal u. V. Rodehorst: Vision-based deformation monitoring of large scale structures using Unmanned Aerial Systems. Proceedings IABSE Symposium Madrid, 2014
- [21] N. Hallermann, G. Morgenthal u. V. Rodehorst: Luftbild-gestützte automatisierte Schadenserkennung an Betonoberflächen. 2. WTA-Kolloquium Betoninstandhaltung, 2015
- [22] V. Haaf: Bildanalyse zur Erkennung und Vermessung von Betonrissen. Bachelorarbeit, Bauhaus-Universität Weimar, 2015
- [23] N. Hallermann, G. Morgenthal, J. Kersten u. V. Rodehorst: Von der Bauwerksbefliegung mit UAS zu hochauflösenden Geometriemodellen. Messen im Bauwesen 2017
- [24] J. Albertz u. M. Wiggenhagen: Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung. Wichmann, Berlin 2009
- [25] ASPRS; <https://www.asprs.org/organization/what-is-asprs.html> (26.Feb.2018)
- [26] M. Garsch, T. Hertle, A. Wehner, J. Pimpi u. N. Gebbeken: Scanning of Existing Structures – an Entry for BIM. Proceedings IABSE Symposium Nantes, 2018
- [27] F. Remondino: State of the art in high density image matching. The Photogrammetric Record. Trento: Bruno Kessler Foundation, 2014
- [28] N. Snavely, S. M. Seitz u. R. Szelinski: Modeling the World from Internet Photo Collections. International journal of computer vision; Springer, 2008
- [29] B. Bussmann: Untersuchung der Möglichkeit der telepräsenten Datenerfassung für die Einstufung von Straßenbrücken für militärische Lasten. Masterarbeit, Universität der Bundeswehr München, 2017
- [30] CloudCompare; <https://cloudcompare.org>
- [31] F. Stahl: Vergleich flächenhafter Messverfahren zur Bestandsdokumentation am Beispiel einer Brücke. Masterarbeit, Universität der Bundeswehr München, 2018
- [32] O.S. Salawu: Detection of structural damage through changes in frequency: a review. Engineering structures 19.9 (1997):718-723
- [33] J. Meack, M. Abdel Wahab u. G. De Roeck: Damage detection in reinforced concrete structures by dynamic system identification. Proceedings of the international seminar on modal analysis 2.1 (1999) 939–946
- [34] D. Zonta: Structural damage detection and localization by using vibrational measurements. Dissertation, Struture, dei Trasporti delle acque, Bologna, Gennaio, 2000
- [35] V. Zabel: Applications of wavelet analysis in system identification. Ph.D. dissertation, Institute for structural mechanics, Bauhaus University Weimar, 2003
- [36] Q. Kong, Y.-Q. Kwony, L. Schreierz, S. Allen, R. Allen u. J. Strauss: Smartphone-based networks for earthquake detection. Innovations for Community Services (I4CS), 2015 15th International Conference on IEEE, 2015
- [37] C. Petersen: Dynamik der Baukonstruktionen. Vieweg, Braunschweig, 2000
- [38] SOFiSTiK AG; <http://www.sofistik.com>
- [39] M. Benndorf, M. Garsch, T. Haenselmann, N. Gebbeken u. I. Videkhina: Mobile bridge integrity assessment. in Sensors. IEEE, 2016.
- [40] C. R. Farrar u. G. H. James III: System identification from ambient vibration measurements on a bridge. Journal of Sound and Vibration, vol. 205, no. 1, pp. 1–18, 1997.
- [41] Y.-B. Yang, C. Lin, J. Yau: Extracting bridge frequencies from the dynamic response of a passing vehicle. Journal of Sound and Vibration, vol. 272, no. 3, pp. 471–493, 2004.
- [42] W.-H. Wu, S.-W. Wang, C.-C. Chen u. G. Lai: Mode identifiability of a cable-stayed bridge under different excitation conditions assessed with an improved algorithm based on stochastic subspace identification. Smart Structures and Systems, vol. 17, no. 3, pp. 363–389, Mar. 2016.
- [43] M. Benndorf, M. Garsch, C. Mueller, T. Fromm, T. Haenselmann, N. Gebbeken, T. Luczynski u. A. Birk: Robotic Bridge Statics Assessment Within Strategic Flood Evacuation Planning Using Low-Cost Sensors. in SSR. IEEE, 2017

Schutzziele, Nachweise und Entwurfsgrundsätze für Industriebauten ohne Brandschutz-Bemessung der Bauteile

Aspekte der Standsicherheit von Tragwerken und neue Möglichkeiten für die Holzbauweise

Mit der geplanten Fortschreibung der Muster-Industriebaurichtlinie von 2014 wird für das sogenannte vereinfachte Nachweisverfahren auch die Verwendung von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen möglich. Damit können – unter bestimmten Randbedingungen und Voraussetzungen – tragende und aussteifende Holzbauteile künftig auch für solche erdgeschossige Industriebauten zugelassen werden, für die keine Anforderungen an einen klassifizierten Feuerwiderstand gestellt werden. Mit solchen „Erleichterungen“ in materiellen Detailanforderungen und Einbindungen ingenieurtechnischer Nachweisführungen nimmt die Verantwortung der Planer und Prüfer in Bezug auf das Erreichen von unveränderten Sicherheitsanforderungen und Sicherheitskriterien aber nicht etwa ab, sondern, im Gegenteil, deutlich zu. Diese Feststellung sieht der Verfasser des folgenden Beitrags insbesondere auch für bauliche Anlagen ohne bauordnungsrechtlich verlangte brandschutztechnische Bemessungen der Bauteile und Tragwerke als gegeben an und verweist zur Begründung auf die Bedeutung ingenieurtechnischer Grundsätze, Verfahren und Methoden. Auch macht er deutlich, dass gerade der Verzicht auf Feuerwiderstandsklassen ausdrücklich nicht bedeuten könne, bei der Planung solcher Gebäude auf die Beachtung brandschutztechnischer Grundsätze und Konstruktionsregeln zu verzichten. Sein Beitrag geht deshalb auf die speziellen Aspekte der Standsicherheit brandschutztechnisch nicht zu bemessener Industriebauten und der Verwendbarkeit brennbarer Baustoffe für diese Industriebauten näher ein.



Dr.-Ing. Jürgen Wiese

studierte Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig und promovierte dort zu einem Thema des Baulichen Brandschutzes. Nach langjähriger Tätigkeit als Referatsleiter für den Vorbeugenden Brandschutz und für Allgemeine Schadenverhütung beim Verband der Sach- und später Schadenversicherer in Köln wechselte er 1997 zur Sachverständigenpartnerschaft Halfkann und Kirchner (Erkelenz), wo er als Wissenschaftlicher Leiter das Sachgebiet Fire-Engineering betreut. Ehrenamtlich engagiert Dr. Wiese sich in zahlreichen Gremien, die sich mit Verfahren des Brandschutz-Ingenieurwesens und des Industrie-Brandschutzes befassen: außerdem wirkt er als Fachreferent für Brandschutzthemen bei diversen Weiterbildungsinstituten und Brandschutzveranstaltungen mit.

1 Einführung

Die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit von Industriebauten (Feuerwiderstand der Bauteile einschließlich der Brennbarkeit der Baustoffe) werden in der *Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau* (Industriebau-Richtlinie – IndBauRL) festgelegt. Es stehen zwei Verfahren zur Verfügung: Zum einen kann unter Berücksichtigung im Wesentlichen der Brandbelastung und der Wärmeabzugsflächen der erforderliche Feuerwiderstand mit Hilfe von Brandlastberechnungen nach DIN 18230 Teil 1 bezogen auf die tatsächliche Nutzung objektspezifisch ermittelt werden. Zum anderen kann die erforderliche Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile für Brandabschnitte im *vereinfachten Verfahren* nach Abschnitt 6 ohne Brandlastberechnungen in Abhängigkeit von der Geschossigkeit, der Brandabschnittsfläche und von der brandschutztechnischen Infrastruktur aus Tabelle 2 dieser Richtlinie unmittelbar abgelesen werden.

Für Industriebauten mit *geringen Brandrisiken für die öffentliche Sicherheit und Ordnung* werden Anforderungen an einen klassifizierten Feuerwiderstand nicht erhoben. Nach Abschnitt 7.6.2* kann in diesen Fällen für erdgeschossige Industriebauten sogar dann auf eine brandschutztechnische Bemessung der Bauteile verzichtet werden, wenn die Brandlastberechnung so hohe Brandeinwirkungen auf die Bauteile nachweist, dass für das beurteilungsrelevante (Vollbrand-)Szenario ein Systemversagen zu erwarten ist, das in diesen Fällen grundsätzlich akzeptiert wird. Gleiches gilt für erdgeschossige Industriebauten, die im Verfahren ohne Brandlastberechnung nach Abschnitt 6, Tab. 2, Spalte 2 ohne Feuerwiderstandsklassen zugelassen werden.

Mit der aktuellen Fassung der Industriebaurichtlinie [1] wurde das tatsächlich akzeptierte Versagensrisiko insofern dadurch weiter konkretisiert, als zunächst für *lokale Brandszenarien* in brandschutztechnisch nicht bemessenen Industriebauten lediglich ein Versagen von Teilsystemen innerhalb des Brandbereichs auftreten darf (Abschnitt 6.3.1 und Abschnitt 7.1, letzter Absatz**):

Industriebauten – insbesondere solche mit Tragwerken ohne klassifizierten Feuerwiderstand – müssen statisch konstruktiv so errichtet

* Die in diesem Beitrag angegebenen Abschnitts-Nummern der Industriebaurichtlinie beziehen sich auf die Muster-Industriebaurichtlinie von 2014 [1]. Im Zuge der zur Zeit der Abfassung dieses Beitrages noch laufenden Fortschreibungen der Richtlinie wurden einige Regelinhalte innerhalb der Richtlinie verschoben, sodass zitierte beziehungsweise angesprochene Festlegungen künftig an anderen Stellen zu finden sein werden. Ähnliches gilt für einige Begriffe und deren Definitionen - beispielsweise für den Begriff des „erdgeschossigen Industriebaus“.

** In diesen beiden Abschnitten der IndBauRL [1] findet sich der zitierte Regelungstext gleichlautend. Künftig soll diese Forderung nur noch einmal – und zwar im Zusammenhang mit den „Allgemeinen Anforderungen“ im Abschnitt 5 – an zentralerer Stelle formuliert werden.

werden, dass bei Versagen von Bauteilen bei lokal begrenzten Bränden nicht ein plötzlicher Einsturz des Haupttragwerkes außerhalb des betroffenen Brandbereichs durch z. B. Bildung einer kinematischen Kette angenommen werden muss.

Damit soll ein angemessener Schutz der Angriffs- und Rückzugswege der Feuerwehr zur Durchführung wirksamer Löscharbeiten im Innenangriff erreicht werden. Zu diesem Zweck ist die Standsicherheit der Gesamtkonstruktion außerhalb des Brandherdes für eine ausreichende Dauer der Brandbekämpfung herzustellen und gegebenenfalls nachzuweisen (Stichwort: kinematische Kette). Dies erfordert eine Berücksichtigung lokaler Brände sowohl bei der Tragwerksplanung als auch gegebenenfalls bei den statischen Nachweisen.

Von diesen lokalen Bränden ist hierbei anzunehmen, dass sie zum Versagen der unmittelbar betroffenen Bauteile führen; diese Brandwirkung wird also nicht weiter hinterfragt oder untersucht. Die anzunehmenden Brandflächen, auf denen diese Wirkung zu erwarten ist, werden bei der Brandschutzplanung festgelegt.

Industriebauten ohne Anforderungen an einen klassifizierten Feuerwiderstand müssen im vereinfachten Verfahren nach Abschnitt 6 aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt werden. Um künftig die Holzbauweise für Industriebauten stärker zu fördern, sollen weitere Anwendungsfälle für Holzkonstruktionen bei brandschutztechnisch nicht bemessenen Industriebauten erschlossen und geregelt werden. Dafür wurden die Arbeiten an der IndBauRL wieder aufgenommen und Möglichkeiten für weitergehende Erleichterungen bei den Anforderungen an die Brennbarkeit der Baustoffe für diese Fälle gesucht und für das Verfahren nach Abschnitt 6 gefunden.

Dieser Beitrag geht auf die speziellen Aspekte der Standsicherheit brandschutztechnisch nicht zu bemessener Industriebauten und der Verwendbarkeit brennbarer Baustoffe für diese Industriebauten näher ein.

2 Standsicherheit im Brandfall von Industriebauten ohne brandschutztechnische Bemessung

2.1 Spezielle Schutzziele und Anforderungen für brandschutztechnisch nicht bemessene Industriebauten

Die Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten zählt zu den wesentlichen bauordnungsrechtlichen Schutzziele, die jede bauliche Anlage in angemessener Weise erfüllen muss. Für Industriegebäude ist damit grundsätzlich zunächst eine Brandbekämpfung im Innenangriff gemeint. Das gilt so auch und insbesondere für solche Industriebauten, die regelkonform mit Tragwerken ohne klassifizierten Feuerwiderstand zugelassen und errichtet werden.

Die Wahrscheinlichkeit eines Versagens dieser Tragwerke hängt stark vom gewählten Nachweisverfahren der IndBauRL ab:

■ Abschnitt 7.6.1; Tab. 6:

Ergibt sich aus den Brandlastberechnungen, dass eine Feuerwiderstandsklasse nicht erforderlich ist, weil t_f kleiner ist als 15 Minuten, dann sind diese Bauteile ausreichend brandschutztechnisch bemessen und ein brandbedingtes Versagen wird nicht angenommen.

■ Abschnitt 6.2, Tab. 2:

Die zu erwartenden Brandeinwirkungen auf die Bauteile werden nicht bestimmt; es liegen keine Kenntnisse über die Wahrscheinlichkeit eines brandbedingten Tragwerksversagens vor.

■ Abschnitt 7.6.2, Tab. 7:

Die zu erwartenden, nachgewiesenen Brandeinwirkungen auf die Bauteile erfordern für die Standsicherheit im Brandfall eine Tragwerksauslegung mit klassifiziertem Feuerwiderstand. Der Verzicht darauf hat zwangsläufig das Tragwerksversagen im beurteilungsrelevanten Vollbrandszenario zur Folge.

Die Industriebaurichtlinie verlangt nun, dass nachweislich die Angriffs- und Rückzugswege der Feuerwehr durch einstürzende Bauteile nicht gefährdet werden sollen. Dabei kann angenommen werden, dass sich die Einsatzkräfte nur bei *noch beherrschbaren, lokal begrenzten Bränden* und auch nicht *innerhalb der Brandherde* aufhalten (sondern an deren Rändern). Dabei ist davon auszugehen, dass Bauteile (auch des Haupttragwerkes) im Bereich des Brandherdes auch während der Brandbekämpfung versagen können.

2.2 Spezielle Brandschutzplanung und Nachweisführung

Aus den Schutzziele *Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten* und *Sicherheit der Einsatzkräfte* ergibt sich die Aufgabe, nachzuweisen, dass als funktionale Anforderungen bei einem möglichen und zulässigen Teileinsturz der baulichen Anlage im Bereich des Brandherdes andere Teile der baulichen Anlage noch nicht einsturzgefährdet sind, so dass bei weiter wachsendem Brandszenario die Einsatzkräfte auf gesicherte Rückzugswege aus der baulichen Anlage vertrauen können. Nachdem sich die Einsatzkräfte aus dem Brandabschnitt zurückgezogen haben, darf auch der Rest des brandschutztechnisch nicht bemessenen Gebäudes versagen.

Hier ist grundsätzlich eine ingenieurtechnische Nachweisführung für eine sehr spezielle Brandschutzplanung vorgesehen. Sie umfasst einerseits die vom Brandschutzplaner festzulegenden lokalen Brände und andererseits die im Rahmen der Bau- und Tragwerksplanung statisch-konstruktiv zu konzipierenden Tragwerke. Für solche Fälle sind die Grundzüge der ingenieurtechnischen Nachweisführung zu beachten, die im Abschnitt 4.3 der Richtlinie behandelt und über deren Anhang 1 näher geregelt sind. Über diesen Anhang 1 der Industriebaurichtlinie wird künftig die DIN 18009 Teil 1 [2] in das Verfahren eingebunden, die die Grundsätze und die Anwendungsregeln für ingenieurtechnische Brandschutznachweise normativ regelt.

Die angestrebte beziehungsweise vorgesehene praktische Lösung dieser Aufgabenstellung sieht ausdrücklich nicht vor, Teile der baulichen Anlage mit einem klassifizierten Feuerwiderstand herzustellen. Durch geeignete Wahl des statischen Gesamtsystems einschließlich der Aussteifungen (Aussteifungsverbände) soll ein plötzliches Gesamtversagen des Industriebaus verhindert werden: Aus einem Teilversagen im Brandnahbereich darf nicht zwangsläufig auch im nicht unmittelbar vom Brand betroffenen Bereich ein für die Einsatzkräfte der Feuerwehr gefährliches Bauteilversagen eintreten.

Die maßgeblichen Brandbereiche ergeben sich aus der Leistungsfähigkeit der örtlichen Feuerwehr in Verbindung mit der Kubatur der baulichen Anlage und den Annahmen bezüglich der vorhandenen Nutzung und Brandlasten. Diese noch *beherrschbaren Brandflächen* werden im Brandschutzkonzept festgelegt. Richtwerte hierfür sind Brandflächen von etwa 400 Quadratmetern (200 bis 600 m²) mit entsprechenden

Wärmeentwicklungen und einer entsprechenden Anzahl von Einsatzkräften innerhalb des Industriebaus.

Die Tragwerksplanungen und statischen Überlegungen verlangen eine detaillierte Kenntnis von dem vorgesehenen statischen System und eine belastbare Beurteilung des Gesamtverhaltens bei einem Totalausfall der Konstruktion in Teilbereichen der baulichen Anlage: Verlangt wird eine Ausfall/Folgen-Abschätzung – jedoch nicht zwingend spezielle statische Berechnungen!

Diese Nachweise unterscheiden sich grundsätzlich von einer Nachweisführung der Standsicherheit von Bauteilen bei lokal begrenzten Brandszenarien, die die Standsicherheit dieser unmittelbar von Brandeinwirkungen betroffenen Bauteile im Brandfall bezwecken. Die IndBauRL verlangt dagegen den Nachweis der Standsicherheit der nicht unmittelbar vom Brand betroffenen – kalten – Bauteile und erwartet insofern eine *statisch robuste Bauweise*. Dabei ist unter anderem auch das Zusammenwirken des Gebäudetragwerkes mit Bauteilen zu beachten, die bauordnungsrechtlich nicht als Teile des Gebäudes, sondern als Teile von Betriebseinrichtungen beziehungsweise als deren technologische Hilfskonstruktionen (Einrichtungen) bewertet werden.

Ziel ist die Beachtung der beschriebenen Schutzziele gleich bei der Planung und Festlegung der statischen Systeme sowie bei der konstruktiven Durchplanung der Tragwerke unter Berücksichtigung ihres Trag- und Verformungsverhaltens im Brandfall, sodass für nicht brandschutztechnisch bemessene Konstruktionen die erforderlichen Standsicherheitsbescheinigungen für die oben genannten Schutzziele und funktionalen Anforderungen ohne großen Mehraufwand vom Statiker als Teil der Bauvorlagen ausgestellt werden können.

Die schutzzielgerechte Planung brandschutztechnisch nicht bemessener Industriebauten setzt profunde Kenntnisse über das Verhalten von Gesamt-Konstruktionen im Brandfall voraus und ist keinesfalls zu vernachlässigen.

2.3 Denkbare Konsequenzen für die Prüfungingenieure für Brandschutz und für die Standsicherheit

Wenn sachverständig die oben beschriebene Ausfall/Folgen-Abschätzung vorgenommen und in den Bauvorlagen dokumentiert worden ist, kann gegebenenfalls zusätzlich ein Prüfsachverständiger mit der Überprüfung dieser Abschätzung eingeschaltet werden, wobei die Zuständigkeiten zwischen den Prüfungingenieuren für den Brandschutz und jenen für die Standsicherheit festzulegen wären (siehe hierzu auch *DER PRÜFINGENIEUR*, Mai 2018, Seiten 22 bis 41, *die Red.*). Dafür können folgende Hinweise nützlich sein:

- Die Prüfung der Festlegungen der funktionalen Anforderungen und der erforderlichen lokalen Brandszenarien mit den begrenzten Brandflächen hinsichtlich Größe und Verortung fällt in den Zuständigkeitsbereich des Prüfungingenieurs für Brandschutz.

- Die Prüfung des Umfangs und der unmittelbaren Folgen eines lokalen Tragwerksversagens sind vom Prüfungingenieur für die Standsicherheit zu erledigen.

Die Folgen eines zunächst lokalen Tragwerksversagens hängen primär von der statischen Bedeutung der versagenden Bauteile im statischen Gesamtsystem ab. Darüber hinaus können mittelbar durch Verformungen oder Zwängungen und dergleichen weitere beachtenswerte Fol-

gen entstehen, die auch nur ein Sachverständiger bewerten kann, der sich gründlich und fachkundig mit dem statischen Zusammenwirken der jeweiligen Bauteile befasst und sich damit auch auskennt.

In diesem Zusammenhang sei beispielsweise auf Ausführungen im letzten Absatz des Vorworts der DIN 18230-1 [3] hingewiesen: *Die Norm enthält keine Anforderungen an ... Gesamtkonstruktionen ...*, die die besondere Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung des statischen Gesamtsystems andeuten. Ähnliche Hinweise auf die Berücksichtigung des Zusammenwirkens von Einzelbauteilen enthält auch Abschnitt 1 der DIN 4102-4 [4], wo auf den Zusammenhang zwischen der Klassifizierung von Einzelbauteilen mit der Feuerwiderstandsfähigkeit der Gesamtkonstruktion eingegangen wird.

Für die Beurteilung der Folgen lokaler Brände in brandschutztechnisch nicht bemessenen Industriebauten sehen wir die Aufteilung der Nachweisführung und Prüfung folgendermaßen:

- Vonseiten des Brandschutzes werden der Brand oder das relevante Brandszenario entwickelt und festgelegt. Hier ist davon auszugehen, dass die Tragfähigkeitsgrenzen der unmittelbar betroffenen Bauteile überschritten werden und dass diese Bauteile dann auch versagen.

- Vonseiten der Statik ist dann abzuschätzen, was in der Folge dieses Bauteilausfalls mit den anderen Bauteilen passiert. Durch geeignete Bauweisen (statische Systeme, in der Regel Aussteifungen) ist ein weiteres Kollabieren außerhalb des Brandbereichs zu verhindern für einen Zeitraum, den die Feuerwehr für ihren Rückzug aus dem Gebäude benötigt (siehe Festlegungen zur Musterbauordnung der Länder (MBO), Paragraph 14, Schutzziele, in [5]), wenn die festgelegten beherrschbaren Brandflächen erreicht beziehungsweise überschritten werden: *Das Bauordnungsrecht lässt nur einen zeitlich eingeschränkten Feuerwehreinsatz innerhalb einer baulichen Anlage zu, der durch die vorgegebene Standsicherheit der Anlage im Brandfall bestimmt wird.*

Dabei können sich gegebenenfalls für Hallen mit großen Stützenabständen beziehungsweise Spannweiten Folgen herausstellen, die mit dem brandschutztechnischen Planungsziel ohne brandschutztechnische Bemessung der Bauteile nicht ohne weiteres vereinbar sind.

Dazu ein Beispiel: Eine Halle mit einer Fläche von $A = 2.700$ Quadratmetern und 90 Metern Länge beziehungsweise 30 Metern Breite soll mit Stützenabständen von 30 und 15 Metern ohne brandschutztechnische Bemessung der Bauteile konzipiert werden. Bei einem lokalen Brand an einer Innenstütze wäre mit einem Tragwerksversagen mindestens in vier Achsfeldern auf einer primären Schadenfläche von 60 mal 30 also 1.800 Quadratmetern zu rechnen. Ob infolgedessen bei gleichem Brandszenario auch weitere Achsfelder zwangsläufig versagen, wäre zu beurteilen (**Abb. 1**).

Als denkbare Konsequenz käme unter Umständen eine Verkleinerung des Stützenrasters infrage, wenn nur unmittelbare Versagensflächen von 400 bis 600 Quadratmetern in der Brandschutzplanung vorgesehen sind. Alternativ könnte vielleicht auch die Mittelstütze mit Feuerwiderstand hergestellt werden – oder es können andere intelligente, konstruktive Lösungen auf Basis detaillierter Kenntnis vom anzunehmenden Versagensmechanismus (mit seinem zeitlichen und räumlichen Verlauf) entwickelt werden, die den Eintritt eines sehr schnellen, progressiven Tragwerksversagens als ausreichend unwahrscheinlich nachweisen.

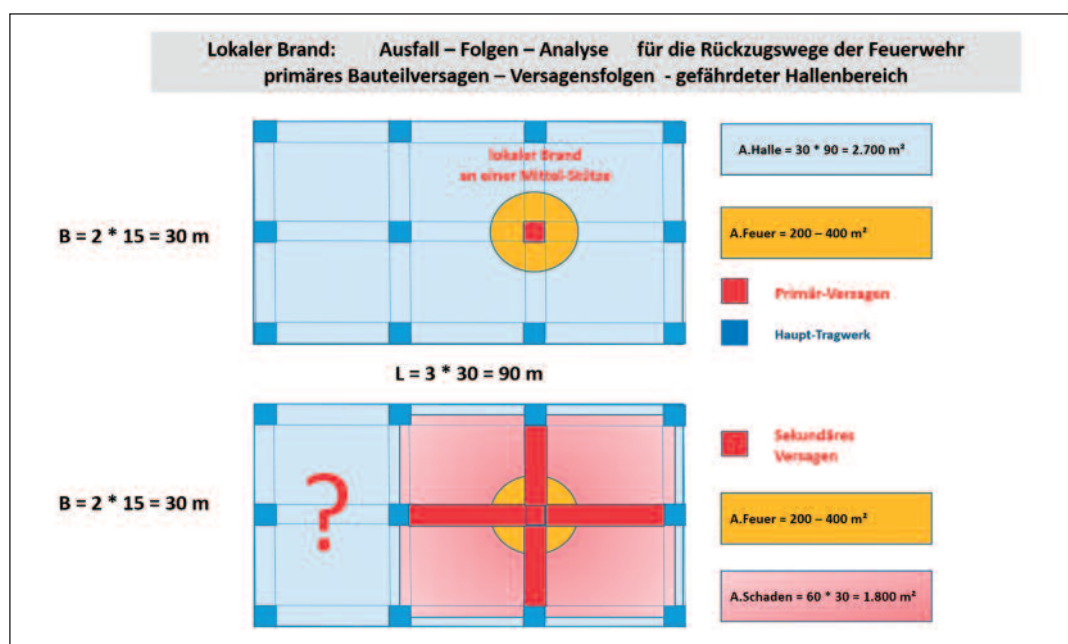


Abb. 1: Beispiel für eine brandschutztechnisch unbemessene, erdgeschossige Industriehalle: lokaler, fortgeschrittener Brand im Bereich einer Innenstütze und potenzieller primärer Versagensbereich

Abschließend sei aber darauf hingewiesen, dass die spezielle Standsicherheitsanforderung der Industriebaurichtlinie kein neues Thema ist und dass in der Vergangenheit zu den geschilderten Versagensszenarien bislang keine besorgniserregenden Schadenberichte vorgestellt worden sind. Die Schutzzielbeschreibung der IndBauRL zielt im Wesentlichen darauf ab, den Feuerwehrkräften die Angst davor zu nehmen, auch – und insbesondere – in baulichen Anlagen ohne brandschutztechnische Bemessung und ohne klassifizierte Feuerwiderstandsfähigkeit einen Innenangriff selbst bei bereits fortentwickelten Bränden zu wagen und sich nicht von vornherein nur auf den Außenangriff zu konzentrieren.

Die Forderung der IndBauRL ist nicht darauf abgestellt, von den Statikern und oder den Prüfstatikern im Nachgang der Gebäudeplanung erhebliche Zusatzleistungen als zusätzliche Bauvorlagen abzufragen. Allerdings sind für brandschutztechnisch nicht bemessene Industriebauten die konstruktive Planung auch für lokale Brände schutzzielbezogen durchzuführen und die Beurteilung des Umfangs beziehungsweise der unmittelbaren Folgen eines lokalen Tragwerksversagens für diese Lastfälle als Standardaufgaben zu leisten. Somit sind sie Teile der üblichen statischen Nachweise, die im Rahmen der Prüfstatik auch zu prüfen sind.

3 Erweiterte Anwendung der Holzbauweise im vereinfachten Verfahren

3.1 Die Nachweisverfahren der Abschnitte 6 und 7

Das Regelsystem für den Brandschutz im Industriebau baut auf ingenieurtechnischen Schutzzielbetrachtungen und Risikobewertungen nach bauordnungsrechtlichen Kriterien auf. In diesem Zusammenhang wurden vorwiegend in den 1970er Jahren auf der Grundlage internationaler, europäischer und deutscher Forschungsarbeiten Möglichkeiten für eine nutzungsspezifische, objektbezogene Auslegung des baulichen Brandschutzes und für die Entwicklung angemessener Sicherheitskonzepte vorangetrieben. Dies mündete letztlich zur ersten Vorstellung und Erläuterung des Konzeptes der DIN 18230 im Jahre 1979 [6].

In den weiteren Jahren wurde das Normenwerk der DIN 18230 schrittweise bis zur heute gültigen Fassung weiterentwickelt und durch die darauf angepasste Industriebaurichtlinie im Hinblick auf die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen als *Allgemein anerkannte Regel der Technik* ergänzt. Das Nachweisverfahren für den Brandschutz im Industriebau stützt sich nach wie vor grundsätzlich auf das Bemessungsverfahren der DIN 18230 ab.

Erst mit der Veröffentlichung der Industriebaurichtlinie in der Fassung von 2000 [7] wurde, ergänzend zum Standardnachweis* auf der Grundlage von Brandlastberechnungen, auch ein *Vereinfachtes Verfahren* ohne Brandlastberechnungen in die IndBauRL eingeführt. Damit sollten für *einfache Fälle* mit *geringen Brandrisiken* zum einen aufwendige Brandlastberechnungen durch entsprechend qualifizierte Sachverständige oder Gutachter vermieden sowie die Behandlung von Bauanträgen bei den Behörden vereinfacht und beschleunigt werden. Ferner sollten für die Nutzer in diesem Rahmen keine Auflagen bezüglich der Begrenzung und Kontrolle von Brandbelastungen gestellt werden müssen.

Da sich die weit überwiegende Zahl der seinerzeitigen Industriebauten als eingeschossige beziehungsweise sogar erdgeschossige Gebäude mit Flächen deutlich unter 10.000 Quadratmetern Brandabschnittsfläche darstellten und die üblichen Geschossbauten auch eher für *kleine Flächen* geplant worden waren, war vorhersehbar und gewünscht, dass von den vereinfachten Regelungen des Abschnitts 6 für etwa 80 bis 90 Prozent der Bauanträge für Neubauten Gebrauch gemacht werden würde.

Zur Abgrenzung der *einfachen Risiken* von den *nachzuweisenden Risiken* wurde seinerzeit sehr bewusst die Verwendung brennbarer Baustoffe im Standardnachweisverfahren erleichtert, da hierbei über DIN 18230 mit Brandlastberechnungen durch Sachverständige und in Ver-

*Auch wenn die weit überwiegende Anzahl der Brandschutzplanungen für Industriebauten das „vereinfachte“ Nachweisverfahren nach Abschnitt 6 verwenden, ist und bleibt das Nachweisverfahren mit Brandlastberechnungen nach Abschnitt 7 und DIN 18230 das Standardverfahren für Industriebauten.

bindung mit ingenieurtechnisch begründeten Brandschutzplanungen oder Brandschutzkonzepten eine gezielte Berücksichtigung der Brandrisiken aus brennbaren Baustoffen erwartet werden konnte. Im vom Standardnachweisverfahren abweichenden *vereinfachten Verfahren* sollte die Verwendung brennbarer Baustoffe hingegen nur eingeschränkt zulässig sein. Bessere, ingenieurtechnische Nachweise sollten auch zu größeren Erleichterungen führen; Pauschalanforderungen sollten diesbezüglich hingegen deutlich konservativer ausfallen; somit wurden Bauteile aus brennbaren (normal entflammbaren) Baustoffen nur in Verbindung mit feuerhemmenden Bauteilen im vereinfachten Verfahren zugelassen.

Der in den letzten Jahren verstärkte Wunsch nach Verwendung nachwachsender Rohstoffe, der auch politisch unterstützt wird, wirkt sich allenthalben auch auf bauordnungsrechtliche Anforderungen an die Brennbarkeit von Baustoffen in den Regelwerken aus. Somit wurde die Projektgruppe Industriebaurichtlinie der Arbeitsgemeinschaft der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU) damit beauftragt, Möglichkeiten zur verstärkten Anwendung von Tragwerken aus Holzwerkstoffen im Industriebau auch für solche Industriebauten zu untersuchen, die nach dem *vereinfachten Verfahren* nach Abschnitt 6 geplant und beurteilt werden.

3.2 Aktuelle Regelungen im Vereinfachten Verfahren des Abschnitts 6

Im Verfahren ohne Brandlastberechnung nach Abschnitt 6 der Tab. 2 der IndbauRL wird grundsätzlich verlangt, dass die tragenden und aussteifenden Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt werden. Ausnahmen davon betreffen die als feuerhemmend ausgeführten Bauteile von erdgeschossigen und von zweigeschossigen Industriebauten.

Diese Anforderungen bestehen seit der Fassung von 2000 [7] und wurden unverändert in die Fassung von 2014 [1] übernommen. Allerdings wurden dabei zur Verbesserung der Lesbarkeit der IndbauRL die Anforderungen an die Brennbarkeit der Baustoffe (als Teil der Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen) unmittelbar in die Kopfzeilen der Tabelle 2 eingearbeitet und nicht – wie noch in der Fassung von 2000 – im Textteil der Richtlinie formuliert (**Abb. 2**).

Für Industriehallen mit Holztragwerken wurde bislang eher von Stützen und Bindern ausgegangen, die so massiv sind, dass sie eine Feuerwiderstandsfähigkeit von etwa 30 Minuten per se leisten können und somit – gegebenenfalls mit wenig Aufwand – bereits in die Leistungsklasse *feuerhemmend* eingeordnet werden können.

Für erdgeschossige, feuerhemmende Industriebauten sind etwa 1,7-fach größere Brandabschnittsflächen zulässig als für erdgeschossige Industriebauten ohne brandschutztechnische Bemessung der Bauteile. Die geltenden Regelungen haben insofern bereits seit der Fassung von 2000 für die Holzbauweise bei feuerhemmenden Industriebauten wesentliche Vorteile gegenüber einer nicht bemessenen Stahlhalle eröffnet, wobei für die Realisierung der feuerhemmenden Holzbauweise kein erheblicher Mehraufwand gesehen wurde.

3.3 Risikobetrachtungen und Untersuchungen zur erweiterten Anwendbarkeit von Tragwerken aus Holzwerkstoffen

Tragwerke, für die keine Feuerwiderstandsklassen verlangt werden, werden grundsätzlich als so robust angenommen beziehungsweise verlangt, dass die bauordnungsrechtlichen Schutzziele – insbesondere die Selbstrettung der Nutzer und die Möglichkeiten zur Brandbekämpfung im Innenangriff durch die öffentliche Feuerwehr – für die sicherheitsrelevanten Zeiträume oder Szenarien hinreichend zuverlässig gegeben sind.

Bislang wurde auf diese Robustheit vorwiegend für Tragwerke aus Stahlbauteilen zurückgegriffen, denen dafür eine Feuerwiderstandsdauer von etwa 15 Minuten zugesprochen worden war. Im Verfahren nach Abschnitt 7 wird nach gleichem Grundsatz für Bauteile erst dann eine Feuerwiderstandsklasse verlangt, wenn die erforderliche Feuerwiderstandsdauer $t_f \geq 15$ Minuten beträgt (siehe IndbauRL Tabelle 6).

Im Zuge der nunmehr durchgeführten konkreten Risikobetrachtungen wurde die Robustheit von Bauteilen aus Holzwerkstoffen in Bezug auf die vorgenannten Schutzziele näher untersucht und bewertet. Dazu hat die Projektgruppe Industriebaurichtlinie der ARGEBAU zunächst das *15-Minuten-Feuerwiderstandskriterium* auch für die Beurteilung von Holzbauteilen bestätigt und anschließend eine wissenschaftliche Unterstützung und statische Detailuntersuchungen mit Heißbemessungen und Stabilitätsuntersuchungen auf dem Stand der aktuellen Eurocodes gewünscht. Solche Untersuchungen wurden letztlich von Prof. Dr. Björn Kampmeier von der Hochschule Magdeburg-Stendal in Magdeburg durchgeführt [8], [9], [10] und von der Ingenieurkammer Bau NRW finanziert. Kampmeiers Untersuchungen umfassen insbesondere folgende Aspekte und Teilergebnisse:

3.3.1 Voruntersuchungen

- Es wurden unter anderen folgende Voruntersuchungen durchgeführt:
- Die zusätzlichen Brandlasten der Holztragwerke führen unter Berücksichtigung typischer Hallenbauten, der Heizwerte und Abbrandfaktoren für Holzbalken, der Rohdichte für übliches Bauholz

Sicherheitskategorie	Anzahl der oberirdischen Geschosse								
	erdgeschossig		2geschossig			3geschossig		4geschossig	5geschossig
	Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile								
	aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerhemmend	Feuerhemmend	Hochfeuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Hochfeuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen

Abb. 2: Kopfzeile der Tabelle 2 der Industriebaurichtlinie: Zulässige Größe der Brandabschnittsflächen in m²

- grundsätzlich werden nichtbrennbare Baustoffe für die tragenden und aussteifenden Bauteile verlangt,
- die feuerhemmenden Bauteile dürfen aus normalentflammbaren Baustoffen hergestellt werden.

und eines Wärmeabzuges in der Größe von fünf Prozent gem. Tab. 2 zu einer Vergrößerung der Brandwirkungen, die sich als zusätzliche äquivalente Branddauer darstellen lässt:

zus. t_{Δ} (Holztragwerke) = 6,8 Minuten im Mittel für Brettschichtholz,
 zus. t_{Δ} (Holztragwerke) = 5,3 Minuten im Mittel für Fachwerkbinder,
 zus. t_{Δ} (Holztragwerke) = 11,3 Minuten Maximalwert der Studie.

Obwohl im Verfahren nach Abschnitt 6 die Brandlasten unberücksichtigt bleiben, konnten diese Erkenntnisse dennoch in die Risikobewertungen einfließen.

b. Die Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten durch die Feuerwehr wurde auf der Basis von Brandausbreitungsszenarien nach dem Leitfadens Ingenieurmethoden des Brandschutzes der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes (vfdB) für sehr schnelle Brandausbreitungen ($v_{\text{aus}} = 1,8 \text{ m/min}$) – ausgehend von einer Hallenecke - bewertet.

Für noch beherrschbare Brandflächen von etwa 400 Quadratmeter werden bei diesen Szenarien Brandentwicklungsdauern von unter 15 Minuten erforderlich.

Obwohl sich aus der Brandfläche und aus der Brandausbreitungsgeschwindigkeit allein keine Aussagen über die Stärke der Brandeinwirkung auf die Bauteile unmittelbar ableiten lässt, lassen sich damit doch Überlegungen zur Situation beim Eintreffen der Feuerwehr am Brandobjekt anstellen.

c. Grenzrisiken der Standsicherheit und der Stabilität des Gesamttragwerks: Für Industriebauten ohne Anforderungen an eine Feuerwiderstandsklasse werden Nachweise dafür verlangt, dass ein Teilversagen der Konstruktion nicht zwangsläufig zu einem Gesamtversagen führt (siehe oben). Diese Nachweise sind unabhängig von der Bauweise und von der Brennbarkeit der Baustoffe grundsätzlich erforderlich.

Die Gesamtstandsicherheit der baulichen Anlage im Brandfall wird insbesondere durch diese Nachweise gesichert.

3.3.2 Festlegungen für die ausreichende Robustheit von Tragwerken aus Holzwerkstoffen ohne Feuerwiderstandsklasse

Für die Heißbemessung von Holzbauteilen können gem. DIN EN 1995-1-2 in Verbindung mit dem Sicherheitskonzept für die Heißbemessung nach DIN EN 1991-1-2/NA die für die Kaltbemessung anzusetzenden Lasten auf 60 Prozent reduziert werden. Dadurch müssen die durch Abbrand reduzierten Querschnitte auch deutlich weniger Lasten abtragen, und eine Feuerwiderstandsdauer ist selbst bei – im Kalten – voll ausgelasteten Querschnitten gegeben:

$$N_{ED,fi} = 0,6 \cdot N_{R,d}$$

Um die kritischen Fälle zu finden wurden Parameterstudien an einem gelenkig-gelenkig gelagerten, stabilitätsgefährdeten Druck/Biege-Stab von drei Metern Länge für unterschiedliche Biegebeanspruchungen für eine vierseitige Normbrandbeanspruchung über 15 Minuten durchgeführt. Es stellte sich heraus, dass reine Druckstäbe für den Brandfall besonders kritisch sind (**Abb. 3**).

In weiteren Parameterstudien wurde der Einfluss der Schlankheit bei Druckbeanspruchung untersucht. Es stellte sich dabei heraus, dass

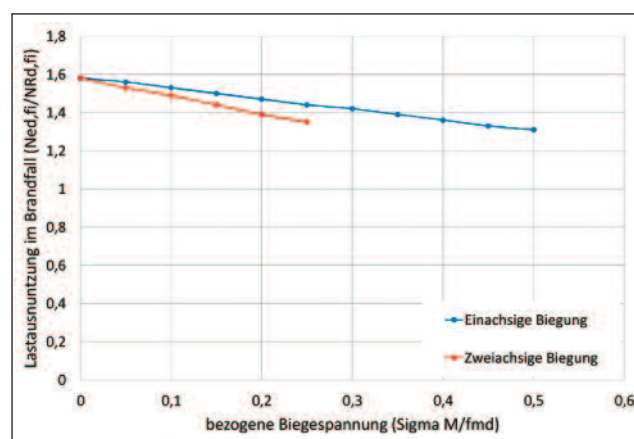


Abb. 3: Die bezogene Lastausnutzung ist für den 10 cm/10 cm Stab für eine Normbrand-Einwirkung von 15 Minuten stets größer als 1,0: Der Feuerwiderstand von 15 Minuten ist für diesen Querschnitt nicht erreichbar.

aus: Kampmeier, Kruse: *Industriehallen in Holzbauweise*, Tagungsband *IKBau NRW*, 2018 [9]

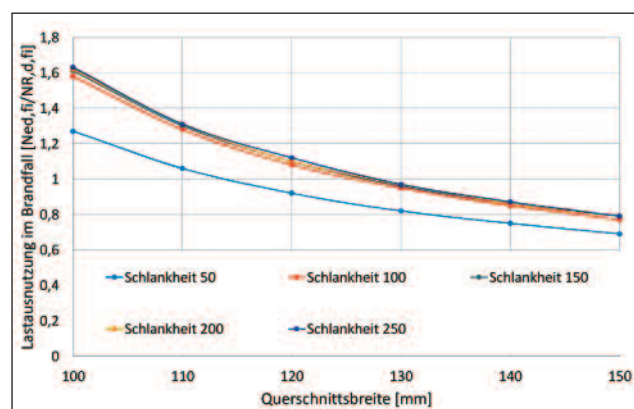


Abb. 4: Die bezogene Lastausnutzung ist für eine Normbrandeinwirkung von 15 Minuten kleiner als 1,0 – und eine Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten gegeben für Schlankheiten über 100 und bei Querschnittsabmessungen ab 13/13 cm²

aus: Kampmeier, Kruse: *Industriehallen in Holzbauweise*, Tagungsband *IKBau NRW*, 2018 [9]

Druckstäbe mit einer Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten Querschnittsabmessungen von mindestens 13 Zentimeter haben sollen, um für alle baupraktischen Schlankheitsgrade ausreichend stabil und standsicher zu sein (**Abb. 4**).

Da übliche Holzbauteile in dieser Größenordnung aber Querschnittsabmessungen von 12 oder 14 Zentimeter haben, konnte die Mindestquerschnittsabmessung auf 12 Zentimeter festgelegt werden. Gründe für die Unterschreitung des oben bezeichneten Wertes von 13 Zentimeter sind zum einen die Vielzahl der konservativ angenommenen Bedingungen der Gesamtbetrachtungen und zum anderen die vorhandene Feuerwiderstandsdauer von 13,5 Minuten für den Querschnitt von 12 Zentimeter, der nur knapp unter den angestrebten *robusten* 15 Minuten liegt.

Ob gegenüber druckbeanspruchten Bauteilen für reine Biegebauteile (Gefahr des Biegedrillknickens) oder für nur auf Zug beanspruchte Bauteile auch kleinere Querschnitte ausreichen können, wurde im

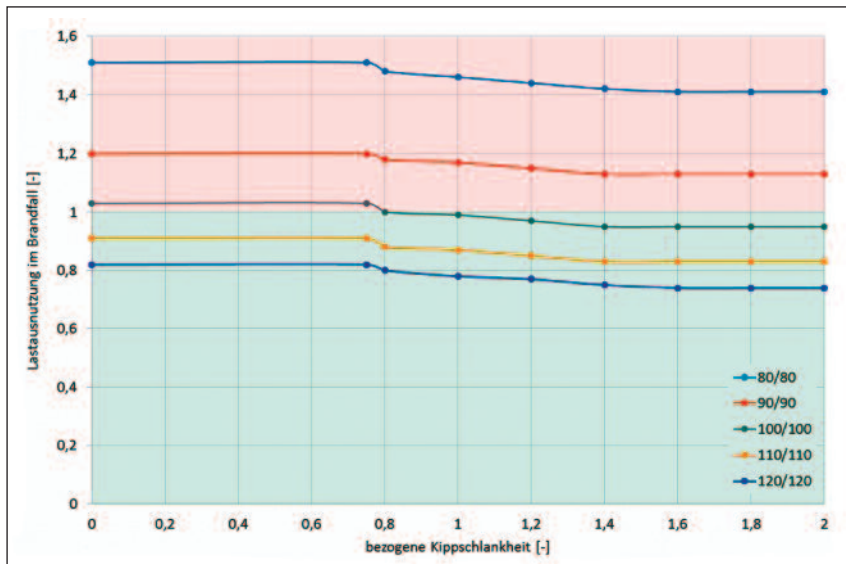


Abb. 5: Lastausnutzung im Brand für verschiedene Querschnitte in Abhängigkeit von der bezogenen Kippschlankheit
aus: Kampmeier, Kruse, Zobel: Untersuchungsbericht für die PG Industriebaurichtlinie, 2017 [8]

Weiteren für die hierfür kritischen quadratischen Querschnitte untersucht. Es wurden für Normaltemperatur voll ausgelastete Biegeträger mit einem bezogenen Kippschlankheitsgrad von 1,0 gewählt.

Im Ergebnis konnte für quadratische Querschnitte der Abmessungen 10/10 Quadratzentimeter nachgewiesen werden, dass für bezogene Kippschlankheiten über 0,8 ein Versagen während einer Normbrandbeanspruchung von 15 Minuten nicht zu erwarten ist. Ergebnisse auch für geringere bezogene Kippschlankheiten liegen im tolerierbaren Streubereich. Somit sind für reine Biegestäbe Mindestquerschnittsabmessungen von 10 Zentimeter ausreichend *robust* im Sinne der Brandsicherheit für diese betreffenden Industriebauten (Abb. 5).

Gerade in Bezug auf die Bewertung der Kippschlankheit von typischen Hallenbindern mit relativ großer Querschnittshöhe wurde die Gefahr gesehen, dass durch den Abbrand die damit verbundene Zunahme der Kippschlankheit das Versagensrisiko im Brandfall erhöht und dass die vorgesehenen Mindest-Querschnittsabmessungen für Biegeträger nicht ausreichen. Allerdings beinhaltet der Ansatz der IndBauRL eine zunächst *korrekte Kaltbemessung* bei Normaltemperatur nach DIN EN 1995-1-1, die bereits eine Tragfähigkeitsreduzierung bewirkt. Im Weiteren wurden die Auswirkungen der Querschnittsreduzierung durch Abbrand auf das Widerstandsmoment und auf den

Kippeiwert des Restquerschnittes betrachtet: Die Widerstandsmomente größerer Querschnitte verlieren prozentual weniger als die von kleineren Querschnitten; Kippeiwerte größerer Querschnitte werden durch den Abbrand hingegen stärker reduziert als die kleinerer Querschnitte (Abb. 6).

Diese Betrachtungen belegen, dass die Feuerwiderstandsdauer bei Vorgabe einer Mindestbreite von zehn Zentimetern tatsächlich von der Kippschlankheit unabhängig ist, beziehungsweise mit steigender Kippschlankheit für den Brandfall auf der sicheren Seite liegt.

Nach unserer Auffassung ist beim Gebrauch vorstehender Erkenntnisse aus rechnerischen Parameterstudien die baupraktische Realisierung der vorausgesetzten statisch-konstruktiven Rand- und Lagerbedingungen hinreichend sicherzustellen. Das gilt insbesondere in Bezug auf die Lagerungsbedingungen bei Mischkonstruktionen mit Stahlstützen zur Vermeidung des Biegedrillknickens weitgespannter Biegeträger aus Holzwerkstoffen.

3.4 Vorgesehene Erleichterungen für Tragwerke aus Holzwerkstoffen

Im Ergebnis wurde bei den Beratungen über die Fortschreibung der IndBau RL beschlossen, die Tabelle 2 für die erdgeschossigen Indus-

A [cm ²]	w [cm ³]	w _{fi} [cm ³]	w _{fi} /w [-]	k _{crit} [.]	K _{crit,fi} [.]	K _{crit,fi} /k _{crit} [-]	(K _{crit,fi} /k _{crit})*(w _{fi} /w) [-]
10/10	167	75	0,45	1,0	1,0	1,0	0,45
10/20	667	397	0,50	0,97	0,93	0,96	0,57
10/50	4166	2893	0,69	0,62	0,52	0,84	0,58
10/100	16667	12154	0,73	0,32	0,25	0,78	0,57
10/200	66666	49794	0,75	0,24	0,19	0,79	0,59

Kommentar/Erläuterung
 A = Querschnittsabmessung (Normaltemperatur)
 W = Widerstandsmoment
 K_{crit} = Kippeiwert
 Index fi = fire (Abbrand über 15 Minuten Normbrandbeanspruchung über 15 Minuten = 12 mm)

Abb. 6: Untersuchungen zur Kippschlankheit von Biegeträgern: Parameterstudie zur Reduzierung der Widerstandsmomente durch Abbrand
aus: Kampmeier: „Holz im Industriebau“, Stellungnahme für die FK Bautechnik der ARGEBAU, 2018 [10]

Sicherheitskategorien	Anzahl der oberirdischen Geschosse									
	1	2			3		4	5		
1	Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von Baustoffen* der tragenden und aussteifenden Bauteilen									
2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	aus nichtbrennbaren Baustoffen ⁵	Feuerhemmend	Feuerhemmend	Hochfeuerhemmend und aus nicht brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Hochfeuerhemmend und aus nicht brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nicht brennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	

⁵⁾ Anstelle von Konstruktionen aus nichtbrennbaren Baustoffen sind Holzkonstruktionen zulässig, wenn

- die Konstruktion nach DIN EN 1995-1-1 bemessen ist,
- die Holzbauteile im Falle von reinen Biegeträgern und Zugstäben eine Mindestquerschnittsabmessung von 10 cm und in allen anderen Fällen eine Mindestquerschnittsabmessung von 12 cm aufweisen und
- die Knotenpunkte als Holz-Holz-Verbindungen mit Verbindungsmitteln nach Tabelle 6.1; DIN EN 1995-1-2, oder mindestens zweischrittige Stahl-Holz-Verbindungen mit eingeschlitzten Blechen verwendet werden.

Abb. 7: Entwurf-2018 IndBauRL*, Tabelle 2 „Zulässige Größe der Brandabschnittsflächen in m²"/Kopfzeile

- grundsätzlich werden nichtbrennbare Baustoffe für die tragenden und aussteifenden Bauteile verlangt,
- die feuerhemmenden Bauteile dürfen aus normalentflammbaren Baustoffen hergestellt werden,
- für erdgeschossige (vorgesehen für eingeschossige) Industriebauten ohne Anforderung an eine Feuerwiderstandsklasse wird eine „robuste Bauweise“ auch mit Tragwerken aus Holzbaustoffen ermöglicht.

* (Die grünen Einträge markieren die zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Beitrages noch nicht endgültig verabschiedeten Werte der Entwurfsfassung der fortgeschriebenen Muster-Industriebaurichtlinie).

triebauten ohne brandschutztechnische Bemessung um eine Fußnote zu ergänzen, die geeignete Holzbauweisen den Bauweisen mit nichtbrennbaren Baustoffen gleichsetzt (Abb. 7). Die hierfür gefundenen Beurteilungskriterien sind:

Die zulässigen Holzbauteile sollen nach DIN EN 1995-1-1 bemessen sein (Kaltbemessung nach Eurocode), Querschnittsabmessungen von mindestens zwölf Zentimetern haben (für Biegeträger und für Zugstäbe von mindestens zehn Zentimeter), und die Knotenpunkte sollen als Holz-Holz-Verbindungen mit Verbindungsmitteln nach Tabelle 6.1, DIN EN 1995-1-2, oder als mindestens zweischrittige Stahl-Holz-Verbindungen mit eingeschlitzten Blechen hergestellt werden.

3.5 Konstruktive Vorgaben für Verbindungen

Wesentlich für die brandschutztechnische Robustheit einer Konstruktion ist insbesondere die Bauart von Verbindungen zwischen Einzelbauteilen. Das betrifft sowohl die Verbindung von Holzbauteilen miteinander – aber insbesondere auch die Verbindung von Holzbauteilen mit Bauteilen aus anderen Baustoffen.

Erfahrungen mit Verbindungen von Holzbauteilen, die für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten und mehr ausgelegt werden, weisen insbesondere metallische Verbindungsmittel als Schwachstellen für den Feuerwiderstand aus. Diese Erfahrungen können allerdings nicht unmittelbar auf robuste Konstruktionen ohne Feuerwiderstandsklasse übertragen werden:

Bestimmten Regelverbindungen nach DIN EN 1995-1-2 (dort Tab. 6.1) für Holz/Holz-Verbindungen wird eine Feuerwiderstandsdauer von 15 Minuten und mehr bescheinigt (Abb. 8):

Es zeigt sich für die Verbindungen, dass bei Einhaltung bestehender

normativer Regeln die für die Robustheit erforderliche Feuerwiderstandsfähigkeit der Konstruktion auch für Industriebauten ohne klassifizierten Feuerwiderstand zu Recht angenommen werden kann.

Als konstruktive Lösungen verweist Kampmeier [9] beispielhaft auf die in Abb. 9 dargestellten konstruktiven Ausführungen:

Unter eingeschlitzten Blechen werden in der Fachwelt Bleche verstanden, die in ein geschlitztes, einteiliges Holzbauteil geschoben werden. Bleche, die zwischen nebeneinander liegenden Holzbauteilen angeordnet werden, werden hingegen als innenliegende Bleche bezeichnet.

Nach Kampmeier [5] können auf der Basis von schwedischen Untersuchungen [11] die Lösungen für eingeschlitzte Bleche auf innenliegende Bleche von Stahl/Holz-Verbindungen übertragen werden, wenn der Abstand zwischen den nebeneinander liegenden Holzbauteilen maximal zwei Millimeter beträgt, da unter diesen Bedingungen nicht mit einem verstärkten Abbrand in der Fuge zu rechnen ist.

Darüber hinaus müssen die einzelnen Holzbauteile kontinuierlich miteinander verbunden sein, um hinsichtlich der Anforderungen an die Mindestquerschnittsabmessungen als ein Querschnitt beurteilt werden zu können. Ansonsten besteht die Gefahr eines frühzeitigen Stabilitätsversagens außenliegender, auf Druck beanspruchter Holzbauteile, was anschließend aufgrund der folgenden Kraftumlagerungen innerhalb des Bauteils auch zum Versagen der inneren Bauteile führt. Ohne eine kontinuierliche Verbindung der Einzelbauteile zu einem Gesamtquerschnitt muss jedes Einzelbauteil beziehungsweise jeder Teilquerschnitt die Anforderungen an die Mindestabmessungen einhalten.

Es ist vorgesehen, in den Erläuterungen zur fortgeschriebenen Muster-Industriebaurichtlinie die Tab. 6.1 aus DIN EN 1995-1-2 abzudrucken

Tabelle 6.1 – Feuerwiderstandsdauer ungeschützter Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz

Verbindungsmittel	Feuerwiderstandsdauer $t_{d,fi}$ min	Voraussetzung*
Nägel	15	$d \geq 2,8$ mm
Schrauben	15	$d \geq 3,5$ mm
Bolzen	15	$t_1 \geq 45$ mm
Dübel	20	$t_1 \geq 45$ mm
Verbindungsmittel entsprechend EN 912	15	$t_1 \geq 45$ mm

* d ist der Widerstand des Verbindungsmittels und t_1 ist die Dicke des Seitenteils

Kommentar/Erläuterung

- Nägel: Mindestdurchmesser d von 2,8 mm
- Schrauben: Mindestdurchmesser d von 3,5 mm
- andere: Mindestdicke der Seitenteile t_1 von 4,5 cm
(für Bolzen, Dübel oder Verbindungsmittel nach EN 912)

Abb. 8: Tabelle 6.1 aus DIN EN 1995-1-2: Feuerwiderstand ungeschützter Holz/Holz-Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz

und hinsichtlich der Konstruktion von Verbindungen über den Text der Fußnote 5 von Tab. 2 der Richtlinie auch auf andere technische Lösungen für robuste Konstruktionen hinzuweisen (siehe **Abb. 7**). Für solche Fälle wird dann eine Begründung über ingenieurtechnische Nachweise, Anwendungs- oder Verwendbarkeitsnachweise erwartet.

4 Fazit

Ausgelöst durch den politischen Wunsch nach einer weiteren Förderung der Holzbauweise wurde die Projektgruppe Industriebaurichtlinie der Fachkommission der ARGEBAU mit einer Fortschreibung der Muster-Industriebaurichtlinie beauftragt.

Eine weitere Öffnung der Richtlinie zur Verwendung von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen wurde für das vereinfachte Nachweisverfahren des Abschnitts 6 gefunden und lässt künftig auch für erdgeschossige Industriebauten, an die keine Anforderungen an einen klassifizierten Feuerwiderstand gestellt werden, tragende und aussteifende Holzbau- teile unter bestimmten Randbedingungen und Voraussetzungen zu. Gerade der Verzicht auf Feuerwiderstandsklassen bedeutet allerdings

ausdrücklich nicht, dass auf eine Beachtung brandschutztechnischer Grundsätze und Konstruktionsregeln bei der Planung solcher Gebäude verzichtet werden kann. Eher ist das Gegenteil der Fall.

Denn gerade bei baulichen Anlagen ohne klassifizierten Feuerwiderstand beziehungsweise ohne brandschutztechnische Bemessung der Bauteile sind Probleme der Standsicherheit und der Stabilität im Brandfall konstruktiv, ingenieurtechnisch bedeutsam. Dies kommt in der Industriebaurichtlinie insbesondere dort zum Ausdruck, wo zum Schutze der Feuerwehren und deren Angriffs- und Rückzugswege eine Standsicherheit der baulichen Anlage für die sicherheitsrelevante Branddauer während der Brandbekämpfung im Innenangriff geführt wird. Dafür sind die feuerwehrtechnisch im Innenangriff voraussichtlich noch beherrschbaren Brandszenarien vom Brandschutzplaner in Abstimmung mit den Brandschutzdienststellen festzulegen und als Planungsgrundlage für konstruktive Ausbildung heranzuziehen. Daraus ergeben sich spezielle Aufgaben für die Konstruktion, die statischen Nachweise und für deren Prüfungen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass bauaufsichtliche Regelwerke wie die Industriebaurichtlinie keine Konstruktionsvorschriften sind,

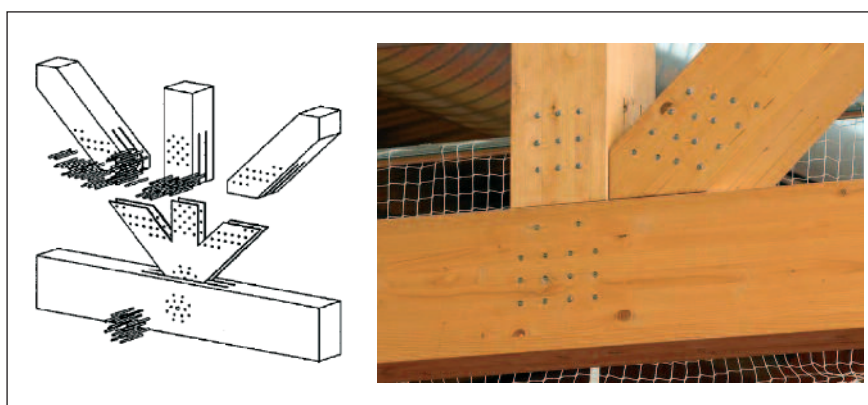


Abb. 9: Verbindungen mit eingeschlitzten oder geschützten Blechen: Voraussetzung gem. EC 5-1-1 korrekt für Normaltemperatur bemessen Aus: Kampmeier, Kruse: „Industrieallen in Holzbauweise“, Tagungsband IKBau NRW, 2018 [9] (Vortragsfolie mit freundlicher Genehmigung des Urhebers)

die die Planer von der Beachtung einschlägiger technischer Regelwerke oder gar ingenieurtechnischer Grundsätze und Regeln entbinden können. Gerade im baulichen Brandschutz stellt die konstruktive Ausbildung von Gesamtkonstruktionen mit der Beurteilung des Zusammenwirkens der Bauteile unter Berücksichtigung von Verformungen und Stabilitätskriterien eine anspruchsvolle Aufgabe für die Planer und Konstrukteure dar. Mit den tendenziell eher zunehmenden „Erleichterungen“ in materiellen Detailanforderungen und Einbindungen ingenieurtechnischer Nachweisführungen nimmt die Verantwortung der Planer und Prüfer in Bezug auf das Erreichen von unveränderten Sicherheitsanforderungen und Sicherheitskriterien entsprechend deutlich zu.

Das sehen wir insbesondere auch für bauliche Anlagen ohne bauordnungsrechtlich verlangte brandschutztechnische Bemessungen der Bauteile und Tragwerke als gegeben und verweisen auf die Bedeutung ingenieurtechnischer Grundsätze, Verfahren und Methoden.

5 Literatur und Quellen

- [1] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL); Stand Juli 2014
- [2] DIN 18009, Teil 1, Ausgabe September 2016: Brandschutzingenieurwesen – Teil 1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung; Beuth Verlag, Berlin
- [3] DIN 18230, Teil 1, Ausgabe September 2010: „Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer; Beuth Verlag, Berlin
- [4] DIN 4102, Teil 4, Ausgabe Mai 2016: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Beuth Verlag, Berlin
- [5] Positionspapier Famers, G.; Messerer, J.: „Rettung von Personen“ und „wirksame Löscharbeiten“ – bauordnungsrechtliche Schutzziele mit Blick auf die Entrauchung – Ein Grundsatzpapier der Fachkommission Bauaufsicht“; IS ARGEBAU: <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=75909860991>
- [6] Institut für Bautechnik – IfBt: Baulicher Brandschutz – Bemessung im Industriebau; Beiträge zum 1. Brandschutz-Seminar des Instituts für Bautechnik – IfBt“; 1. Auflage März 1979, Institut für Bautechnik, Reichpietschufer 72-76, Berlin
- [7] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL); Stand März 2000
- [8] Kampmeier, Kruse, Zobel: Untersuchungsbericht zu Hallen in Holzbauweise nach MIndBauRL; Ausarbeitung für die Projektgruppe Industriebaurichtlinie; Stand 10.10.2017
- [9] Kampmeier-Kruse: Industriehallen in Holzbauweise – Erleichterungen für robuste Konstruktionen; Beitrag zu der Brandschutztagung der IKBau NRW in Düsseldorf am 19.06.2018; Tagungsband S. 35 bis 53
- [10] Kampmeier: Holz im Industriebau – Stellungnahme zu Anmerkungen der Fachkommission Bautechnik; Schreiben vom 04.07.2018 an die Projektgruppe IndBauRL
- [11] Östmann, B.; u. a.: Fire safety in timber buildings – Technical guideline for Europe; SP Trätek; SP report 2010:19; ISBN 978-91-86319-60-1

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

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

ISSN 1430-9084

REDAKTION

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

TECHNISCHE KORRESPONDENTEN

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

DRUCK

Vogel Druck und Medienservice, Leibnizstraße 5, 97204 Höchberg

DTP

Satz-Studio Heimerl, Scherenbergstraße 12, 97082 Würzburg

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

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

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

Auflage: 5000 Exemplare

