

Der Prüferingenieur

Ausgabe 64 / Mai 2024

Stahlbau

Durchgängiges Praxiskonzept für den Nachweis der Standsicherheit von Stahl-Modulbauten im Brandfall

Brückenbau

Ein imposantes neues Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst: Die Talbrücken der DB AG zwischen Wendlingen und Ulm

Brandschutz

Denkmalschutz und Sicherheit: Das Brandschutzrecht darf die Substanz der Denkmale nicht gefährden



Die Qualität der Planung lässt nach

Die Prüfengeieure für Bautechnik, die mit ihrer bautechnischen Kontrolle und Überwachung vor Ort für dieses Urteil am ehesten prädestiniert sind, stellen vermehrt einen Rückgang der Planungsqualität fest. Sie warnen vor grassierender planerischer Laxheit, die tiefgründig gesicherte berufliche Bildung vermissen lasse. Die Beherrschung von Software reiche allein eben nicht aus für eine einwandfreie Planung, sie müsse von statischem Instinkt geleitet und von ingenieurer gedanklicher Durchdringung geprägt sein. Anderenfalls seien vermeidbare Zusatzkosten und unbedachte Ressourcenverschwendung die Folge.



Dipl.-Ing. Axel Bißwurm

studierte Bauingenieurwesen an der TH Karlsruhe und ist seit 1993 Mitarbeiter, Gruppenleiter und heute Partner der Ingenieur Gruppe Bauen PartG mbH; Axel Bißwurm ist Prüfengeieur für Holzbau, Massivbau, Metallbau und im Vorstand der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik zuständig für Bau- und Berufsrecht und für Finanzen.

Im Rahmen der bautechnischen Prüfung erhalten Prüfengeieure einen detaillierten Einblick in jene bautechnischen Unterlagen, die zur Prüfung vorgelegt werden. Da andere am Bau Beteiligte in Bezug auf die Tragwerksplanung in der Regel Laien sind, sind Prüfengeieure und Prüfsachverständige die einzige unabhängige Instanz, die zur Qualität der bautechnischen Unterlagen fachkundig und sachverständig Stellung nehmen kann.

Leider ist in den letzten Jahren ein Rückgang der Planungsqualität erkennbar. Zugleich ist offensichtlich geworden, dass fehlendes statisches Grundlagenwissen, übertrieben komplexe Regelwerke und, vor allem, zu geringe Planungshonorare unausweichlich zu geringeren Leistungen und in den frühen Leistungsphasen zu fehlenden Qualitätskontrollen führen. Die unabwendbare Folge dieser Entwicklung sind häufig unangemessen hohe Baukosten und ein inadäquater Ressourcenverbrauch.

Es zeigt sich immer wieder: Ohne eine konsequente, durchgängige Bearbeitung der frühen Leistungsphasen ist eine effiziente und ressourcenschonende Planung nicht möglich!

Als Prüfengeieure stehen wir am Ende der Planungskette und können auf die Auswirkungen einer ungenügenden Vor- und Entwurfsplanung kaum reagieren. Wir erkennen aber immer öfter, dass gerade diesen Leistungen zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Am Ende sehen wir, dass Bauteile im Rahmen der Genehmigungsplanung „hingerechnet“ werden müssen und dass dadurch Ressourcen verschwendet und höhere Baukosten verschuldet werden. Bis an die Bemessungsgrenze bewehrte, kaum noch ausführbare Stahlbetonbauteile oder verformungsanfällige Stahl- und Holzkonstruktionen mit umständlichen Details führen am Ende zu teuren und wenig ressourcenschonenden Tragwerken.

Die vermeintliche Qualitätssicherung durch den Einsatz hocheffizienter digitaler Softwareprodukte kann nicht über die fehlenden Grundlagen hinwegtäuschen, die zur Eingabe statischer Systeme erforderlich sind, insbesondere aber auch zur ingenieurtechnisch korrekten Interpretation und planerischen Umsetzung der Berechnungsergebnisse.

Die eigentliche Vorplanung und der Entwurf des Tragwerks nach gelernten Entwurfsprinzipien werden zu oft nachlässig und unachtsam behandelt, wesentliche Details, die bemessungs- und ausführungsrelevant sind, werden nicht erkannt und oft auch nicht dargestellt; ihre Entdeckung im Rahmen der bautechnischen Prüfung kommt dann zu spät.

Auch die Lehre muss in die Pflicht genommen werden. Die frisch ausgebildeten Hochschulabsolventen können gut mit branchenüblicher Software umgehen, und sie kennen auch die Hintergründe der Berechnung und Bemessung. Wesentliche Entwurfsgrundsätze und einfache Abschätzungen zur Planung eines Tragwerks fehlen ihnen jedoch komplett. Gerade das aber wird, bei zunehmendem Einfluss der künstlichen Intelligenzen, künftig der Schwerpunkt der Tätigkeit unserer Ingenieure sein müssen. Sie müssen die Tragwerke verstehen, sie müssen die Grundsätze ihrer Planung achtsam und fehlerfrei einsetzen können – und sie müssen die einfachen Werkzeuge der Kontrolle kennen und sicher anwenden können. Komplizierte Berechnungen nach immer umfangreicheren und komplexeren Vorschriften, die in ihrer Ganzheit nicht mehr verstanden werden können, sind den Softwareprogrammen und der Forschung zu überlassen.

Neben den vielen Herausforderungen unserer Zeit müssen wir auch im Hinblick auf die Sicherheit und Effizienz unserer Bauwerke gründlich umdenken. Die wesentliche Tragwerksplanung erfolgt im Entwurf, es sind in der Regel die konstruktiven Fehler zu Beginn der Planung, die am Ende die Zuverlässigkeit unserer Bauwerke wesentlich beeinflussen.

Zusammenfassend ist festzustellen:

- Ein nachvollziehbarer und klarer Tragwerksentwurf muss die Grundlage der ausführlichen statischen Berechnung sein; er dient auch der Kontrolle der weiteren komplexen Berechnungen.
- Eine unzureichende Entwurfsplanung führt zu unwirtschaftlichen und ressourcenverschwendenden Tragwerken mit deutlich höheren Baukosten.
- Herabgesetzte Ingenieurhonorare lassen keinen Spielraum für eine gute Entwurfsplanung.
- Einfache und klar verständliche Entwurfsgrundsätze und Berechnungsmethoden müssen die Grundlage einer soliden Ingenieurausbildung werden.
- Das Vier-Augen-Prinzip in der Entwurfsplanung, die wesentlich für den Erfolg der Tragwerksplanung ist, fehlt.

22

Wenn die Regelwerke ...



Foto: © Daiwa House Modular Europe GmbH

... oder die Prüfvorschriften mit der Technik nicht Schritt halten, dann müssen Zwischenlösungen gefunden werden. Für den noch jungen Stahl-Modulbau ist das jetzt mit einem praxistauglichen Konzept für den Nachweis der Stand-sicherheit im Brandfall und des Widerstandes gegen die Brandausbreitung gelungen.



Zum Titelfoto

Unser Titelfoto zeigt eines der Portale des Steinbühl-Tunnels, eines 4,8 Kilometer langen doppelröhrigen Eisenbahntunnels im Zuge der Schnellfahrstrecke der Deutschen Bahn AG zwischen Wendlingen und Ulm. An sein Nordwestportal schließt sich die dritthöchste Eisenbahnbrücke Deutschlands an, die ebenfalls doppelröhrige neue Filstalbrücke. Deren ungewöhnliche und ganz neue, sehr schlanke, semi-integrale Konstruktion hat die Planer und Prüfer vor immer wieder neue, sehr große Herausforderungen gestellt. Sie werden ab Seite 50 ausführlich beschrieben.

Foto: Arnim Kilgus, DB AG

EDITORIAL

- 3 Die Qualität der Planung lässt nach
Dipl.-Ing. Axel Bißwurm

NACHRICHTEN

- 6 Arbeitstagung der Prüfenge-nieure für Bautechnik am 19. und am 20./21. September in Wiesbaden
- 7 Die Nutzerzahlen und die Akzeptanz der Elektronischen Bautechnischen Prüfakte ELBA der BVPI steigen weiter stark an
- 8 Die neue EU-Bauprodukteverordnung muss ab Herbst 2025 angewendet werden – Aber 15 Jahre lang parallel zur alten
- 9 Die Arbeit an der 2. Generation der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau ist jetzt fast abgeschlossen
Dipl.-Ing. Christian Klein, BVPI
- 11 Hennecke erneut zum Vorsitzenden der Vereinigung der EBA-Prüfsachverständigen im Eisenbahnbereich gewählt
- 12 Dipl.-Ing. Roland Eisler wurde neuer Vorsitzender der Landesvereinigung der Prüfenge-nieure in NRW
- 13 Der BÜV legt eine Richtlinie für die prinzipielle Vorgehensweise bei der Wiederkehrenden Bauwerksprüfung im Hochbau vor

- 14 Urteil des Europäischen Gerichtshofs: Harmonisierte technische Normen müssen künftig kostenlos zugänglich sein

- 15 *Der Kommentar:*
Die Verbesserung der Zugänglichkeit zu den Normen wird auch positive Effekte haben
Henning Dettmer

- 16 Arbeitstagung der Prüfenge-nieure in Baden-Württemberg: ELBA wird künftig an das Virtuelle Bauamt BW gekoppelt
Dr.-Ing. Ralf Egner, vpi BW

- 18 Leitfaden für die Aufstellung prüffähiger statischer Berechnungen am dreidimensionalen Gesamtmodell

- 19 Im Oktober: 22. BÜV-Ausbildungslehrgang für Sachkundige Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken
Dipl.-Ing. Momcilo Vidacković, BVPI

- 20 Gregor Hammelehe übernimmt als Nachfolger von Markus Staller den Vorsitz der Landesvereinigung Bayern

- 21 Michael Heunisch †
Er leistete wichtige berufspolitische Beiträge für die Bewahrung der Unabhängigkeit der Prüfenge-nieure
Dr.-Ing. Thorsten Faust, vpi Hessen

Wenn der Brandschutz ...

... und die Denkmalpflege konträre Vorstellungen vom Erreichen eines Zieles entwickeln, dann müssen Kompromissbereitschaft mobilisiert und fachliche Fantasie entfaltet werden. So geschehen bei der Sanierung von Goethes Wohnhaus in Weimar, wo dieses Detail als historisch wertvolle Substanz nicht angetastet wurde.



36

FACHARTIKEL

22 STAHLBAU

Praxiskonzept für den Nachweis der Standsicherheit und des Raumabschlusses im Brandfall bei Stahl-Modulbauten / Die Anforderungen an den Feuerwiderstand führen beim Stahl-Modulbau häufig zu Missverständnissen hinsichtlich der bauordnungsrechtlich nötigen Nachweise

*Prof. Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer /
Dipl.-Ing. (FH) M.Eng. Johannes Brühl*

30 MASSIVBAU

Die Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken nach der Technischen Regel des Deutschen Instituts für Bautechnik / Jede Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung muss geplant werden – von Sachkundigen Planern mit belegbaren spezifischen fachlichen Kenntnissen

Dipl.-Ing. Harald von Thaden

36 BRANDSCHUTZ I

Bei der Sanierung historischer Bauten müssen die Schutzziele des Denkmal- und Brandschutzes ebenbürtig behandelt werden / Wenn die Durchsetzung verordneten Brandschutzes die Substanz der Denkmale gefährdet, wird das Schutzziel der Denkmalpflege verfehlt

Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Geburtig

50 PRÜFPRAXIS

Die Filstal-Eisenbahnbrücken zwischen Wendlingen und Ulm: Ein imposantes neues Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst / Mit ihrer neuartigen Konstruktion für ein statisch unbestimmtes Rahmentragwerk sind die Erfahrungsbereiche des modernen Eisenbahnbrückenbaus verlassen worden

Dr.-Ing. Andreas Jähring

50 Wenn die Geografie ...



... und die ingenieurarchitektonische Kultur nicht so recht zueinander passen, dann müssen die Ingenieure Neues erdenken – wie für die Eisenbahn-Überquerung des Filstals zwischen Wendlingen und Ulm, wo eine Konstruktion realisiert worden ist, die jenseits aller Erfahrung des Eisenbahnbrückenbaus entwickelt wurde.

67 BAUWERKSPRÜFUNG

Anwendung und Erfahrungen mit der Nachrechnungsrichtlinie der Hamburger Hafenbehörde für Kaimauern und Uferwände / Ein spezielles Zustandsbewertungsprogramm ermöglicht die konforme Bewertung der Bauwerke und die kurz- bis langfristige Planung der erforderlichen Maßnahmen

Dipl.-Ing. Frank Feindt / Dr.-Ing. Ilka Jessen

74 BRANDSCHUTZ II

Neue Untersuchungen über die Beeinflussung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen durch Photovoltaikanlagen auf Dächern / Wenn auf bestimmten Gebäuden verschiedene technische Anlagen nebeneinander installiert werden sollen, müssen spezielle baurechtliche Prämissen erfüllt werden

Dipl.-Ing. Bernd Konrath

80 BAUNORMEN

Ein zeitgemäßer Vorschlag zur Organisation der Datenbasis für die nächste Normengeneration / Könnte man nicht auf der Grundlage definierter Qualitätsanforderungen überall bestehende und gepflegte Datenpools für die Genese künftiger Regelwerke nutzen?

Prof. (FH) Dr.-Ing. habil. Dirk Proske MSc. / Professor André T. Beck / Dr.-Ing. Lars Eckfeldt / Prof. Dr. Robby Caspeepe

86 IMPRESSUM

Arbeitstagung der Prüfengeieure für Bautechnik am 19. und am 20./21. September in Wiesbaden

Mitgliederversammlung mit Vorstandswahlen / Aktuelle Fachvorträge über baurechtliche, bautechnische und infrastrukturelle sowie über Brandschutzthemen

Mit der Wahl eines neuen Präsidenten und eines neuen Vorstandes wird am Nachmittag des 19. September 2024 im Dorint Pallas Hotel in Wiesbaden die nächste Mitgliederversammlung der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik stattfinden. Der derzeitige Präsident, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, wird sich nach sechsjähriger Amtszeit altersbedingt nicht noch einmal zur Wahl stellen. Freitag und Samstag danach, also am 20. und 21. September, wird die Bundesvereinigung ihren Mitgliedern und ihren Gästen wieder einen abwechslungsreichen Stapel zugkräftiger Fachvorträge von renommierten und angesehenen Referenten über baurechtliche und bautechnische Themen, über infrastrukturelle Projekte und über ausgesuchte Brandschutzprobleme bieten.

Doch vor den Fachvorträgen wird der Präsident des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft, seinen bereits traditionell auf der Tagesordnung der BVPI-Arbeitstagungen stehenden „Bericht aus dem DIBt“ erstatten und über die neuesten und aktuellen Themen sprechen, die von Tragweite für die Arbeit der Prüfengeieure und der Prüfsachverständigen sind. Danach geht es Schlag auf Schlag weiter mit Referaten über:

- die Großgeräteinitiative der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Computertomografie zur Untersuchung

von Bauteilen unter Laststeigerung (Prof. Dr. Matthias Pahn, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau),

- die neue DIN 18940 für die Konstruktion, Bemessung und Ausführung tragenden Lehmsteinmauerwerks (Dipl.-Ing. Christoph Liebrich, Materialforschungs- und -prüfanstalt Weimar / Clay Expert Center),
- die Bewertung der Qualität zementgebundener Baustoffe mit elektrischen Verfahren (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach, Institut für Baustoffforschung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen),

- Carbonseile im Brückenbau am Beispiel der Oderbrücke Küstrin-Kietz (Lorenz Haspel, schlaich bergemann partner, Stuttgart),
- die Aktualisierung der Richtlinie des Bauüberwachungsvereins (BÜV) für Wiederkehrende Bauwerksprüfungen im Hochbau (Dipl.-Ing. Dr. techn. Robert Schmiedmayer, m4 Ingenieure GmbH, München),
- Brandschutzprüfungen für Bahnanlagen (Diplom-Physikerin, M.Eng. Monika Rosemann, Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH, Leipzig),
- vielfach angewandte Ingenieurmethoden beim Neubau einer Passagier-Transportstation in Stahlbauweise am Flughafen Frankfurt (Dr.-Ing. Regine Schneider, Markus Henzel M.Eng./B.A., Ingenieurbüro Krebs+Kiefer, Darmstadt),
- Brandsimulation: Praxisbeispiel und Anwendungsgrenzen zur Berücksichtigung der Rauchtotoxicität mit der FED Methode (Dipl.-Ing. Udo Kirchner, Halfkann + Kirchner Part GmbH, Erkelenz, Andreas Kanitz M.Sc., hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH, Berlin),
- Chancen der Digitalisierung für die Verlängerung der Nutzungsdauer am Beispiel der Nibelungenbrücke zu Worms (Ministerialrat Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Berlin),
- die numerische Begleitung des digitalen Zwillings für die Nibelungenbrücke in Worms (Dr.-Ing. Naceur Kerkeni, H+P Ingenieure GmbH, Aachen),
- die FOUR Hochhäuser in der Frankfurter City als komplexe Herausforderungen für Tragwerksplanung und Prüfung (Prof. Dr.-Ing. Hans Georg Reinke, Werner Sobek Frankfurt GmbH, Dipl.-Ing. Alexander Berger, Bollinger und Grohmann, Frankfurt/Main, Dr.-Ing. Guido Hausmann, Planungsgesellschaft König und Heunisch, Frankfurt/Main),



Foto: Shutterstock

DAS SPIELKASINO IN WIESBADEN ist wohl eines der bekanntesten Bauwerke der hessischen Landeshauptstadt – ganz in seiner Nähe, im Dorint Pallas Hotel, werden am 19. und am 20./21. September die diesjährige Mitgliederversammlung und die Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik stattfinden – mit einem sehr attraktiven fachlichen Vortragsprogramm.

— Grundlagen, Prüfung und Anwendung der Pfahl-Plattengründung als ressourcenschonende Gründungstechnologie zur CO₂-Reduktion (Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach, Katzenbach Ingenieure, Frankfurt/Main, Prof. Dr.-Ing. Simon Meißner, Prof. Dr.-Ing. Quick und Kollegen Ingenieure und Geologen GmbH, Darmstadt).

Den Abschluss dieser beiden an technischen Informationen, fachlichen Mitteilungen und sachverständigen Hinweisen reichen Vortragstagen bildet der Erfahrungsbericht eines Weitgereisten über das „Bauen in Afrika“, die Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich (sbp schlaich bergemann partner) als *Ingenieursafari* schildern wird.

Das Highlight jeder Arbeitstagung der BVPI ist der Landesabend, den die jeweilige Landesvereinigung der Prüfengeieure ausrichtet. Er findet in diesem Jahr im Kloster Eberbach statt, das für seinen Weinbau berühmt ist und mit seinen romanischen und frühgotischen Bauten zu den bedeutendsten Kunstdenkmälern Europas zählt.

Die Nutzerzahlen und die Akzeptanz der Elektronischen Bautechnischen Prüfsache ELBA steigen weiter stark an

Derzeit nutzen schon rund 75 Prozent der Prüfengeieure und Prüfsachverständigen und viele andere am Bau Beteiligte und Bauaufsichtsbehörden diese neue Plattform

Wie in den vergangenen Ausgaben des PRÜFINGENIEURS berichtet, arbeiten die Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik (BVPI) und ihre Landesvereinigungen seit 2021 an der Errichtung einer webbasierten Daten- und Kommunikations-Austauschplattform für die Prüfung bautechnischer Nachweise. Das unter dem Namen ELBA laufende Projekt hat mittlerweile die Pilotphase erfolgreich durchlaufen und befindet sich in Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein im produktiven Einsatz; in den übrigen Bundesländern wird er für Mitte 2024 erwartet. Damit nutzen jetzt rund 75 Prozent der Prüfengeieure und Prüfsachverständigen in Deutschland und viele andere am Bau Beteiligte, darunter auch zahlreiche Bauaufsichtsbehörden, diese neue Plattform.

Seit 2022 sind jetzt mehr als 5500 Prüfprojekte über die ELBA-Plattform bearbeitet worden. Dabei wurden rund 150.000 digitale Dokumente ausgetauscht. Insgesamt bewegen sich rund 7100 aktive Nutzer auf der Plattform. Die Zahlen belegen, wie erfolgreich die Plattform innerhalb kürzester Zeit geworden ist.

Der Einstieg in die Plattform erfolgt über die sogenannten Landingpages www.bvpi-elba.de oder pruefakte.de. Von dort aus können die unterschiedlichen Ländermodule angewählt werden, um Zugang zu den jeweiligen Prüfprojekten zu erhalten. Aus Sicherheitsgründen erfolgt der Zugang zur Plattform ausschließlich über einen Einladungslink eines auf ELBA bereits registrierten Nutzers beziehungsweise einer bereits registrierten Organisation, zum Beispiel einer Bewertungs- und Verrechnungsstelle oder einer Bauaufsichtsbehörde.

Ausgehend von gemeinsamen Grundfunktionen wurden die Ländermodule auf die jeweiligen länderspezifischen Vorgaben der bautechnischen Prüfung, zum Beispiel hoheitliche und privatrechtliche Prüfung beziehungsweise hoheitlicher und privatrechtlicher Auftraggeber, angepasst. Über ELBA können sowohl Prüfprojekte zur Standsicherheit als auch zum Brandschutz abgewickelt werden. Die grundsätzliche Verfahrenshoheit der Bau-

aufsichtsbehörden über die bautechnische Prüfung bleibt selbstverständlich unberührt.

Ganz im Vordergrund von ELBA steht die universelle und sichere Nutzungsmöglichkeit des Datenaustausches über die Plattform. So vielschichtig und unterschiedlich die Bürostrukturen der Nutzer auch sind, soll jeder Beteiligte von der Plattform profitieren und diese leicht in die eigenen Büroabläufe eingliedern

können. Auch Behörden, Entwurfsverfasser, Planer und Bauherren können von der Nutzung von ELBA erheblich profitieren.

Der Einstieg in die Nutzung von ELBA erfolgt nach kurzer Einarbeitungszeit weitestgehend intuitiv. Auf der Grundlage eines ausdifferenzierten Rollen- und Rechtssystems werden jedem Nutzer individuelle Zugriffsrechte zugewiesen, mit denen beispielsweise Dokumente



DIE WEBBASIERTE Daten- und Kommunikations-Austauschplattform für die Prüfung bautechnischer Nachweise (ELBA), die die Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik und ihre Landesvereinigungen erarbeitet haben und weiterentwickeln, setzt sich jetzt in allen Bundesländern durch: unser Foto zeigt die ELBA-Landingpage.

von der Plattform heruntergeladen, bearbeitet und wieder auf die Plattform hochgeladen werden können. Für eine übersichtliche und systematische Ablage der Daten sorgt eine leicht verständliche Ablageordnung. Darüber hinaus stehen für Anwendungsfragen von ELBA ein umfassendes ELBA-Wiki sowie eine Hotline zur Verfügung. Insgesamt wird damit eine sehr niedrigschwellige Hürde für die Nutzung und die Arbeit von und mit ELBA sichergestellt.

Einige Ländermodule von ELBA, beispielsweise in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Bremen, bieten den Prüfsachverständigen und Prüfungsverständigen zusätzlich zu den ELBA-Grundfunktionen eine Anwendung zur Nutzung einer qualifizierten elektronischen Signatur an, um gegebenenfalls vorhandene Schriftformerfordernisse abzudecken. In anderen Ländermodulen können plattformunabhängige elektronische Signaturdienste genutzt werden. In Niedersachsen sind die Verwaltungsakte einiger Bauaufsichten angekopiert worden.

Die Sicherheit und die Integrität der über ELBA ausgetauschten Daten und Dokumente sowie der Plattform selbst entsprechen höchsten Sicherheitsstandards. Die Datenhaltung erfolgt redundant über in Deutschland betriebene Rechenzentren mit höchsten Sicherheitsstandards. Zur Absicherung der Datensicherheit und des Datenschutzes wurden strukturierte Penetrationstests durchgeführt, die das hohe Sicherheitsniveau der Plattform bestätigen.

Trotz der großen Fortschritte, die bisher mit der Plattform erzielt werden konnten, bleiben für die Zukunft noch weitere wichtige Schritte zu gehen. Eine äußerst wichtige Aufgabe besteht darin, die ELBA-Länderplattformen über die Vorgaben des XBau-Standards durchgängig an die Plattformen der Bauaufsichtsbehörden beziehungsweise vorhandener bundeslandweiter Plattformen anzuschließen. Der Anschluss soll dabei über sogenannte XBau-Nachrichten mit den Nummern 0500 ff. erfolgen. Damit kann gewährleistet werden, dass die jeweiligen Nachrichten automatisch den richtigen Empfänger und das richtige Projekt erreichen.

Grundvoraussetzung dafür ist allerdings, dass insbesondere die Bauaufsichtsbehörden mit der erforderlichen IT-Infrastruktur ausgestattet werden und dass ein politischer Konsens zur Umsetzung der im IT-Planungsrat erarbeiteten Vorgaben hergestellt und umgesetzt wird. Hieran werden die BVPI und ihre Landesvereinigungen in den nächsten Monaten intensiv weiterarbeiten.

Die neue EU-Bauprodukteverordnung muss ab Herbst 2025 angewendet werden – Aber 15 Jahre lang parallel zur alten

Primäre Ziele sind Harmonisierung und Sicherheit, verbesserte Kreislaufwirtschaft, mehr Verbraucherschutz und die Förderung von Innovation und Wettbewerbsfähigkeit

Nachdem das EU-Parlament, der EU-Rat und die EU-Kommission sich im Dezember 2023 in Straßburg auf einen gemeinsamen Verordnungstext geeinigt hatten, war klar: Die fertige neue Bauprodukteverordnung der EU (BauProdVO) kann im Herbst 2024 im Amtsblatt der EU veröffentlicht werden. Damit wird sie ab dem Herbst 2025 zwingend angewendet werden müssen, während aber die alte Ausgabe besitzstandswahrend fünfzehn Jahre lang für Altfälle parallel mitläuft. Damit ist für die künftige Praxis der Planungs- und Baubranche ein entscheidender Meilenstein gesetzt worden, der insbesondere für Ingenieure und Prüfsachverständige von hoher richtungsweisender Relevanz ist. Für sie steht die Beschleunigung der Normung von Bauprodukten im Vordergrund.

Vor gut acht Jahren hatte die EU-Kommission mit den ersten Überlegungen für eine Überarbeitung der aktuellen Bauprodukteverordnung (EU) Nr. 305/2011 begonnen, die 2013 die damalige Bauproduktenrichtlinie abgelöst hatte. Nach der Beauftragung diverser Gutachten und nach der Durchführung mehrerer Befragungen der betreffenden Marktteilnehmer stellte die Kommission im März 2022 erstmalig einen konkreten Entwurf für die Überarbeitung der aktuellen Verordnung vor. Er wurde nach eingehenden Beratungen aller Beteiligten zu dem konsolidierten Verordnungsentwurf weiterentwickelt, mit dem ab Mitte 2023 der sogenannte Trilog aufgenommen werden konnte, eine im Gesetzgebungsverfahren der EU interinstitutionelle informelle Verhandlung, an der Vertreter des Europäischen Parlaments, des Rates der Europäischen Union und der Europäischen Kommission teilnehmen. Damals konnten sich die drei gesetzgebenden Institutionen der EU ungewöhnlich schnell, nämlich schon im Dezember 2023, auf einen gemeinsamen Verordnungstext einigen. Dieser wurde anschließend durch den Administrationsprozess der Kommission geschickt und ist mittlerweile vom Europäischen Parlament verabschiedet worden.

Damit ist gewährleistet, dass die neue Verordnung im Herbst 2024 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht werden kann. Obligatorisch angewendet werden muss sie zwölf Monate später, also ab Herbst 2025. Die zurzeit aktuelle Bauprodukteverordnung (EU) Nr. 305/2011 wird aber erst fünfzehn Jahre nach Inkrafttreten der neuen Bauprodukteverordnung vollständig außer Kraft treten, also im Jahr 2039. So kann fünfzehn Jahre lang sichergestellt werden, dass nach alter Richtlinie begonnene Projekte nach alter Vorschrift auch weitergeführt werden können und nicht innerhalb ihrer laufenden Abwicklung in die Befolgung der neuen Verordnung wechseln müssen.

Inhaltliche Ziele der Überarbeitung der aktuellen Verordnung waren und damit die Inhalte der neuen Verordnung sind:

— **Harmonisierung und Sicherheit:** Die Verordnung zielt darauf ab, harmonisierte Bedingungen für das Inverkehrbringen von Bauprodukten festzulegen; dadurch soll die Sicherheit der Produkte gewährleistet werden.

— **Harmonisierung und Sicherheit:** Die Verordnung zielt darauf ab, harmonisierte Bedingungen für das Inverkehrbringen von Bauprodukten festzulegen; dadurch soll die Sicherheit der Produkte gewährleistet werden.

- **Förderung der Kreislaufwirtschaft:** Die Verordnung soll die Entwicklung von solchen Bauprodukten fördern, die langlebig sind, leicht repariert und am Ende ihrer Lebensdauer recycelt werden können; dies soll zur Nachhaltigkeit und zur Reduzierung von Abfall beitragen.
- **Transparenz und Verbraucherschutz:** Die Verordnung will die Information für Verbraucher verbessern, indem sie klare Regeln für die Kennzeichnung von Bauprodukten festlegt; dadurch sollen die Verbraucher fundiertere Entscheidungen treffen können als bisher.
- **Förderung von Innovation und Wettbewerbsfähigkeit:** Die Verordnung soll die Entwicklung innovativer Bauprodukte fördern und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Bauproduktindustrie stärken.

Ob diese Ziele mit dem nun vorliegenden Verordnungstext erreicht werden können, bleibt abzuwarten. Auffällig ist immerhin, dass der Umfang des Verordnungstextes deutlich zugenommen hat, nämlich von ursprünglich 63 auf jetzt mehr als 130 Seiten Gesetzestext. Er enthält außerdem verschiedene Ermächtigun-

gen der Europäischen Kommission, weitere *Delegierte Rechtsakte* und Durchführungsregelungen zu erlassen. Ob mit diesem Umfang eine Vereinfachung der Materie erreicht werden kann, ist fraglich. Auch der jahrlange Parallelbetrieb von alter und neuer Bauprodukteverordnung spricht auf den ersten Blick nicht für eine Vereinfachung der Materie.

Die speziellen Neuerungen der Verordnung konzentrieren sich auf essenzielle Aspekte, wie die CE-Kennzeichnung, harmonisierte Test- und Prüfverfahren sowie spezifische Anforderungen für über 700 verschiedene Bauprodukte. Von Ziegelsteinen bis hin zur Wärmedämmung deckt die Verordnung ein breites Spektrum ab und zielt darauf ab, die Qualität, Sicherheit und Nachhaltigkeit von Bauprodukten zu gewährleisten.

Für viele große Hersteller von Bauprodukten mag die neue Verordnung zumindest als ein Teilerfolg für eine verbesserte Vermarktung und Lieferung ihrer Produkte im EU-Binnenmarkt eingeordnet werden. Für kleine und mittelständische, planende und prüfende Ingenieurbüros dürfte die neue Verordnung al-

lerdings viele Fragen aufwerfen, die nur mit hohem administrativen Aufwand und Spezialwissen beantwortet werden können.

Für Ingenieure steht daneben die Beschleunigung der Normung von Bauprodukten im Vordergrund. Die klaren Vorschriften für die Erstellung neuer Normen sowie für eine transparente Kommunikation aller am Normungsprozess Beteiligten sind für die Branche von herausragender Bedeutung. Ein spezifischer Arbeitsplan für die Kommission soll nun sicherstellen, dass zukünftig schneller ein CE-Zeichen für Produkte erteilt wird, was insbesondere für die reibungslose Vermarktung und den schnellen Einsatz innovativer Produkte von Bedeutung ist.

Die Reform stellt nicht nur einen Schritt in Richtung harmonisierter Standards dar, sondern ebnet auch den Weg für die Digitalisierung der Baubranche. Die Einführung eines digitalen Produktpasses beispielsweise könnte den Ingenieuren den digitalen Zugriff auf Produktinformationen erleichtern, beispielsweise direkt auf der Baustelle über ein Smartphone.

RA Henning Dettmer, BVPI

Die Arbeit an der 2. Generation der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau ist jetzt fast abgeschlossen

Neuerdings werden die Eurocodes wohl auch mit Künstlicher Intelligenz übersetzt, was zu schlecht lesbaren, missverständlichen deutschen Fassungen führen kann

Mit Drucklegung dieser Ausgabe des PRÜFINGENIEURS hat sich das Fenster für die öffentliche Einflussnahme auf die Entwürfe der Eurocodes – hier speziell des Eurocode 0 und des Eurocode 1 – fast geschlossen. Wie den beiden Tabellen auf der nächsten Seite zu entnehmen ist, hat am 1. März 2023 das Enquiry, also die öffentliche Bewertung des Gelbdruckes, für beide Normen im europäischen Normungsumfeld begonnen; sie soll im Juni 2024 abgeschlossen werden. (Eine detaillierte Darstellung der Zeitabläufe und der Organisation des zuständigen europäischen Technischen Komitees 250 (CENTC250) kann in der Ausgabe 61 des PRÜFINGENIEURS (Seite 41, fortfolgend) nachgelesen werden.)

Damit sind die folgenden überarbeiteten Eurocode-1-Teile die letzten Normenteile des EC1, die diese Phase durchlaufen:

- „Einwirkungen auf Tragwerke“: Teil 1-4 „Allgemeine Einwirkungen – Windlasten“ (über die Inhalte berichteten wir in Ausgabe 62, Seite 7, fortfolgend des PRÜFINGENIEURS),
- Teil 1-6 „Allgemeine Einwirkungen – Einwirkungen während der Bauausführung“,
- Teil 3 „Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen“ (über die Inhalte berichteten wir in Ausgabe 63, Seite 71, fortfolgend des PRÜFINGENIEURS),

- Teil 4 „Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter“,
- sowie der neu entwickelte Teil 1-8 „Einwirkungen durch Wellen und Strömungen auf Küstenbauwerke“

Nach Prüfung der europäischen Kommentare, nach Diskussion in den zuständigen Unterausschüssen (*Sub Committees*) des Technischen Ausschusses 250 des Europäischen Komitees für Normung (CENTC250) und nach der Überarbeitung der Norm folgt dann nur noch die formelle Abstimmung (*Formal Vote*) im nächsten Jahr (2025). Zu diesem Zeitpunkt sollten nur noch redaktionelle Kommentare abge-

geben werden. Technische Änderungen sind danach zwar auch noch möglich, müssen aber in Einklang mit dem Normungsprozedere über offizielle *Änderungsanträge* eingebracht werden, die vom TC250 (somit von höchster Eurocode-Instanz) autorisiert werden müssen. Hierfür kann als Beispiel das *Enquiry* in diesem Jahr für die Aufteilung der vormals schon einmal im *Formal Vote* abgestimmten und verabschiedeten Fassung der EN1990:2023 in zwei Normenteile genannt werden. So wird es zukünftig eine Norm EN1990 „Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken“ Teil 1: „Neubauten“ (EN1990-1) sowie einen Teil 2: „Bewertung von Bestandsbau-

ten“ (EN1990-2) geben. Neben dieser grundlegenden Änderung, die von deutscher Seite auch in Hinblick auf die zukünftige bauaufsichtliche Einführung unterstützt wurde, wurden der EN1990-1 die spezialisierten Anhänge

- A3 „Anwendungen für Türme, Maste und Schornsteine“;
- A4 „Anwendungen für Silos und Tankbauwerke“;

- A5 „Anwendungen für Unterstützungskonstruktionen von Kranen oder anderen Maschinen“;
- A6 „Anwendungen für Tragwerke von Meeres- und Küstenbauwerken“

beigefügt, die die unter anderem für diese Bauwerke erforderlichen Kombinationen, Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte enthalten.

Aus teils unverständlichen Gründen sind die Termine für die öffentliche Kommentierung der Normen im Deutschen Institut für Normung (DIN) nicht mit den Europäischen Einspruchsfristen deckungsgleich. Für deutsche Einsprecher sind sie meistens nicht nur kürzer, sondern sie enden auch früher. Für die hier oben genannten Normen endeten zum Beispiel die letzten Einspruchsfristen am 2. April. Als ein Grund für diese kurzen Fristen kann die

SC 1						
Eurocode part	No. pages (roughly)	Start CEN Enquiry	End of CEN Enquiry [16 weeks]	Start FV	End of FV [8 weeks]	DIN/AFNOR ends translation for publication [4 weeks]
EN 1991-1-1	50	01.03.2023	20.06.2023	01.10.2024	25.11.2024	28.01.2025
EN 1991-1-2	68	01.09.2021	21.12.2021	01.10.2023	23.11.2023	26.01.2024
EN 1991-1-3	52	01.03.2023	20.06.2023	01.10.2024	25.11.2024	28.01.2025
EN 1991-1-4	200	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026
EN 1991-1-5	32	01.03.2023	20.06.2023	01.10.2024	25.11.2024	28.01.2025
EN 1991-1-6	34	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026
En 1991-1-7	72	01.09.2023	21.12.2023	01.04.2025	26.05.2025	29.07.2025
EN 1991-1-8	230	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026
EN 1991-1-9	35	01.03.2023	20.06.2023	01.10.2024	25.11.2024	28.01.2025
EN 1991-2	153	01.09.2021	21.12.2021	01.04.2023	25.05.2023	28.07.2023
EN 1991-3	52	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026
EN 1991-4	180	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026

Quelle: CEN/TC250 Eurocode draft publication schedule 2023

Tabelle 1: CEN/TC250/SC1: Stand des „Enquiry“ und des „Formal Vote“ der EC1-Teile

SC 10						
Eurocode part	No. pages (roughly)	Start CEN Enquiry	End of CEN Enquiry [16 weeks]	Start FV	End of FV [8 weeks]	DIN/AFNOR ends translation for publication [4 weeks]
EN 1990 (Package 1 – Main text, A1, B, C, D, E, F)	120	01.09.2020	21.12.2020	01.10.2022	24.11.2022	27.01.2023
EN 1990 (Package 2a – A2, G, H)	73	01.09.2021	21.12.2021	01.10.2022	24.11.2022	27.01.2023
EN 1990-1 (formerly Package 2b)	80	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026
EN 1990-2 Assessment	40	01.03.2024	20.06.2024	01.10.2025	25.11.2025	28.01.2026

Quelle: CEN/TC250 Eurocode draft publication schedule 2023

Tabelle 2: CEN/TC250/SC10: Stand des „Enquiry“ und des „Formal Vote“ der ECO-Teile

Übersetzungsleistung gelten, die das DIN für den deutschen Sprachraum mit übernimmt, was bei umfangreichen Normen zu Verzögerungen bei den nationalen Veröffentlichungen führen kann; darüber hinaus wird Zeit benötigt, um deutsche Kommentare in die CEN-Sprache Englisch zurückzuübersetzen.

Es hat neuerdings den Anschein, als würden die Übersetzungen jetzt auch mit Unterstüt-

zung von *Künstlichen Intelligenzen* bewerkstelligt. Dies führt in Kombination mit den kurzen Kommentierungsfristen und für umfangreiche Normentexte zu teils mangelhaften deutschen Sprachfassungen mit unglücklichen, missverständlichen Formulierungen. Dies ist ein bekannter, viel diskutierter Umstand, der öfter in Ausschüssen und Gremien für Unmut sorgt, da das Ergebnis schlecht lesbare Normen sein können, die deren Anwend-

barkeit erheblich erschwert. Zusätzlich behält sich das DIN gelegentlich eine Deutungshoheit für Vokabular und Übersetzung vor, die manchmal nicht nachvollziehbar ist. Eine kurzfristige Lösung des Problems ist derzeit nicht in Sicht. In Summe stellt es jedoch eine hohe Belastung für die – meistens ehrenamtlich tätigen – Mitarbeiter in den einzelnen Gremien dar.

Dipl.-Ing. Christian Klein, BVPI

Hennecke erneut zum Vorsitzenden der Vereinigung der EBA-Prüfsachverständigen im Eisenbahnbereich gewählt

Schwerpunkt der künftigen Vorstandstätigkeit sollen die Nachwuchswerbung und Verbesserungsvorschläge für die Vergütungs-Richtlinie RVP von 2019 sein

Die satzungsgemäß alle zwei Jahre stattfindende Mitgliederversammlung der Vereinigung der Sachverständigen und Prüfer für Bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau (vpi-EBA) hat auf ihrer jüngsten Sitzung Ende Februar im Kongress- und Kulturzentrum in Fulda ihren langjährigen Vorsitzenden, Dr.-Ing. Markus Hennecke (München), für die nächsten zwei Jahre in seinem Amt bestätigt. Als einen Schwerpunkt der Tätigkeit des Vorstandes der vpi-EBA bezeichnete Hennecke nach seiner Wahl die Beteiligung seiner Vereinigung an der Vorbereitung und Ausformulierung der Novellierung des seit 2019 konstanten Niveaus der Vergütung der freiberuflichen Prüftätigkeiten im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamts (EBA) und das Bemühen um die Gewinnung geeigneten Nachwuchses für die Tätigkeit des Prüfsachverständigen im Eisenbahnwesen.

Die 2024er Mitgliederversammlung der vpi-EBA wurde im Vorfeld der am selben Tag stattfindenden 26. Jahresfachtagung der Eisenbahn-Sachverständigen des Eisenbahn-Bundesamtes durchgeführt, auf der viele Themen behandelt wurden, die im Zusammenhang mit der Arbeit der Sachverständigen der vpi-EBA zu sehen sind. An der inhaltlichen Ausgestaltung dieser Tagungen haben, woran Hennecke in der Mitgliederversammlung der vpi-EBA explizit erinnerte, die vpi-EBA und ihre Mitglieder häufig maßgeblichen Anteil, weil auf diesen Tagungen „unsere eigenen Mitglieder als hochqualifizierte Experten ihres Bereichs immer wieder über die verschiedensten Themen referieren“, wie Hennecke betonte.

Zu den Themen der Jahrestagung der Eisenbahn-Sachverständigen in Fulda gehörten viele solcher Themen, die im Zusammenhang mit der Arbeit der Sachverständigen zu sehen sind, neben anderen auch aktuelle Sachfragen im Zusammenhang mit den neuen *Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität* (TSI), die im vergangenen Jahr aktualisiert worden sind. Die TSI enthalten die Anforderungen und die Prüfverfahren für Interoperabilitätskomponenten und Teilsysteme, die für ein sicheres und interoperables, also tech-

nisch kompatibles europäisches Bahnsystem sowohl im Hochgeschwindigkeitsverkehr als auch im konventionellen Verkehr eingeführt worden sind. Das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) ist zuständig für die Anerkennung und Überwachung der dort geforderten *Benannten Stellen* in Deutschland, die die Konformität von Eisenbahnprodukten mit dem europäischen Regelwerk bewerten. Außerdem wurden auf der EBA-Jahresfachtagung vertiefend Projekte und Verfahren aus den Bereichen Ingenieur- und Hochbau, Leit- und Sicherungstechnik und Fahrzeuge behandelt – alles Themen, die die Sachverständigen der vpi-EBA direkt tangieren können.

In allen diesen Fachbereichen tut sich, wie Hennecke in der Mitgliederversammlung nach der Abarbeitung der obligatorischen Verbandsregularien weiter betonte, ein weites Feld für die Tätigkeit der vpi-EBA auf. Er hat den Mitgliedern deshalb auch ausführlich und detailliert darüber berichtet, inwieweit und inwiefern in den vergangenen zwei Jahren erreicht worden sei, was zu erreichen man als Verband sich vorgenommen hatte. Dazu gehören unter anderem und im Sinne der Rekrutierung von Nachwuchs sowie der Wahrung des Berufsstandes die sorgfältige Planung

und qualitativ hochwertige Umsetzung von diversen Informationsveranstaltungen für interessierte Ingenieure und Ingenieurinnen, die, so Hennecke, „mit dem Gedanken spielen, das Anerkennungsprozedere beim EBA zu durchlaufen, um am Ende als Prüfsachverständige im Eisenbahnwesen arbeiten zu können“.

Außerdem erinnerte Hennecke seine Kollegen und Kolleginnen an die „intensive Versorgung der eigenen Mitglieder mit Informationen verwaltungsrechtlicher Natur aus dem Hause EBA, mit Berichten über Neuerungen in normativer Hinsicht, bautechnische Prüfungen betreffend, und über die erfolgreiche Pflege der Kontakte zu den wichtigsten Partnern am Bau, vornehmlich zum EBA und zur DB InfraGo“, dem Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen des Bundes, das als hundertprozentiges Tochterunternehmen der Deutschen Bahn AG in diesem Jahr die Aufgaben der beiden früheren DB-Unternehmen DB Netz AG und der DB Station & Service AG übernommen hat.

Neben diesen zentralen berufspraktischen Aufgaben stehen der vpi-EBA, wie Hennecke zum Abschluss der Mitgliederversammlung

betonte, zahlreiche andere neue berufspolitische Herausforderungen ins Haus.

Im besonderen Fokus werde dabei die verbandsinterne Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen für die *Inhalte der Richtlinie für die Vergütung für die statische und konstruktive Prüfung von Ingenieurbauwerken für Verkehrsanlagen sowie die Prüfung des baulichen Brandschutzes für Personenverkehrsanlagen der Eisenbahnen im Zuständigkeitsbereich des Eisenbahn-Bundesamtes (RVP)* stehen, die mit ihrer Ausgabe von 2019 nach wie vor gültig, aber schon lange nicht mehr zeitgemäß und gegenwartsnah sei.

Den Vorstand der vpi-EBA, deren Mitglieder durchweg vom Eisenbahn-Bundesamt (EBA) anerkannte Prüfsachverständige für bautechnische Nachweise im Eisenbau sind, bildeten seit November 2018 Dr.-Ing. Markus Hennecke (München) als Vorsitzender, Dr.-Ing. Thomas Klähne (Berlin) sowie Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Mensinger (München) als dessen Stellvertreter. Klähne und Mensinger haben nach ihrer sechsjährigen Tätigkeit im Vorstand jetzt ihre Vorstandsämter abgegeben, an ihre Stelle traten Dr.-Ing. SFI Christian Böttcher (Hamburg) und Dipl.-Ing. Annett Mähl (Dresden) als Stellvertreter und Stellvertreterin des Vorsitzenden in den Vorstand gewählt.

Satzungsgemäß standen auf dieser vpi-EBA-Mitgliederversammlung neben den Vorstandswahlen auch die Wahlen der Rechnungsprüfer sowie des Ehrenrates an, der die oberste Instanz in allen mit der Mitgliedschaft in der vpi-EBA zusammenhängenden möglichen Streitigkeiten bildet. Als Rechnungsprüfer wiedergewählt wurden: Dr.-Ing. Hans Scholz (Berlin) und Dipl.-Ing. Josef Seiler (Berlin). In den Ehrenrat wiedergewählt wurden Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach (Dresden), Dr.-Ing. Ioannis Retzepis (Karlsruhe) und Dr.-Ing. Ulrich Scholz (München). Neu in den Ehrenrat wurde Dr.-Ing. Thomas Klähne (Berlin) gewählt.

Dipl.-Ing. Roland Eisler zum neuen Vorsitzenden der Landesvereinigung der Prüfsingenieure in NRW gewählt

Die Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik NRW hat im Rahmen ihrer jährlich stattfindenden Mitgliederversammlung im November des vergangenen Jahres einen neuen Vorstand gewählt. Der bisherige Vorsitzende Dipl.-Ing. Alexander Pirlet hat nach zwölf Jahren im Amt auf eine erneute Kandidatur verzichtet. Als sein Nachfolger wurde Dipl.-Ing. Roland Eisler (Paderborn) gewählt.

Roland Eisler ist Geschäftsführer des Ingenieurbüros Thormählen + Peuckert Beratende Ingenieure PartG mbB mit Sitz in Paderborn. Er ist bereits seit 2019 im Vorstand aktiv und war bisher seit 2021 zweiter Vorsitzender der Vereinigung. Eisler ist darüber hinaus Mitglied der Vertreterversammlung der Ingenieurkammer-Bau von Nordrhein-Westfalen, wo er sich im Ausschuss „Planen und Bauen“ unter anderem für die Belange der Prüfsingenieure für

Bautechnik einsetzt. Als wichtigste Themen ihrer zukünftigen Tätigkeit haben der neue Vorsitzende und sein Vorstand die Förderung junger Prüfsingenieurkandidaten sowie die Einbindung der Prüftätigkeit in die digitalen Genehmigungsprozesse der Bauverwaltung ausgemacht.

Der scheidende Vorsitzende Alexander Pirlet ist in dieser Mitgliederversammlung mit be-

sonderem Dank für seine langjährige Tätigkeit verabschiedet worden. Er hat in seiner Amtszeit die Aufnahme der Prüfsingenieure für Brandschutz realisiert und im Rahmen seiner Tätigkeit im Vorstand der Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen die Novellierung der Landesbauordnung, die 2019 eingeführt worden ist, maßgeblich begleitet.

Neben Dipl.-Ing. Alexander Pirlet haben auch die beiden bisherigen Beisitzer Dr.-Ing. Titus Klöcker und Dr.-Ing. Frank Hogeweg ihre langjährige Tätigkeit im Vorstand beendet. Als zweiter Vorsitzender neu in den Vorstand gewählt wurde Dr.-Ing. Thorsten Timm (Düsseldorf) für die Abteilung Standsicherheit, und Dipl.-Ing. Udo Kirchner (Erkelenz) vervollständigt den Vorstand wie bisher für die Abteilung Brandschutz.

Als Beisitzer ergänzen den Vorstand:

- Dr.-Ing. Matthias Andres (Bochum, Standsicherheit);
- Dr.-Ing. Patrick Lammertz (Düsseldorf, Erd- und Grundbau);
- Prof. Dr.-Ing. Dieter Lehnen (Witten, Standsicherheit);
- Dipl.-Ing. Andreas Plum (Aachen, Brandschutz);
- Dr.-Ing. Wolfgang Roeser (Aachen, Standsicherheit);
- Dr.-Ing. Wulf Zillinger (Bonn, Standsicherheit).



DER NEUE VORSTAND der Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik in Nordrhein-Westfalen und die beiden ausgeschiedenen Vorstandsmitglieder (v. l. n. r.): Dipl.-Ing. Andreas Plum, Prof. Dr.-Ing. Dieter Lehnen, Dr.-Ing. Wulf Zillinger, Dr.-Ing. Frank Hogeweg, Dipl.-Ing. Udo Kirchner, Dipl.-Ing. Roland Eisler (Vorsitzender), Dipl.-Ing. Alexander Pirlet, Dr.-Ing. Thorsten Timm, Dr.-Ing. Matthias Andres, Dr.-Ing. Wolfgang Roeser (es fehlen Dr.-Ing. Titus Klöcker und Dr.-Ing. Patrick Lammertz).

BÜV legt Richtlinie für die prinzipielle Vorgehensweise bei der Wiederkehrenden Bauwerksprüfung im Hochbau vor

Angelehnt an einschlägige offizielle Normen erläutert sie als eigenständiges Werk Festlegungen und Definitionen für die Prüfung durch qualifizierte Sachverständige

Der Bau-Überwachungsverein (BÜV), der in den 1980er Jahren, als die staatlichen Verwaltungen sich aus der direkten präventiven Gefahrenabwehr zurückziehen begannen, von unabhängigen Prüfsingenieuren für Baustatik gegründet worden ist, hat eine Richtlinie herausgegeben, mit der die prinzipielle Vorgehensweise bei der Wiederkehrenden Bauwerksprüfung im Hochbau typisierend beschrieben wird. Sie hat allgemeine Festlegungen, Definitionen und Anwendungsregeln für die Durchführung solcher Prüfungen zum Inhalt und kann, in Anlehnung an einschlägige offizielle Regelwerke und Richtlinien für Bauwerke des allgemeinen Hoch- und Industriebaus, als praxisnahes, eigenständiges Werk angewendet werden. Für Bauwerke des Konstruktiven Ingenieurbau gilt sie nicht, für sie (unter anderem für Brücken, Tunnel und Wasserbauten) liegen eigene Regelwerke vor.

Zielgruppe dieser Richtlinie sind alle auf dem Gebiet der wiederkehrenden Bauwerksprüfung im Hochbau tätigen qualifizierten Sachverständigen, gleichzeitig aber auch Bauherren, Eigentümer, Kommunen, Unternehmen der Immobilienwirtschaft et cetera. Ihnen soll diese Arbeitshilfe ein praxistgerechter, vereinheitlichender und anwendungsfreundlicher Leitfaden sein. Die Richtlinie kann aber, wie der BÜV bei ihrer Veröffentlichung ausdrücklich betonte, der Orientierung und Erleichterung der Bearbeitung nur allgemein förderlich sein, eine Festlegung und Empfehlung für den erforderlichen Arbeitsumfang einer Bauwerksprüfung im konkreten Einzelfall kann sie nicht ersetzen.

Die Richtlinie erklärt deshalb ausführlich und einleuchtend, dass und warum im Einzelfall der für die Wiederkehrende Bauwerksprüfung im Hochbau verantwortliche, qualifizierte Sachverständige in Übereinstimmung mit der gültigen Gesetzgebung zu entscheiden habe, welche Prüfungen und Handlungen zur Erfüllung der jeweils gegebenen aktuellen technischen und vertraglichen Anforderungen erforderlich sind.

Der Bau-Überwachungsverein empfiehlt den Anwendern seiner Richtlinie als Konklusion seiner vielen Empfehlungen und fachlichen Hinweise, sämtliche mit der Wiederkehrenden Bauwerksprüfung im Hochbau in Zusammenhang stehenden Leistungen in die Hand einer Person, nämlich in die Hand eines zertifizierten, qualifizierten Sachverständigen zu geben. Er

- führt eine Begehung des Bauwerks durch, um Abweichungen oder Veränderungen gegenüber der Bauwerksdokumentation festzustellen,

- erfasst mit Sichtprüfung, handnaher und gegebenenfalls weiterführenden Prüfungen den aktuellen Zustand des Bauwerks.
- wertet die Bauzustandserfassung aus,
- analysiert die Ursachen eventueller Schäden,
- beurteilt die Auswirkung auf das Bauteil und das Gesamtbauwerk und
- beurteilt die Folgen der Schäden für das Bauteil und das gesamte Bauwerk.

Der Richtlinie ist zu entnehmen, dass das fachgerechte Erkennen und Beurteilen des Zustandes der Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit einer Tragkonstruktion von besonderer Wichtigkeit sind, wobei die Auswirkungen aus Schäden an tragenden Bauteilen auf die Verkehrssicherheit hin geprüft werden müssen.

Durch die Wiederkehrende Prüfung von Bauwerken im Hochbau sollte der Nachweis des Ist-Zustandes der Standsicherheit und der Dauerhaftigkeit sowie der Verkehrssicherheit erbracht und gegebenenfalls eine Notwendigkeit zum Erhalt beziehungsweise zur Wiederherstellung der planmäßigen Eigenschaften aufgezeigt werden. Endziel sei es dabei, dass der Status *Keine Gefährdung* erreicht wird.

Aus der Erfassung des Ist-Zustands und bei Feststellung von Schäden können sich Empfehlungen für weiterführende Aufnahmen gegebenfalls mit Bauteilprüfungen und dem Einsatz von speziellen Messverfahren und/oder Instandhaltungen und Instandsetzungen ergeben. Empfohlene Maßnahmen für die Instandhaltung und Instandsetzung seien, worauf in der Richtlinie explizit hingewiesen wird, im Rahmen einer eigenständigen Planung (in der Regel durch einen sachkundigen Planer oder eine sachkundige Person) zu erbringen.

Diese Planung ist aber nicht mehr Bestandteil der Wiederkehrenden Bauwerksprüfung.

Der qualifizierte Sachverständige ist, so heißt es in der umfangreichen Richtlinie weiter, in seiner Tätigkeit verpflichtet, kritische Punkte, Auffälligkeiten, Schäden oder Ähnliches im Tragwerk zu erkennen, auf ihre Gefahrenpotentiale hin zu untersuchen und zu bewerten. Daher habe der qualifizierte Sachverständige insbesondere statische, konstruktive, baustoffkundliche und bauphysikalische Kenntnisse und Erfahrungen nachzuweisen.

Der qualifizierte Sachverständige ist in der Regel Bauingenieur mit mindestens zehnjähriger Erfahrung im Bereich der Tragwerksplanung, der Bauleitung, der Bauüberwachung und vergleichbaren Tätigkeiten in einer oder mehreren Fachrichtungen. Von den nachgewiesenen Tätigkeiten müssen sich mindestens fünf Jahre auf die Aufstellung von Standsicherheitsnachweisen und mindestens ein Jahr auf technische Bauleitung oder Bauüberwachung beziehen.

Weitere Zusatzqualifikationen oder Befähigungen können ein Teilnahmenachweis eines zukünftigen Bauwerksprüfers und eine kontinuierliche Weiterbildung auf diesem Gebiet darstellen. Der qualifizierte Sachverständige des BÜV würde seine Qualifikation durch die erforderliche Berufserfahrung, die Teilnahme an Weiterbildungsveranstaltungen des BÜV inklusive einer Prüfung sowie durch den regelmäßigen Besuch von fachbezogenen Seminaren und Fortbildungen nachweisen.

Die „Richtlinie Wiederkehrende Bauwerksprüfung im Hochbau“ kann im Internet eingesehen, ausgedruckt oder gespeichert werden: buev.eu > Für Experten > Veröffentlichungen

Urteil des Europäischen Gerichtshofs: Harmonisierte technische Normen müssen kostenlos zugänglich sein

**Kritiker sehen Nachteile für die EU-Wirtschaft und für die freiwillige Normung
Die Befürworter erhoffen sich mehr Transparenz, Verfügbarkeit und Akzeptanz**

Mit einem aufsehenerregenden Grundsatzurteil hat der Europäische Gerichtshof (EuGH) das System der harmonisierten technischen Normen in Europa (DIN/EN) in Frage gestellt und entschieden, dass Unternehmen und Bürger in der EU ein Recht auf kostenlosen Zugang zu allen technischen harmonisierten Europäischen Normen besitzen, wenn diese Normen Bestandteil europäischer Verordnungen und Richtlinien sind.



Foto: Pixabay / Gerd Altmann

MIT EINEM AUFSEHENERREGENDEN URTEIL hat der Europäische Gerichtshof das ganze bisherige Bezahlssystem für europäische technische harmonisierte Normen und damit die fachliche Unabhängigkeit der Erstellung europäischer Normen in Frage gestellt.

Das Urteil (EuGH, C-588/21 P vom 5. März 2024) geht zurück auf die juristische Intervention des Internetaktivisten Carl Malamud (weshalb diese Rechtssache auch als „Malamud-Fall“ bezeichnet wird), dessen Firma – offenbar juristische Reaktionen auf EU-Ebene ganz bewusst provozierend – internationale technische Normen, auch deutsche DIN-Normen, ins Internet gestellt hatte und dafür wegen Verletzungen des Urheberrechts verklagt worden war.

Das Urteil war in dieser Drastik von Fachleuten seit langem befürchtet worden, weil der EuGH schon 2018 in einem anderen Fall, dem Fall „James Elliott“ (Rechtssache C-613/14), erwähnt hatte, dass harmonisierte Europäische Normen „Teil des Unionsrechts“ seien. Jetzt kam der Gerichtshof präzisierend zu dem Ergebnis, dass die im „Fall Malamud“ in Rede stehenden harmonisierten Normen (es ging hier „nur“ um die verbraucherrelevante Sicherheit von Kinderspielzeug), weil sie ein Teil

des Unionsrechts seien, freien und kostenlosen Zugang benötigten; zudem bejahte der EuGH ein überwiegendes öffentliches Interesse am Text harmonisierter EU-Normen, weil ohne Kenntnis solcher Normen die EU-Bürger nicht wissen könnten, welche konkreten Anforderungen das EU-Recht an die Produkte stelle, die von den betreffenden Normen umfasst werden.

Den urheberrechtlichen Schutz harmonisierter Normen hat der EuGH mit diesem Urteil allerdings nicht in Frage gestellt und ist damit dem Hauptargument des Klägers und der Generalstaatsanwältin der EU nicht gefolgt, die gefordert hatten, den Urheberrechtsschutz für harmonisierte Normen generell auszuschließen.

Das Urteil stellt dazu fest, dass der Zugang zu Dokumenten im Rahmen der Verordnung (EG) 1049/2001 unbeschadet bestehender Urheberrechtsvorschriften erfolgt, die das Recht

Dritter auf Vervielfältigung oder Nutzung freigegebener Dokumente einschränken können. Diese Verordnung soll die politisch geforderte Transparenz der EU-Institutionen gewährleisten und eine bessere Beteiligung der Bürger am Entscheidungsprozess sicherstellen, indem sie dekretiert, dass alle EU-Bürger das Recht haben, auf Anfrage Dokumente der Institutionen zu erhalten. Insbesondere Dokumente des Gesetzgebungsprozesses der Europäischen Union sollen dadurch in größtmöglichem Umfang direkt zugänglich gemacht werden.

* CEN = European Committee for Standardization – Europäisches Komitee für Normung
CENELEC = European Committee for Electrotechnical Standardization – Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
ETSI = European Telecommunications Standards Institute – Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen

Die Folgen des Urteils im Malamud-Fall werden schwerwiegend sein und sind vollkommen ungewiss. Weil die Unternehmen, die die Normungsverfahren durchführen, sich durch den Verkauf des Zugangs zu ebendiesen Normen finanzieren, argwöhnen Kritiker nun nachteilige Folgen für das gesamte Wirtschaftssystem der EU, für die Industrie und für bestehende Verbraucherschutzstandards. Auch wird befürchtet, dass das Urteil das europäische System der freiwilligen technischen Normung in Frage stelle und dass es jetzt völlig offen sei, wie zukünftig neue technische Normen weiterentwickelt würden.

Solche Befürchtungen gründen auf der bisherigen Praxis des europäischen Normungssystems: Auf europäischer Ebene erarbeiten die Normungsorganisationen CEN, CENELEC und ETSI* die harmonisierten technischen Normen. Die Standards für diese Normen erarbeiten Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlicher Hand und Zivilgesellschaft, die wiederum von den nationalen Normungsorganisationen entsandt werden – in Deutschland sind das beispielsweise das Deutsche Institut für Normung (DIN) und die Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (DKE). Diese Verbände finanzieren sich mit dem Verkauf der harmonisierten Normen an deren Anwender. So ist sichergestellt, dass nur Experten auf den diversen Gebieten diese Normen zum Beispiel mit Blick auf neue Technologien fortentwickeln, was dem Verbraucherschutz zugutekommt.

Durch das jetzige EuGH-Urteil fällt diese Finanzierungsmöglichkeit weg. Kritiker befürchten, dass die Verbände deshalb ihre Arbeit einstellen und damit das gesamte System der europäischen Normsetzung zum Erliegen kommt.

Andere, wie die international tätige Rechtsanwaltskanzlei Morrison Foerster (Brüssel), die das Urteil im Malamud-Fall erstritten hatte, begrüßen das Urteil: Sie erwarten mehr Transparenz, mehr Verfügbarkeit und mehr Akzeptanz der Anwendung der Normen. Morrison Foerster schreiben zum Beispiel: „Die europäischen Normungsorganisationen, aber auch nationale Organisationen wie das DIN in Deutschland, werden von Unternehmen und Privatpersonen künftig nicht mehr verlangen können, harmonisierte Normen für viel Geld zu kaufen.“

* ISO = International Organization for Standardization – Internationale Organisation für Normung

* IEC = International Electrotechnical Commission – Internationale Elektrotechnische Kommission

Der Kommentar:

Die Verbesserung der Zugänglichkeit zu den Normen wird auch positive Effekte haben

Das Urteil des Europäischen Gerichtshofs hat sehr viele Kommentare für und wider provoziert, was angesichts seiner beachtlichen Relevanz für weite Kreise der europäischen Wirtschaft, vor allem der Bauwirtschaft, nur natürlich ist. Auch diejenigen, die in den vielen Normenausschüssen die mühselige, meistens ehrenamtliche, also unbezahlte Kärnerarbeit leisten, haben sich hier und da öffentlich zu Wort gemeldet. Aus ihrer Sicht wiegen die Nachteile, die das Urteil für die Wirtschaft haben könnte, durchaus genauso schwer, wie die Vorteile, die es vielen anderen Akteuren bieten kann.

Ein Kommentar von Henning Dettmer

Wo Licht ist, da ist auch Schatten. Grundsätzlich ist eine freie, unkomplizierte Einsicht von Normen mit Gesetzescharakter (zum Beispiel bauaufsichtlich eingeführte Normen beziehungsweise Eurocodes) aus der Sicht der Hauptanwender im Bauwesen (also der Planer und Prüfer) zu begrüßen. Warum sollen für Normen mit Gesetzescharakter andere Regeln gelten als für die Gesetze selbst? Die kostenfreie Einsicht von Normen würde auch der Forderung einiger Mitarbeiter in den Normengremien entgegenkommen, die die Texte, die sie oftmals ehrenamtlich erarbeiten, nach deren Erscheinen dennoch käuflich erwerben müssen. Dies wirft auch Fragen bezüglich des alleinigen Urheberrechts des Deutschen Instituts für Normung (DIN) auf, da der technische Input für die Gestaltung der Normen von den Mitarbeitern der Ausschüsse geliefert wird.

Das DIN hat sich über die Jahre zum Projektmanager für Normen entwickelt, eine fachliche Mitarbeit der eigenen DIN-Mitarbeiter an den Normen ist nicht erwünscht. Das war nicht immer so und wird auch in anderen Normenorganisationen anders gehandhabt. Eine fachliche Affinität zum Normungsgegenstand ist aus Sicht der Ausschussmitglieder meistens aber wünschenswert und könnte die Qualität der Normen durchaus verbessern.

Von den Kritikern des Urteils wird ausgeblendet, dass eine Verbesserung der Zugänglichkeit zu Normen auch positive Effekte haben könnte. Zumindest für das Bauwesen könnte man vermuten, dass nicht nur die Produktivität, sondern auch die Qualität des Bauens steigen und sich das Interesse an der Normung erhöhen und mehr Fachleute zur engagierteren Mitarbeit in den Ausschüssen anregen könnte; ganz abgesehen davon, dass viele Ingenieurbüros und viele Prüfengeure durchaus dankbar dafür sein könnten, wenn sie in ihren Büros wirtschaftlich dadurch etwas entlastet werden, dass sie nicht mehr jedes Jahr etliche Beträge nur für die Nutzung derjenigen Normen ausgeben müssen, die sie für die Ausübung ihres Berufes unabdingbar benötigen.

Das DIN präsentiert sich selbstbewusst und zukunftsicher in seiner frisch modernisierten Zentrale mitten in Berlin. Kämpferisch waren auch die Worte am 15. März 2024 in der web-basierten Informationsveranstaltung, die von Vertretern des DIN, des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) und des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) zum Urteil des EuGH abgehalten worden ist. Dort sieht man sich national und international gut vernetzt und in der Zusammenarbeit gestärkt. Und dort wertet man das Urteil als Chance und Anregung, seine Dienste zu verbessern. Der Kommission will man das Feld der Regelwerke und Normen nicht widerstandslos überlassen, so scheint es zumindest.

Das DIN hat darüber hinaus bereits 2023 mit FINA 25 ein angepasstes Finanzierungsmodell für die Normenarbeit vorgestellt. Ab 2025 sollen die Beiträge danach für die Mitarbeit in der Normung vereinheitlicht, etwaige Vergünstigungen stufenweise abgebaut werden. Hintergrund ist der zukünftige, zusätzliche Finanzierungsbedarf für die Normungsaktivität auf internationaler und europäischer Ebene. Für die viertgrößte Volkswirtschaft der Welt ist das sicher ein lohnendes Ziel. Es ist jedoch zu befürchten, dass damit und mit der Umsetzung des Urteils des EuGH die Beiträge für die Mitarbeit in den Ausschüssen der Normenarbeit weiter steigen werden. Dass das auch anders geht, zeigt Österreich, wo seit einigen Jahren die Mitarbeit in solchen Ausschüssen kostenlos möglich ist.

„Die Gefahren des Urteils wurden nicht ausreichend berücksichtigt“

Auch das DIN und die DKE äußerten sich kritisch. Sie sind überzeugt, dass das Urteil des EuGH die Gefahren für das privatwirtschaftlich organisierte Normungssystem und die Folgen für das Wirtschaftssystem nicht ausreichend berücksichtigt.

Diese Gefahren beschreiben sie in einer gemeinsamen Presseinformation wie folgt:

- Die Erarbeitung von harmonisierten Normen ist nach Auffassung des Gerichts eine Auftragsarbeit für die Kommission, sodass alle Rechte an der Form und dem Inhalt der Normen bei der Kommission liegen. Einen alternativen Weg könnte die Kommission durch die Erarbeitung sogenannter common specifications beschreiten, einem Verfahren vorbei am etablierten und akzeptierten, durch Wirtschaft und Gesellschaft getragenen Normungsverfahren.
- Die Erstellung der harmonisierten Normen wäre folglich nicht mehr in der bewährten privatwirtschaftlichen Weise finanziert, sodass die Erarbeitung durch die Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlicher Hand und Zivilgesellschaft zunächst nicht mehr gewährleistet sein könnte.
- Dies würde zu Rechtsunsicherheit bei Unternehmen führen, da keine Konkretisierung der EU-Gesetzgebung unter Einbindung aller interessierten Kreise in technischen Fragestellungen erfolgen würde.
- Der europäische Raum würde sich in der

internationalen Normung isolieren, da die Verzahnung mit der internationalen Normung gefährdet wäre. Da Normen und Standards den Marktzugang für Produkte und Dienstleistungen weltweit erleichtern sollen, übernehmen die europäischen Normungsorganisationen oftmals internationale Normen der Internationalen Organisation für Normung ISO* und der Internationalen Elektrotechnischen Kommission IEC* in das europäische Normenwerk. Es ist zu befürchten, dass ISO- und IEC-Normen als weiterhin lizenzrechtlich geschützte Dokumente jetzt nicht mehr in das europäische Normungssystem übernommen werden können.

- In einer Zeit, in der die internationale Normung immer mehr als geopolitisches Instrument genutzt wird, können wir uns einen solchen Stillstand nicht erlauben. Europa würde bei der weiteren Entwicklung von Zukunftsfeldern, wie zum Beispiel der Künstlichen Intelligenz, zurückfallen, da die Spielregeln dann von anderen Nationen geschrieben werden.

Soweit die beiden deutschen großen Normenorganisationen in ihrer Stellungnahme. Viele der von ihnen hier und von anderen Kritikern an anderer Stelle gegen das Urteil des Europäischen Gerichtshofes vorgebrachten Argumente legen den Schluss nahe, dass seine Auswirkungen im Wesentlichen kommerzieller Natur seien, als ginge es nur um die Kosten, die zu zahlen sind, um einschlägige Normen zu erhalten (in Deutschland etwa über den Beuth Verlag).

Die eigentliche Problematik, die von Fachleuten vor allem auf der juristischen Seite hinter der Kostenfrage gesehen wird, ist aber viel bedeutender und betrifft nach deren Einschätzung die gesamte Industrie Europas: Das jetzige Urteil des EuGH, so kann man diese Bedenken zusammenfassen, werde die Grundsätze der Unabhängigkeit, Integrität, Neutralität und Inklusivität der Normung gefährden. Seit der Gründung der europäischen Normungsorganisationen würden Normen unabhängig von Partikularinteressen entwickelt – egal, ob öffentlicher oder privater, kommerzieller oder politischer Natur. Der freie Zugang zu harmonisierten Europäischen Normen könnte diese Unabhängigkeit nun in Frage stellen – und damit das ganze nicht gewinnorientierte europäische Normungssystem. Es könnte nach diesem Urteil auch vollständig kippen, weil es nicht (mehr) finanzierbar sei. Wie etwa die Existenz des DIN gesichert werden solle, sei völlig offen, so befürchten viele Kritiker weiter. Und wenn das DIN und die DKE als Selbstverwaltungsorgane der deutschen Wirtschaft das notwendige Wissen und die unabdingbare Erfahrung für die Erarbeitung von Normen nicht mehr unmittelbar durch die jeweils interessierten Kreise in die Normenarbeit einbringen können – wobei politische Wünsche und Ziele wie bisher nur als eine von vielen Meinungen in diesen Prozess einfließen können –, dann könne die jetzige hohe fachliche Akzeptanz und das breite Vertrauen von Gesellschaft und Wirtschaft in Normen nicht mehr aufrecht erhalten bleiben und gesichert werden.

-kw-

Arbeitstagung der Prüfeningenieure in Baden-Württemberg: ELBA wird künftig an das Virtuelle Bauamt BW gekoppelt

Bei einem Treffen der Prüfeningenieure und der Baurechtsbehörden stand die Digitalisierung des Bauwesens und der bautechnischen Prüfung im Vordergrund

Über mehr als 250 Teilnehmer haben sich im November vergangenen Jahres in der Kongresshalle Böblingen zu einer Arbeitstagung getroffen, zu der die Landesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik in Baden-Württemberg ihre Mitglieder und die Vertreter der Baurechtsbehörden des Landes zu einem umfassenden Meinungs- und Informationsaustausch eingeladen hatte. Im Mittelpunkt aller fachlichen Themen dieses Tages stand die Digitalisierung im Bauwesen und damit vor allem das sogenannte Virtuelle Bauamt, das in Baden-Württemberg zum 1. Januar 2025 lückenlos aktiviert wird, und ELBA, die Elektronische Bautechnische Prüfkarte der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik.

Das Virtuelle Bauamt Baden-Württemberg („ViBa BW“) wird, wie die Leiterin des Referats Bauordnungsrecht im baden-württembergischen Ministerium für Landesentwicklung und

Wohnen (MLW), Ministerialrätin Rena Farquhar, im Rahmen dieser Tagung berichtet, schon seit November 2022 von mehreren Pilotkommunen praktisch erprobt. Sie und ihr

Kollege Thomas Götz, der ViBa-BW-Projektleiter im Referat Bauordnungsrecht im Ministerium, erläuterten ausführlich, wie das virtuelle Bauamt als digitale Plattform es ermöglicht,



VOLLER SAAL in großer Halle: die Böblinger Kongresshalle war gut besucht, als die Landesvereinigung der Prüfengeieure in Baden-Württemberg zur gemeinsamen Tagung mit den Baurechtsbehörden des Landes eingeladen hatte.

baurechtliche Verfahren vollständig online abzuwickeln. Herzstück sei der sogenannte digitale Vorgangsraum, in dem Bauherren, Bauamt und andere betroffene Behörden direkt und simultan am Antrag arbeiten können. Um die Bearbeitungszeiten zu verkürzen, würden Anträge und Bauvorlagen künftig direkt bei den unteren Baurechtsbehörden und nicht mehr über die Gemeinden eingereicht.

Zugleich werde sichergestellt, dass die Gemeinden unverzüglich über die Vorhaben informiert würden. Derzeit befinde sich das Projekt, noch in der Testphase. Ziel sei es aber, den gesamten Prozess der Baugenehmigung und -überwachung zu digitalisieren und zu vereinfachen. Ab 1. Januar 2025 sollen Bauanträge in Papierform auch in Baden-Württemberg der Vergangenheit angehören.

Das baden-württembergische Engagement in Sachen Digitalisierung der bautechnischen Prüfung wird von den Prüfengeieuren des Landes und im ganzen Bundesgebiet tatkräftig unterstützt und um die digitalen Bedürfnisse der digitalen bautechnischen Prüfung ergänzt. Dipl.-Ing. Axel Bißwurm vom Vorstand der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik (BVPI) und Dipl.-Ing. Martin Wochner, der Geschäftsführer der Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfengeieure in Baden-Württemberg GmbH, stellten in diesem Zusammenhang die Elektronische Bautechnische Prüfsakte (ELBA) vor, die von der Bundesvereinigung und einigen Landesvereinigungen der Prüfengeieure in den

vergangenen Jahren für die komplette digitale Abwicklung der Abläufe der bautechnischen Prüfung entwickelt worden ist. ELBA sei, so erklärten Bißwurm und Wochner, als webbasierte Daten- und Kommunikationsplattform für den Austausch der bautechnischen Nachweise allen am Projekt Beteiligten zugänglich und solle künftig auch mit dem Virtuellen Bauamt direkt gekoppelt werden.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeitstagung

- referierte Dipl.-Ing. Eberhard Kühnemann, Leiter des Referats Bautechnik und Bauökologie im MLW, über wichtige aktuelle Entwicklungen des Landesbaurechts und der Bautechnik, referierte Dipl.-Ing. Eberhard Kühnemann, Leiter des Referats Bautechnik und Bauökologie im MLW, über wichtige aktuelle Entwicklungen des Landesbaurechts und der Bautechnik,
- berichtete Dipl.-Ing. Dominik Horvat vom Referat Bautechnik und Bauökologie des MLW zum Thema „Brandschutz am Beispiel des Holzbaus“ über die Abgrenzung der Aufgaben der Baurechtsbehörden von denen der Prüfengeieure für Bautechnik,
- informierte der Dozent für Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar und Zertifizierungsauditor der Software-Firma Envisys GmbH & Co. KG (Weimar), Dipl.-Ing. Andreas Raack, über den aktuellen Stand und Aufgaben der Baurechtsbehörden im Gebäudeenergiegesetz (GEG),

- beantworteten TDin Dipl.-Ing. Regine Mayer-Höttermann und ORRin Annekatrin Schinkel vom MLW die von den Teilnehmern im Vorfeld der Veranstaltung eingereichten Fachfragen,
- bedankte sich der Vorsitzende der vpi BW, Dr.-Ing. Ralf Egner, bei allen Teilnehmern und den Referenten für den regen Austausch und die guten Gespräche. Er stellte resümierend fest, dass auch diese Tagung, wie viele ähnliche vor ihr, den Teilnehmern eine umfassende Informationsplattform geboten habe, auf der aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen im Baurecht, bei der Digitalisierung und der Bautechnik diskutiert wurden.

Die Vorträge der Referenten und die Möglichkeit zur interaktiven Fragestellung trugen zum Erfolg der Veranstaltung bei, sodass die Teilnehmer mit wertvollen Einblicken und praxisrelevantem Wissen die Heimreise antreten konnten.

Der Tagungsbericht dieser Arbeitstagung und die Berichte der Arbeitstagungen der vpi Baden-Württemberg in Leonberg (2019) und Baden-Baden (2022) sowie weiterer, früherer Arbeitstagungen stehen auf Homepage der vpi Baden-Württemberg im Bereich Fachinformationen unter bawue.bvpi.de/de/fachinformationen/fachinfo-suche.php zum Download zur Verfügung.

Dr.-Ing. Ralf Egner, vpi BW

Leitfaden für die Aufstellung prüffähiger statischer Berechnungen am dreidimensionalen Gesamtmodell

Er enthält unter anderem praxisrelevante typische Probleme einzelner Bauweisen des Hochbaus und Mindestanforderungen an eine Berechnung aus Sicht der Prüfeningenieure

Der Technische Koordinierungsausschuss (TKA) der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik (BVPI) hat vor kurzem einen „Leitfaden zur Aufstellung prüffähiger statischer Berechnungen am 3D-Gesamtmodell“ herausgegeben und dem interessierten Fachpublikum auf deren Website zugänglich gemacht. Darin werden praxisrelevante typische Schwierigkeiten einzelner Bauweisen des Hochbaus zusammengestellt, Mindestanforderungen an 3D-Berechnungen definiert und praxisbasierte Beispiele für Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Der Leitfaden gilt für Stabwerke und für flächige Tragwerke (Platten, Scheiben und Schalen).

Die Autoren des Leitfadens tragen dem Umstand Rechnung, dass sich die Planer und Prüfeningenieure durch immer leistungsfähigere Softwareprodukte für die Modellierung und Berechnung räumlicher Tragwerke vor immer größere Herausforderungen gestellt sehen. Hierfür seien in vielen Fällen Berechnungen am 3D-Gesamtmodell hilfreich, um der Komplexität der Systeme, der Einwirkungen und deren Kombinationen Herr zu werden, und um die Berechnungsergebnisse zu überprüfen. Explizit weisen die Autoren jedoch darauf hin, dass 3D-Programme als Entwurfswerkzeug ungeeignet seien und dass 3D-Berechnungen „nur dann angestellt werden sollten, wenn es eine ingenieurtechnisch durchdachte Grundkonzeption für den Tragwerksentwurf und der Tragwirkung gibt“.

Der Leitfaden stellt deshalb praxisrelevante typische Schwierigkeiten einzelner Bauweisen des Hochbaus zusammen und versucht, aus der Sicht der Prüfeningenieure Mindestanforderungen an eine Berechnung zu definieren. Das gilt für Stabwerke und für flächige Tragwerke, also für Platten, Scheiben und Schalen. Ergänzend werden anhand von Beispielen praxisbasierte Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Der Leitfaden gilt nicht für Seilkonstruktionen, Brückenbauwerke, Heißbemessungen, Tief- und Ingenieurbauten und Einwirkungen infolge Erdbeben.

Die fortschreitende Entwicklung der Berechnungsmethoden und die Leistungsfähigkeit von Hard- und Software – insbesondere die Leistungsfähigkeit der BIM-Methodik – führe, so schreiben die Autoren eingangs ihres Leitfadens, zu geänderten Anforderungen und Vorgehensweisen bei der baustatischen Prüfung. Berechnungen am 3D-Modell böten den Vorteil, auch komplexe Tragstrukturen abzubilden, um zum Beispiel räumliche Stabilitätsfälle und Schwingungseigenformen zu berechnen oder Lagesicherheitsnachweise, Bauzustände und Aussteifungssysteme ganz-

heitlich, also realitätsnäher zu betrachten.

3D-Modelle verlangten aber, so heißt es weiter, weitaus größere Aufwendungen und höhere Anforderungen an den geschulten Ingenieurverstand hinsichtlich der Definition des Tragwerks und des Lastabtrags. Die richtige Zuweisung von Steifigkeiten und die Rand- und Übergangsbedingungen zur Erzielung eines realistischen Modells seien komplexer als in ebenen Abbildungen, und sie erforderten häufig vorangestellte Betrachtungen (beispielsweise Validierungen, Parameteruntersuchungen oder Sensitivitätsanalysen et cetera).

Schließlich weisen die Autoren darauf hin, dass die Prüfeningenieure bauaufsichtlich verpflichtet seien, unabhängige Vergleichsrechnungen durchzuführen. Somit würden den statischen und numerischen Kenntnissen und Erfahrungen der Anwender sowie dem Umgang mit der Software ein besonderer Stellenwert für die Durchführung softwaregestützter Tragwerksberechnungen am 3D-Modell zuteil. Die Nachweisführung sei hierbei nicht auf ein 3D-Gesamtmodell beschränkt. Details können differenzierte Modelle erfordern.

Im Einzelnen behandelt der Leitfaden entsprechende Kapitel über:

- Gründungen, Stahlbau, Stahlverbundbau, Hochbau und Holzbau,
- allgemeine, also baustoffübergreifende Hinweise für die Nachweisführung der Stabilität,
- Lastannahmen und Einwirkungskombinationen,
- die Plausibilisierung softwaregestützter Berechnungen,
- Anforderungen an eine prüffähige statische Berechnung.

Zahlreiche praktische Beispiele aus dem Holzbau, für wandartige Träger, für Knotendetails im Stahlbau, für verschiedene Bauzustände und für die Nachgiebigkeit aussteifender Wand-

scheiben bilden den Abschluss des Leitfadens. Seine Autoren sind:

- Dr.-Ing. Matthias Andres (Krätzig & Partner Ingenieurgesellschaft für Bautechnik, Bochum),
- Dipl.-Ing. Markus Bernhard (Ingenieurbüro Markus Bernhard, Augsburg),
- Dr.-Ing. Ulrich Breuninger (Ingenieurbüro Weiske und Partner, Stuttgart),
- Dr.-Ing. Falk Lüddecke (Ingenieurbüro Jörss, Blunck, Ordemann, Hamburg),
- Prof. Dipl.-Ing. Frank Prietz (Ingenieurgesellschaft mbH Saar, Enseleit und Partner, Berlin).

Der eingangs erwähnte Technische Koordinierungsausschuss der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik als Herausgeber des Leitfadens entwirft und entwickelt technische und zum Teil auch baurechtliche Arbeitsunterlagen für die Mitglieder der BVPI, aber auch für externe Tragwerksplaner oder Ingenieure anderer Fachgebiete.

Ihr jeweils oberstes Arbeitsziel bei der Erarbeitung ihrer in unregelmäßigen Abständen erscheinenden *Technischen Mitteilungen* über unterschiedliche Fachgebiete des Bauwesens ist die Egalisierung und Harmonisierung der aufgrund der sechzehn deutschen Landesbauordnungen häufig sehr unterschiedlichen technischen und baurechtlichen Sachfragen.

Die *Technischen Mitteilungen* des Technischen Koordinierungsausschusses der BVPI sind auf der BVPI-Website (www.bvpi.de) unter *Fachinformationen* zu finden. Sie behandeln, nach Bundesländern geordnet und nach Stichworten sortiert, derzeit 80 verschiedene ingenieurwissenschaftliche Themen, die kostenlos heruntergeladen werden können.

Den Leitfaden zur Aufstellung statischer Berechnungen am 3D-Gesamtmodell findet man unter www.bvpi.de > *Fachinformationen* > *Art des Dokuments* > *Leitfaden*.

Im Oktober: 22. BÜV-Ausbildungslehrgang für Sachkundige Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken

Die Lehrgänge dauern insgesamt sieben Tage und schließen mit einer schriftlichen und mündlichen Prüfung und der Möglichkeit ab, sich offiziell zertifizieren zu lassen

Der Bau-Überwachungsverein (BÜV), der Ingenieuren für Bauplanung und Ausführung seit mehreren Jahren speziell ausgerichtete Ausbildungslehrgänge für die Zertifizierung als Sachkundige Planer für den Schutz und die Instandhaltung von Betonbauwerken anbietet, hat die 22. Ausgabe dieser Lehrgänge für den kommenden Herbst angekündigt. Die Ausbildung erstreckt sich über insgesamt sieben Tage, davon an einem Tag online mit einem Webinar, mit dem Grundlagenwissen aufgefrischt wird, und sie schließt nach einer Woche Präsenzveranstaltung in Feuchtwangen mit einer schriftlichen und mündlichen Prüfung und der Möglichkeit ab, sich als Sachkundiger Planer zertifizieren zu lassen.

Dieser BÜV-Ausbildungslehrgang für Sachkundige Planer für den Schutz und die Instandhaltung von Betonbauwerken in Feuchtwangen beginnt am Freitag, dem 11. Oktober 2024 mit dem Online-Webinar Zuhause und wird dann in den Räumen der Bayerischen BauAkademie in Feuchtwangen als Präsenzveranstaltung von Montag, dem 14. Oktober, bis einschließlich Samstag, den 19. Oktober, fortgesetzt. Auch für diesen Lehrgang empfiehlt der BÜV, dass (zertifizierungswillige) Teilnehmer sich jetzt schon um die Teilnahme bewerben und dafür im ersten Schritt dem BÜV folgende Bewerbungsunterlagen digital einsenden:

- einen formlosen Antrag auf Teilnahme am Lehrgang,
- einen tabellarischen Lebenslauf mit Lichtbild,
- Kopien des Diploms (soweit in Besitz), mit- samt Zeugnis eines Bachelor-, Master- oder eines gleichwertigen Abschlusses einer ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Fachrichtung oder des Studiums an einer FH, TH oder Universität,
- den Nachweis einer mindestens fünfjährigen Berufserfahrung auf dem Gebiet der Betoninstandsetzung in Form einer chronologisch geordneten Projekt- beziehungsweise Referenzliste mit Beschreibung der wichtigsten Eckdaten sowie aller Charakteristika der gelisteten Arbeiten.

Die Bewerbung verpflichtet oder berechtigt die Kandidaten oder Kandidatinnen aber noch nicht zur Teilnahme. Erst nach der Auswertung der Bewerbungsunterlagen wird die Prüfungskommission sie darüber informieren, ob sie

- zur Ausbildung,
- zur Ausbildung mit Prüfung oder
- zur Ausbildung mit Prüfung und (der gegebenenfalls späteren) Zertifizierung zugelassen werden können. Erst dann ist die

verbindliche Entscheidung des Kandidaten oder der Kandidatin im eigenen Ermessen darüber fällig, ob er oder sie an der Veranstaltung wirklich teilnehmen wollen oder nicht.

Bei der Zulassung zur Teilnahme werden, wie immer, neben jenen Bewerbern, deren primäres Ziel die Erlangung eines gesonderten professionellen Qualitätsmerkmals in Form einer Zertifizierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17024 ist, auch rein an der Vortragsreihe Interessierte und Techniker von ausführenden Unternehmen berücksichtigt. All jene, die die dafür geforderte fünfjährige Berufserfahrung auf besagtem Gebiet nachgewiesen und die die schriftliche und mündliche Prüfung mit Erfolg bestanden haben, bekommen eine Urkunde mit der Prägung des Ausbildungsbeirates Sachkundiger Planer beim Deutschen Institut für Prüfung und Überwachung (ABB-SKP) überreicht, abgestempelt vom Bau-Überwachungsverein; sie dürfen nunmehr die Bezeichnung Sachkundiger Planer führen.

Nach bestandener Prüfung sowie im Sinne der angestrebten Zertifizierung müssen eine fachliche Unabhängigkeitserklärung und ein polizeiliches Führungszeugnis beigebracht werden, das nicht älter als drei Monate sein darf. Bewerbungen und Anfragen sind auf digitalem Wege zu richten an: Bau-Überwachungsverein BÜV, Dipl.-Ing. M. Vidacković über vidackovic@bvpi.de

Sechzehn hochqualifizierte Referenten auf dem Gebiet der Betoninstandsetzung

Der vorherige Ausbildungslehrgang, der 21., war vom 19. bis 23. Februar an der HafenCity Universität in Hamburg durchgeführt worden; vorher aber, nämlich am Freitag, dem 17. Februar wurden, was inzwischen eingeschliffene Normalität ist, mit den Teilnehmern im Rahmen des oben schon erwähnten Webinars, die wichtigsten Grundlagen dieses Themas wiederholt, die ohnehin Bestandteil des Hoch-

schulstudiums sind, und somit nur als Auffrischung zu betrachten sind. Dies geschieht auch, um den sehr vollen Stundenplan der dann folgenden Präsenzveranstaltung zu entlasten.

Beworben hatten sich und am Ausbildungslehrgang und somit auch an der schriftlichen und mündlichen Prüfung teilgenommen haben 25 Kandidaten und Kandidatinnen, von denen die meisten die Prüfung bestanden haben. Sie wurden eine Woche lang von sechzehn hochqualifizierten und renommierten Referenten auf dem Gebiet der Betoninstandsetzung geschult, sowohl in technischer als auch in baurechtlicher, verwaltungsrechtlicher und praktischer Hinsicht.

Der schriftlichen und mündlichen Prüfung war eine gründliche Ausbildung vorangegangen, bei der ausgewählte Experten vertiefende Kenntnisse vermittelt haben, beispielsweise über das Technische Regelwerk, die Technische Baubestimmung für die Instandhaltung, diverse Instandsetzungssysteme- und -produkte, Oberflächenschutzsysteme und Betonkorrosionen (Instandsetzung, Prinzipien und Verfahren). Von Montag bis Freitag mit im Durchschnitt neun Vortragsstunden pro Tag mussten sich die Lehrgangsteilnehmer einem fachlich sehr anspruchsvollen Programm unterziehen, an dessen Ende jeden Tag die eigeninitiierte Rekapitulation des vermittelten Fachwissens, auch als Vorbereitung auf die anstehende Prüfung, stand.

Zum Tragen gekommen ist, dass der BÜV die Zahl seiner Ausbildungslehrgänge für Sachkundige Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken von einmal auf zweimal jährlich erhöht und 2019 schon inhaltlich an die neue Technische Regel (TR) Instandhaltung von Betonbauwerken (Teil 1 und Teil 2, Stand Mai 2020) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) angepasst hatte. Sie gilt zwischenzeitlich als eingeführt und ist in na-

hezu allen Bundesländern in Gebrauch genommen.

Die Einführung der DIBt-TR Instandhaltung, die Teile der Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RiLi SIB) des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) vom Oktober 2001 ersetzt, hat den Sachkundigen Planern mehr Planungssicherheit gebracht. Daraus ergibt sich, dass der planende Ingenieur als Grundlage seiner Arbeit auf die eingeführten technischen Baubestimmungen der jeweiligen Bundesländer zurückgreifen

muss, was als Bringschuld gegenüber dem eigenen Bauherrn oder dem Auftraggeber zu werten ist. Dies ist eine wesentliche Forderung aus dem Baurecht und dem Auftraggeber vertraglich geschuldet.

Anders als bei anderen einschlägigen Ausbildungsstellen, die ein modulares Ausbildungssystem präferieren, hat sich die vom BÜV praktizierte Ausbildung en bloc als für die Teilnehmenden sehr vorteilhaft erwiesen, was auch von den aktuellen Prüfungsergebnissen voll und ganz bestätigt wird.

Der BÜV bietet seine Lehrgänge in Kooperation mit der Bayerischen BauAkademie in Feuchtwangen, der Bayerischen Ingenieurkammer Bau, der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin und der Hafen-City-Universität Hamburg an, und zwar jeweils in Zusammenarbeit mit der Zertifizierungsstelle GmbH des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ), die als Personalzertifizierungsstelle nach DIN EN ISO IEC 17024 von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert ist.

Dipl.-Ing. Momcilo Vidacković, BVPI

Gregor Hammelehle übernimmt als Nachfolger von Markus Staller den Vorsitz der Landesvereinigung Bayern

Der neue Vorstand sieht als eines der wichtigsten Ziele die Anerkennung weiterer Prüfen Ingenieure aller Fachrichtungen / „Unsere Unabhängigkeit ist entscheidend“

Die Vereinigung der Prüfen Ingenieure für Baustatik in Bayern (vpi Bayern) hat einen neuen Vorstand gewählt. Nach zwölf beziehungsweise achtzehn Jahren im Amt übergab bei der Jahreshauptversammlung im März die bisherige Leitung der Landesvereinigung, Dr.-Ing. Markus Staller, Dipl.-Ing. Konrad Steger und Prof. Dr.-Ing. Peter Gebhard, ihre Ämter an engagierte Kollegen. Mit großer Mehrheit wurden Dr.-Ing. Gregor Hammelehle zum 1. Vorsitzenden, Dr.-Ing. Markus Rapolder zum Stellvertreter, Dr.-Ing. Rudolf Findeiß zum Schriftführer und Dipl.-Ing. Florian Willkomm zum Kassierer gewählt. Dr.-Ing. Johannes Kreutz wird als neues Vorstandsmitglied die Beisitzer Dipl.-Ing. Markus Bernhard und Dipl.-Ing. Dieter Oehmke unterstützen.

Der neue Vorstand ist ein überzeugendes Team für die Erreichung anspruchsvoller berufspolitischer Ziele der seit mehr als sechzig Jahren bestehenden Landesvereinigung. Bereits der bisherige langjährige Vorsitzende, Dr.-Ing. Markus Staller, hatte sich immer wieder selbstbewusst und vorausschauend gezeigt, wenn es um die unabhängige Position

des Berufsstandes der Prüfen Ingenieure und um die Qualität sowie die Unverzichtbarkeit ihrer Erfahrung als Partner am Bau ging.

Dr.-Ing. Gregor Hammelehle, will, wie er nach seiner Wahl zum Vorsitzenden sagte, die bisherigen Ziele der vpi Bayern beharrlich weiterverfolgen und deren Erreichung forcieren. Die

nächsten Aufgaben der Landesvereinigung Bayerns stellte er auch gleich nach seiner Wahl vor. Neben einer weiterhin konsequenten Vertretung der Interessen der Mitglieder betonte er: „Entscheidend für die Wirksamkeit der Prüfen Ingenieure ist ihre Unabhängigkeit, die, genau genommen, nur über die Beauftragung durch die Bauaufsichtsbehörde gewährleistet werden kann.“



DER NEUE VORSTAND der vpi Bayern kurz nach seiner Wahl im Bayerischen Hof (v.l.): Dr.-Ing. Rudolf Findeiß, Dr.-Ing. Markus Rapolder, Dr.-Ing. Gregor Hammelehle, Dipl.-Ing. Florian Willkomm, Dipl.-Ing. Dietrich Oehmke, Dr.-Ing. Johannes Kreutz, Dipl.-Ing. Markus Bernhard

Der neue Vorstand werde sich, wie Hammelehle weiter erklärte, auch für eine angemessene Modernisierung der Verordnung über die Prüfen Ingenieure, Prüfähmer und Prüfsachverständigen im Bauwesen aktiv einsetzen und an ihrer Novellierung mitwirken. Obwohl Bayern im Vergleich mit vielen anderen Bundesländern vergleichsweise gut dastehe, sieht Hammelehle die Gewinnung weiteren Nachwuchses von Prüfen Ingenieuren aller Fachrichtungen als besonders wichtigen Punkt der bevorstehenden Aufgaben seines Vorstandes.

Mit Vorfreude blicke der neue Vorstand der vpi Bayern auch auf die Zusammenarbeit im erweiterten Bundesvorstand der Bundesvereinigung BVPI sowie auf die weitere Einführung von ELBA in der täglichen Arbeit der Prüfen Ingenieure auch in Bayern.

Hammelehle ist in der vpi-Bayern kein Unbekannter – neben seiner dreijährigen Tätigkeit als Kassier hatte er sich bereits als junger Prüfsingenieur gemeinsam mit Markus Bernhard bei der Organisation der Jahrestagung 2016 in Augsburg engagiert, die einigen Prüfingenieuren durch den damaligen Landesabend im Parktheater im Kurhaus Göggingen in Erinnerung geblieben sein dürfte.

Der neue Vorstand bedankte sich nach der Wahl im Königssaal des Hotels Bayerischer Hof bei seinen Mitgliedern für das mit der Wahl ausgesprochene Vertrauen und im Namen der Mitgliederversammlung insbesondere bei seinen Vorgängern für deren langjährigen, engagierten und erfolgreichen Einsatz für die Vereinigung. Darüber hinaus würdigte



ÜBERGABE DER AMTSGESCHÄFTE: Der neue Vorsitzende der vpi-Landesvereinigung Bayern, Dr.-Ing. Gregor Hammelehle (li.), mit seinem Vorgänger, Dr.-Ing. Markus Staller

der neue Vorsitzende im Namen aller Mitglieder die insgesamt zwölfjährige Amtstätigkeit der bisherigen 1. und 2. Vorsitzenden, Dr.-Ing. Markus Staller und Dipl.-Ing. Konrad Steger, sowie insbesondere Prof. Dr.-Ing. Peter Gebhard für dessen insgesamt achtzehnjährige Tätigkeit als Schriftführer. Mit ihnen verabschiedete sich ein eingespieltes und erfolgreiches Team. Selbstverständlich stehen sie, wie sie sagten, weiterhin im Dienste der Prüfingenieure ehrenamtlich zur Verfügung, vor allem für die Anerkennung neuer Kollegen und für die weitere Einführung der Elektronischen Bautechnischen Prüfkarte (ELBA) der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik und ihrer Landesvereinigungen und im Koordinierungsausschuss der Prüfingenieure in Bayern.

Michael Heunisch †

Die Vereinigung der Prüfingenieure für Baustatik in Hessen (vpi Hessen) trauert um ihren langjährigen Vorsitzenden Dr.-Ing. Michael Heunisch, der am 16. Januar 2024 nach schwerer Krankheit im Alter von 80 Jahren verstorben ist. Als Vorsitzender des Landesverbandes Hessen lenkte er von 1994 bis 2007 mit außerordentlichem Engagement die Geschicke der Vereinigung der Prüfingenieure und vertrat mit Weitsicht, Fachkompetenz und Überzeugungskraft, aber auch mit diplomatischem Gespür, erfolgreich die Interessen des Berufsstandes im politischen Umfeld und allen sonstigen Gesellschaftsbereichen.

1943 in Königstein im Taunus geboren, hatte Michael Heunisch als Sohn eines Bauunternehmers bereits frühzeitig Einblick in die Baupraxis, aber auch in die Dinge, die wichtig sind, um ein Unternehmen erfolgreich zu führen. Nach Beendigung seines Studiums des Bauingenieurwesens an der TH Darmstadt im Jahre 1969 sammelte er erste Berufserfahrungen bei Prof. Dr.-Ing. Hubert Beck, der 1957 das Frankfurter Ingenieurbüro BGS gegründet hatte. Nebenher arbeitete Heunisch an seiner Promotion zum Thema Sicherheitstheorie, die er 1975 bei Professor Gert König am Massivbauinstitut in Darmstadt abschloss. 1976 wagte er den Schritt in die Selbstständigkeit und gründete, zusammen mit Professor König, das Ingenieurbüro König und Heunisch (heute KHP) in Frankfurt/M. 1980 wurde er als Prüfingenieur für Baustatik anerkannt, 1995 als Prüfer im Eisenbahnbau.

Michael Heunisch begleitete im Laufe seiner beruflichen Tätigkeit Projekte für alle Bereiche des Bauingenieurwesens planerisch (Objekt- und Tragwerksplanung) oder als Prüfingenieur. Lag der Schwerpunkt zunächst – begünstigt durch die in den 70er Jahren anlaufende Realisierung der Neubaustrecken der Bahn – im Brückenbau, verlagerte er diesen in der Folge zuneh-



Er leistete wichtige berufspolitische Beiträge für die Bewahrung der Unabhängigkeit der Prüfingenieure: Dr.-Ing. Michael Heunisch

mend auf Projekte für den Industrie- und Kraftwerksbau im In- und Ausland.

Ab Ende der 80er Jahre rückte der Hochbau in den Vordergrund. Neben Planungsaufgaben für zahlreiche Büro- und Verwaltungsgebäude führte der Bau einer neuen Generation von Frankfurter Hochhäusern zu neuen Herausforderungen, die dank seines umfangreichen Fachwissens auch durch sein Mitwirken als Planer und als Prüfingenieur gemeistert werden konnten. Dies hielt ihn nicht davon ab, in der Folge weitere Betätigungsfelder zu erschließen, zunächst im Tunnelbau mit der Objekt- und Tragwerksplanung von Straßentunneln, später dann

im Wasserbau, vornehmlich mit Schleusenprojekten. Auch nach seinem Ausscheiden aus der Büroleitung (2011) verblieb er beratend in engem Kontakt mit dem Büro.

In seine Amtszeit als Vorsitzender der vpi Hessen fielen insgesamt drei Novellierungen der Hessischen Bauordnung, die er für die vpi Hessen entscheidend mitgestaltete, auch mit dem Ziel, das hoheitliche Prüfwesen in Hessen als neutrale Instanz für die Gewährleistung eines hohen bautechnischen Sicherheitsniveaus zu bewahren.

Als maßgebender Initiator der Gründung einer Bewertungs- und Verrechnungsstellen für die Prüfingenieure in Hessen, Rheinland-Pfalz und im Saarland mit Sitz in Mainz leistete er einen wichtigen Beitrag zur Beibehaltung der Unabhängigkeit des Berufsstandes.

Die Vereinigung verliert mit Michael Heunisch eine große Persönlichkeit, einen integren und allseits beliebten Kollegen, der bundesweit anerkannt und wertgeschätzt wurde.

Dr.-Ing. Thorsten Faust
KHP, Frankfurt
Vorstandsmitglied vpi Hessen

Praxis-Konzept für den Nachweis der Standsicherheit und des Raumabschlusses im Brandfall bei Stahl-Modulbauten

Die Anforderungen an den Feuerwiderstand führen beim Stahl-Modulbau häufig zu Missverständnissen hinsichtlich der bauordnungsrechtlich nötigen Nachweise

Für das Bauen mit Raummodulen müssen im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen dieselben bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllt werden wie für konventionelle Bauarten. Das gilt insbesondere für die Nachweise der Standsicherheit und des Brandschutzes. Da es für den noch jungen Modulbau bisher keine Regelwerke oder Prüfvorschriften gibt, kann die Einhaltung brandschutztechnischer Eigenschaften derzeit nur mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder Zustimmungen im Einzelfall beziehungsweise mit Baugenehmigungen nachgewiesen werden. Diese bilden dann die Basis für eine bauwerksbezogene Nachweisführung im Rahmen einer Heißbemessung des Tragwerks nach Eurocode 3. Auf dieser Grundlage ist jetzt ein durchgängiges, praxistaugliches Konzept für den Nachweis der Standsicherheit im Brandfall und des Widerstandes gegen die Brandausbreitung (Raumabschluss) bei Stahl-Modulbauten entwickelt worden, das hier detailliert vorgestellt wird.

1 Einführung

In den vergangenen Jahrzehnten hat das modulare Bauen international und national vergleichsweise hohe Zuwachsraten verzeichnet. Der hochwertige Modulbau liegt preislich derzeit interessanterweise meist auf dem Niveau des klassischen Bauens. Dies zeigt, dass die Herstellungskosten nicht der Hauptgrund für den Erfolg des modularen Bauens sind. Die starken Zuwächse basieren auf anderen Faktoren. Dazu gehören die hohe Planungssicherheit, die große Planungstiefe, die kurzen Bauzeiten und die reduzierten Risiken im Vergleich mit klassischen *Insitu*-Bauweisen. Diese Vorteile sind mit der hohen Qualität verbunden, die durch definierte und kontrollierte Fertigungsbedingungen im Herstellwerk erreicht wird.

Aufgrund des unerwartet hohen Bevölkerungswachstums der vergangenen Jahre, das sowohl durch klassische Migration als auch durch kriegsrische Konflikte angetrieben wird, besteht hierzulande ein drin-

gender Bedarf an schnell verfügbarem und kostengünstigem Wohnraum sowie an Gebäuden der unmittelbaren Daseinsvorsorge, wie Kindertagesstätten, Schulen oder Krankenhäusern. Zur Deckung dieses Bedarfs wurden bisher sehr häufig vor allem Raumzellen in Container-Bauweise eingesetzt. Aber auch sehr hochwertiger Modulbau, der optisch nicht vom konventionellen Massivbau unterschieden werden kann, findet insbesondere im Krankenhausbau weitverbreitete Anwendung.

Der Modulbau ist sehr vielfältig. Mangels normativer Vorgaben gibt es in der Praxis verschiedene Bezeichnungen: Modulbau, Raumzellenbau, Raummodulbau. Allen ist gemein, dass Raumzellen in einem Herstellwerk vorgefertigt und anschließend auf der Baustelle zur baulichen Anlage zusammengefügt werden.

2 Das Konzept (Stahl-)Modulbau

Im Folgenden werden die verschiedenen Bauweisen des Stahl-Modulbaus differenziert und benannt. Der Modulbau ist Teil des seriellen Bauens (Abb. 1). Dabei werden im Herstellwerk vorgefertigte Raummodule beziehungsweise Raumzellen in Produktionslinien hergestellt und an den Aufstellort geliefert. Dort werden sie entweder einzeln platziert oder zu einem Gebäude zusammengefügt.

Die einfachste Art des Modulbaus ist der Container-Modulbau. Es ist eine maximal standardisierte Bauweise, die einfach zu kombinieren, zu transportieren und leicht rückzubauen ist. Containermodule decken hauptsächlich temporäre Raumbedürfnisse, wie zum Beispiel als Baubüros, (Not-)Unterkünfte oder Behelfslösungen. Sie werden üblicherweise im Rahmen einer Miet- oder Leasingvereinbarung angeboten. Ein Beispiel hierfür ist der zweigeschossige temporäre Schulbau für über 1000 Schüler des Werner-Heisenberg-Gymnasiums in Garching bei München, der aus Containern errichtet worden ist [1].

Deutlich hochwertiger und komplexer in Technik und Architektur ist die Raummodulbauweise. Hierbei werden ebenfalls vormontierte Raummodule am Bauort mithilfe geeigneter Hebeeinrichtungen, in der Regel Bau- oder Mobilkrane, eingehoben und unmittelbar miteinander verbunden (Abb. 2).



Prof. Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer leitet die Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine und ist Professor für Stahl- und Leichtbau am Karlsruher Institut für Technologie, Prüfenieur für Bautechnik und für bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau; Mitglied nationaler und internationaler Normungs- und Sachverständigenausschüsse sowie einschlägiger Ausschüsse des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt).



Dipl.-Ing. (FH) M.Eng. Johannes Bröhl studierte Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Aachen und war von 2007 bis 2015 in mehreren Ingenieurbüros als Tragwerksplaner im Rennstrecken- und Sportstättenbau sowie als Büromanager tätig; seit 2015 ist er Referent für Bautechnik und Bauphysik der Obersten Bauaufsicht Nordrhein-Westfalen und wirkt in nationalen und internationalen Gremien mit.



Foto: © KLEUSBERG GmbH & Co. KG

Abb. 1: Kontrollierte Bedingungen bei der Modulfertigung im Herstellwerk

3 Bauordnungsrechtliche Anforderungen

Die Modulbauweise ist – trotz der Anzahl und Größe der bereits realisierten Projekte – eine nur scheinbar etablierte Bauweise. Denn im Bereich des Brandschutzes beziehungsweise der erforderlichen Nachweise der Feuerwiderstandsfähigkeit bestehen noch immer zum Teil erhebliche Wissenslücken. Diese führen in der Planungs- und Genehmigungspraxis häufig zu Missverständnissen, Unsicherheiten und Fehlentscheidungen.

Grundsätzlich richtet sich die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen für Standardgebäude nach dem geltenden bauaufsichtlichen Anforderungssystem (Gebäudeklassen, Höhenlage der Geschosse, Gebäudeart). Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen baulicher Anlagen auf deren Standsicherheit im Brandfall. Bei raumabschließenden Bauteilen, wie Wänden und Decken, bezieht sich die Feuerwiderstandsfähigkeit auch auf deren Widerstand gegen eine Brandausbreitung (raumabschließend feuerwiderstandsfähig – Raumabschluss). Dabei werden feuerwiderstandsfähige Bauteile unterschieden in feuerhemmende, hochfeuerhemmende oder feuerbeständige Bauteile.

Für Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung (Sonderbauten) können im Einzelfall besondere Anforderungen gestellt oder Erleichterungen gestattet werden. Die Anforderungen und Erleichterungen können sich insbesondere auch auf den Brandschutz erstrecken. Sonderbauten sind zum Beispiel Krankenhäuser, Wohnheime oder Schulen.

Um die Anforderungen des Paragraphen 12 der Musterbauordnung (MBO) [2] zu erfüllen, müssen tragende Teile baulicher Anlagen dauerhaft auch unter Brandeinwirkung über die erforderliche Feuerwiderstandsdauer standsicher sein. Querschnittsänderungen und Durchdringungen – auch nachträglich – sowie Verformungen durch Brandeinwirkung müssen, soweit sie Einfluss auf die Standsicherheit haben können, be-



Foto: © Daiwa House Modular Europe GmbH

Abb. 2: Einheben von Raummodulen auf der Baustelle des Community Campus Bochum, eines Gebäudekomplexes mit 737 Wohneinheiten und einer Grundfläche von 4150 Quadratmetern



Foto: © KLEUSBERG GmbH & Co. KG

Abb. 3: Hörsaalgebäude aus Stahlmodulen der Technischen Hochschule in Lübeck

rücksichtigt werden. Die Nachweise der Einhaltung dieser Anforderung sind Bestandteil des konstruktiven Brandschutznachweises und im Zuge der bauordnungsrechtlich möglicherweise erforderlichen Prüfung dieser Nachweise zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der raumabschließenden Eigenschaften ist sicherzustellen, dass die Bauteile dauerhaft mindestens über die erforderliche Feuerwiderstandsdauer die Brandausbreitung verhindern und der Raumabschluss auch im Bereich von Verbindungen und Anschlüssen zu angrenzenden Teilen baulicher Anlagen nicht beeinträchtigt ist. Auf der brandabgewandten Seite dürfen keine wesentliche Rauchentwicklung und kein wesentliches Abfallen oder Abtropfen von Bestandteilen zu verzeichnen sein. Zum Nachweis der Einhaltung dieser Anforderungen sind die Kriterien der DIN 4102-2:1977-09 unter Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) abzutesten (zum Beispiel: Begrenzung der Temperaturerhöhung auf der feuerabgewandten Oberfläche des Bauteils).

Abb. 3 zeigt ein in Stahlmodulbauweise errichtetes Hörsaalgebäude der Fachhochschule Lübeck, Abb. 4 das mit zwölf Geschossen höchste Modulgebäude Europas, das als Studentenwohnheim genutzt wird.

4 Tragsysteme im Stahlmodulbau

Um das Transportgewicht, aber auch die Herstellungskosten zu optimieren, werden im Stahlmodulbau die Profilquerschnitte der tragenden oder aussteifenden Bauteile der Tragfunktion und der jeweiligen Beanspruchung angepasst, was auch unter Ressourcengesichtspunkten optimal ist. Die tragenden Stahlprofile werden meist durch Schweißen, seltener durch stiftförmige Verbindungselemente miteinander verbunden. Das Haupttragssystem bildet in den meisten Fällen ein räumliches Rahmentragwerk, das durch biegesteife Verbindungen in den Profilstößen realisiert wird. Hierdurch ergibt sich eine größtmögliche Flexi-



Foto: © Daiwa House Modular Europe GmbH

Abb. 4: Community Campus Bochum, Europas höchstes Modulgebäude. Die Apartment-Module werden, einschließlich Küche und Bad, als fertige Module angeliefert.



Foto: ©ALHO Holding GmbH

Abb. 5: Stahlmodul mit vielen Fensteröffnungen und temporären Verbänden



Foto: ©ALHO Holding GmbH

Abb. 6: Tragstrukturen von Stahlmodulen mit biegesteifen geschweißten Anschlüssen und temporären Diagonalen

bilität hinsichtlich der Anordnung von Öffnungen, wie Fenstern und Türen, oder bei der Entfernung ganzer Wände im Rahmen der Kopplung von Modulen zu größeren Raumeinheiten oder raumhohen Verglasungen. Für den Transport und die Montage werden teilweise temporäre Diagonalen in die Modulseitenwände eingesetzt (Abb. 5). Stationäre Verbände in einzelnen Seitenwänden sind bei vielen baugleichen Modulen sinnvoll, um den Aufwand für die Ausbildung biegesteifer Verbindungen zu reduzieren. Die Sekundärtragkonstruktionen in Boden- und Deckenebene bestehen meistens aus Einfeldträgern, die in regelmäßigen, relativ kleinen Abständen über die Modulbreite gespannt sind und auf denen der Bodenaufbau aufgebracht wird (Abb. 6). Alternativ werden von einzelnen Herstellern Betonfertigteilplatten in der Bodenebene eingesetzt. Boden- und Deckenkonstruktion sind in der Regel getrennt angeordnet und stehen statisch nicht in direkter Interaktion, da sie nicht zum gleichen Modul gehören (Abb. 7). Für die Tragkonstruktionen in den Wandebenen werden häufig stehende Stahlprofile verwendet, die vertikal zwischen den Boden- und Deckenriegeln angeordnet sind. Für Fenster oder Türen werden Auswechslungen im Bereich der Öffnungen vorgesehen. Es gibt auch Lösungen mit komplexeren Wandsystemen, bei denen in der Wandebene kreuzende Stützen, Riegel und auch Diagonalen eingesetzt werden.



Foto: ©ALHO Holding GmbH

Abb. 7: Tragende Bauteile des Modulbodens und der Modulseitenwände

5 Erhöhung der Bauteiltemperatur infolge Brandeinwirkung und Raumabschlusses

Bei Stahlmodulen werden offene Walz-, Schweiß- und Hohlprofile sowie gekantete Bleche zur Herstellung der tragenden und aussteifenden Bauteile verwendet. Bleiben die relativ dünnwandigen Stahlbauteile ungeschützt, nehmen sie bei einer Temperaturbeanspruchung unter Brandeinwirkung relativ schnell Werte an, die nur wenig unterhalb der Heißgastemperatur liegen. Würden tragende Bauteile aus den oben genannten Profilquerschnitten der normativ anzusetzenden Einheits-Temperaturzeitkurve ausgesetzt, würde die kritische Stahltemperatur zum Nachweis der ausreichenden Standsicherheit bereits nach kurzer Zeit überschritten (Abb. 8).

Im Beispiel wurde die Temperaturentwicklung in einem rechteckigen Stahlhohlprofil (RHS) 150 x 150 x 8 Millimeter unter einer einwirkenden Heißgastemperatur entsprechend der Einheits-Temperaturzeitkurve auf der Grundlage des Nachweiskonzeptes sowie der temperaturabhängigen Materialkennwerte nach DIN EN 1993-1-2 [5] untersucht. Bereits nach 15 Minuten Brandeinwirkung ergeben sich Bauteiltemperaturen von mehr als 600 Grad Celsius. Nach 30 Minuten Brandeinwirkung (Anforderung feuerhemmend) beträgt die Bauteiltemperatur schon mehr als 800 Grad Celsius. Bei dieser Temperatur beträgt die effektive Fließgrenze nur noch elf Prozent der Streckgrenze und der Elastizitätsmodul nur noch neun Prozent der entsprechenden Werte bei Raumtemperatur. Eine ausreichende Tragfunktion kann bei einer Bauteiltemperatur von 800 Grad Celsius für ein statisches System, das beim kaltstatischen Nachweis angesetzt wird, offensichtlich ausgeschlossen werden. Aber auch die Längenänderung der Stahlprofile infolge einer solchen Temperaturänderung ist erheblich. Bei näherungsweiser Annahme eines konstanten, tatsächlich temperaturabhängigen Wärmeausdehnungskoeffizienten von $12 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ ergibt sich bei einer Bauteiltemperatur von 800 Grad Celsius und einer Anfangstemperatur von 20 Grad Celsius eine Längenänderung pro laufendem Meter von $(800 - 20) \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 0,94 \text{ cm/m}$.

Diese Verformungen sind beim Standsicherheitsnachweis zu berücksichtigen, weil sie zu einer weiteren Beanspruchung des Gesamtsystems führen.

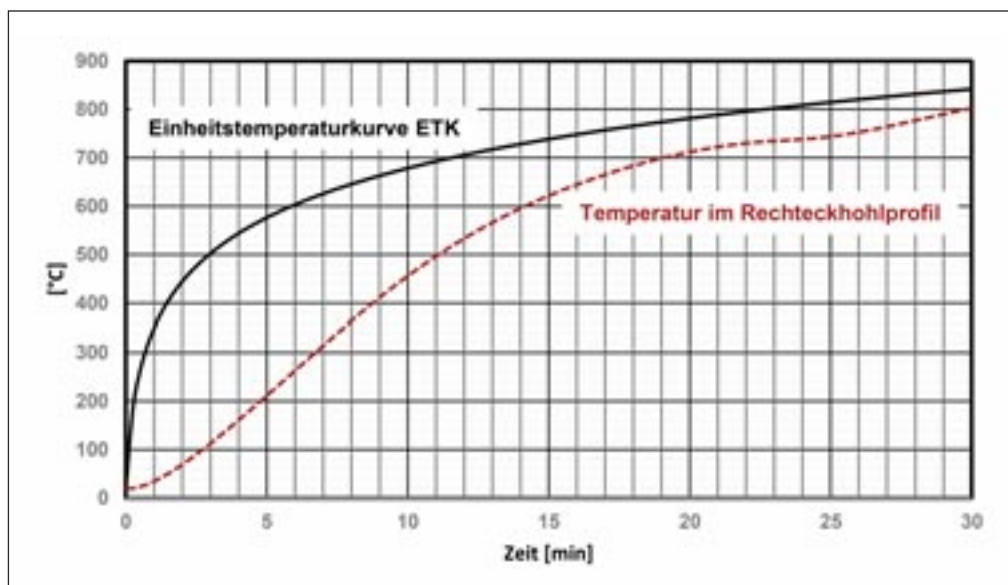
Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass die tragenden Bauteile während der nachzuweisenden Schutzdauer vor einer direkten Heiß-

gasbeaufschlagung geschützt werden müssen. Dies erfolgt im Stahl-Modulbau durch brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen, in der Regel mit Feuerschutzplatten aus Gipskarton. Sie werden in der Modulbaupraxis in Abhängigkeit von der zu gewährleistenden Feuerwiderstandsdauer meist zweilagig, aber auch ein- oder dreilagig ausgeführt.

Der Sicherstellung des Raumabschlusses sowohl der einzelnen Bauteile als auch der Übergänge und Fugen zu angrenzenden Bauteilen, insbesondere im Wand- und Deckenbereich sowie bei Eck-, Fenster- und Türanschlüssen, kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Dabei ist die Begrenzung des Wärmedurchgangs durch die brandbeanspruchten Bauteile zu berücksichtigen. Die Temperaturentwicklungen sind im Brandversuch experimentell nachzuweisen und dienen auch als Grundlage für den Nachweis des Kriteriums I (Dämmung), dessen Einhaltung eine übermäßige Temperaturerhöhung außerhalb des Brandabschnitts verhindern soll.

Der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Raumabschlusses und der Einhaltung der Grenztemperaturen auf den dem Brandraum zugewandten Innenseiten der Plattenbekleidungen der Module ist dabei eine notwendige Voraussetzung, reicht aber für den Nachweis des Kriteriums R (Tragsicherheit) nicht aus. Es ist ergänzend zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit vom Wärmedurchgang und -übergang in den hinter der Brandschutzbekleidung liegenden Stahlprofilen Zwängungen beziehungsweise Verformungen aus (behinderten) Längenänderungen und (behinderten) Durchbiegungen infolge eines über den Profilquerschnitt auftretenden Temperaturgradienten entstehen, die zu Verformungen in den Anschlussfugen der Brandschutzbekleidung und, bei Behinderung dieser Verformungen, zu Zwängungen und damit zu zusätzlichen mechanischen Beanspruchungen der tragenden Bauteile und ihrer Verbindungen führen.

Bei dem in Abb. 9 dargestellten System tritt in den horizontalen Stahlprofilen infolge einer Schwerpunkttemperaturerhöhung von 80 K nach 30 Minuten ETK-Brandeinwirkung aufgrund der behinderten Längenausdehnung in horizontaler Richtung konservativ abgeschätzt eine Zwängungsdruckspannung von $80 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 210000 = 202 \text{ MPa}$ auf. Dies setzt eine vollständige horizontale Unverschieblichkeit an den Anschlüssen zum Massivbau und eine spaltfreie Kopplung der Module voraus. Dieses Rechenbeispiel soll die Relevanz der zusätzlichen Zwangsspannungen für den rechnerischen Nachweis verdeutlichen.



©Matthias Pfeifer

Abb. 8: Temperaturverlauf in einem Stahl-Rechteckhohlprofil 150 x 150 x 8 Millimeter, berechnet mit EC3-1-2 unter Heißgasbeanspruchung nach ETK

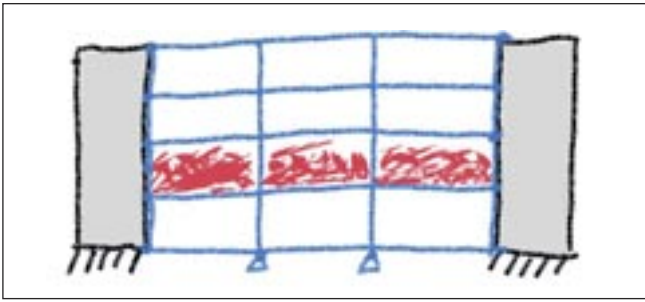


Abb. 9: Brand in einem sich über mehrere Module erstreckenden Brandabschnitt zwischen zwei näherungsweise starren Massivbauelementen

6 Heißbemessung

Häufig wird in der Praxis fälschlicherweise argumentiert, dass moderate Änderungen der Bauteiltemperaturen bei Stahlbauteilen im Modulbau keinen Einfluss auf die Standsicherheit im Brandfall hätten, da bis zu einer Stahltemperatur von 100 Grad Celsius nach DIN EN 1993-1-2 [5] keine Abminderung des E-Moduls beziehungsweise der Festigkeitskennwerte erfolgen muss, das heißt, es gelten die normativen Bemessungswerte für Raumtemperatur, und es wird behauptet, dass damit der Standsicherheitsnachweis im Brandfall implizit durch den ohnehin zu führenden kaltstatischen Nachweis nach DIN EN 1993-1 [6], -3 [7] und -8 [8] abgedeckt sei.

Im Rahmen dieser Argumentation bleibt jedoch unberücksichtigt, dass es sich bei den Tragwerken von Stahlmodulbauten fast ausschließlich um statisch unbestimmte Systeme handelt, bei denen in Abhängigkeit von den Randbedingungen und Brandabschnittsgrenzen infolge Temperaturänderungen aus Brandeinwirkung in den Einzelmodulen und im Gesamtsystem zusätzliche Schnittgrößen auftreten. Diese sind bei der Bemessung mit den übrigen Bemessungswerten der im Brandfall anzusetzenden Einwirkungen zu überlagern.

In anderen Fällen, insbesondere bei Bauteiltemperaturen über 100 Grad Celsius, wird die Möglichkeit der Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1993-1-2 [5] argumentativ genutzt.

Aus den im Brandfall anzusetzenden geringeren Bemessungslasten kann mit einem konservativen Ausnutzungsgrad von $\mu_0 = 0,65$ eine kritische Stahltemperatur $\Theta_{a,cr} = 540$ Grad Celsius ermittelt werden, bei der die effektive Fließgrenze gerade 65 Prozent der Streckgrenze bei Raumtemperatur beträgt. Es wird dann angenommen, dass damit der Nachweis implizit erfüllt ist.

Auch diese Argumentation ist jedoch unzutreffend, da nach den Angaben in DIN EN 1993-1-2 ein Nachweis auf Temperaturniveau nur in solchen Sonderfällen möglich ist, in denen keine maßgeblichen Einflüsse aus Bauteilverformungen, das heißt, aus Theorie II. Ordnung, auftreten und die betrachteten Bauteile nicht stabilitätsgefährdet sind, das heißt, Standsicherheitsnachweise bei Raumtemperatur im Rahmen der Tragwerksbemessung nicht geführt werden müssen.

Folglich ist im Stahl-Modulbau der Nachweis des in der Regel statisch vielfach unbestimmten Stahltragwerkes im Brandfall am Gesamttragwerk nach DIN EN 1993-1-2 [5] unter Berücksichtigung der durch die Brandeinwirkung hervorgerufenen Temperaturänderungen zu führen. Diese umfassen zum einen den über den Querschnitt konstanten Temperaturanteil (Schwerpunkttemperatur) sowie den über den Querschnitt veränderlichen Temperaturanteil (Temperaturgradient).

Durch die örtliche Fügung der einzelnen Module zu einem Gebäude entsteht ein System, das von den üblichen Bauarten des Geschossbaues abweicht. Hier gibt es keine flächig verbindenden Elemente, wie durchgehende Wände, Böden und Decken mit entsprechenden Redundanzen und überkritischen Tragreserven, sondern eine Aneinanderreihung einzelner, für sich tragender Raumelemente mit lokalen, nicht redundanten Verbindungen. Gerade diese Abweichungen von der klassischen Bauweise erfordern hinsichtlich des Standsicherheitsnachweises im Brandfall weitergehende Betrachtungen möglicher Schwachstellen und Schadensszenarien.

7 Nachweis des Raumabschlusses mit ETK-Versuchen

Der Nachweis der Erfüllung der Anforderungen an den Raumabschluss und die Ermittlung der bei Brandbeanspruchung auftretenden (Stahl-) Bauteiltemperaturen kann nach derzeitigem Kenntnisstand nur versuchstechnisch geführt werden. Hierzu sind entsprechende Brandversuche durchzuführen. Dabei werden die maßgeblichen Aufbauten und Detailausbildungen an repräsentativen Modulausschnitten beziehungsweise -abschnitten unter Ansatz gleichzeitig wirkender mechanischer Beanspruchungen untersucht, wobei im Brandraum durch geeignete Positionierung von Gas- oder Ölbrennern sowie einer Regelung auf der Basis von Temperatursensoren die ETK-Kurve mit ausreichender Genauigkeit „nachgefahren“ wird. Als Ergebnis werden Prüfberichte erstellt, die als Grundlage für bauaufsichtliche Verwendbarkeits- und Anwendbarkeitsnachweise verwendet werden können, diese bauaufsichtlichen Nachweise aber nicht ersetzen.

In diesem Zusammenhang ist auch darauf zu achten, dass bei einem vorzeitigen Versagen des Raumabschlusses eine Rauch- und Heißgasausbreitung durch vorhandene Spalten und Hohlräume zwischen den Modulen durch geeignete Maßnahmen unbedingt verhindert wird. Bei mehrgeschossigen Modulgebäuden ist die Wirkung möglicher Kamineffekte in den Modulzwischenräumen auszuschließen, da unter anderem ungeschützte Verbindungen (Schrauben, Schweißnähte et cetera) zwischen den Modulen oder zwischen den Modulen und anderen Bauteilen vorzeitig versagen können.

Die für den Nachweis des Raumabschlusses erforderlichen prüftechnischen Randbedingungen beziehungsweise Anforderungen an die Ausbildung der Probekörper sind derzeit nicht in Regelwerken definiert. Die Möglichkeit, die Verwendbarkeit der Raumzellen beziehungsweise die Anwendbarkeit der Bauart durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) nachzuweisen, scheidet mangels allgemein anerkannter Prüfverfahren, auf die die Bauaufsichtsbehörden in den Teilen C3 beziehungsweise C4 der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Bezug nehmen, jedenfalls dann aus, wenn raumabschließende Eigenschaften einzuhalten sind. Dies wird in der Bau- und Genehmigungspraxis häufig übersehen.

Werden allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse vorgelegt, so können sich diese nur auf einzelne Komponenten des Bauproduktes Raummodul beziehen und sind bestenfalls als ergänzende Information nutzbar. Insofern ist entweder eine *allgemeine Bauartgenehmigung* (aBg) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) beziehungsweise ein sogenannter Kombibescheid, bestehend aus einer aBg und einer *allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung* abZ (hier: Bauprodukt Raummodul und Bauart Modulgebäude), oder eine Kombination aus *Zustimmung im Einzelfall* (ZiE) und *vorhabenbezogener Bauartgenehmigung* (vBg) erforderlich.

Definitionsgemäß ist eine einzelne Raumzelle ein Bauprodukt. Durch den Zusammenbau der einzelnen Module entsteht ein Raumzellengebäude, das eine Bauart darstellt. Zuständig für die Festlegung der Nachweisführung ist im Falle einer allgemeinen Bauartgenehmigung das DIBt und im Falle einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung die jeweilige oberste Bauaufsichtsbehörde desjenigen Bundeslandes, in dem das Modulgebäude errichtet werden soll. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass es aufgrund unzureichender Kenntnisse der baurechtlichen Situation bei den maßgeblich Beteiligten häufig zu Fällen kommt, in denen die vorgenannten erforderlichen Nachweise nicht vorgelegt werden können. Auf die Risiken und Folgen solcher Versäumnisse soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass mit dem Kombinationsnachweis nur die Funktion des Raumabschlusses und die Verhinderung der Brandausbreitung nachgewiesen werden. Zusätzlich ist immer der Standsicherheitsnachweis für den Brandfall (Heißbemessung) auf der Grundlage der eingeführten technischen Baubestimmungen zu führen. Dieser ist gegebenenfalls durch einen anerkannten Prüfsachverständigen oder Prüfenieur der Fachrichtung Metallbau beziehungsweise Stahlbau zu prüfen.

8 Durchgängiges Nachweiskonzept in Verbindung mit einer aBg oder vBg

Für die Beurteilung des Brand- und Tragverhaltens ist die Kenntnis möglicher Schwachstellen der Raumzellen unter ETK-Belastung wichtig. Liegt diese nicht vor, erscheinen Versuche an repräsentativen Raumzellen oder Raumzellenausschnitten erforderlich, die während des Versuchs zusätzlich statisch belastet werden und die ungünstigste Beanspruchung im Brandfall darstellen. Nur so können Verformungen simuliert werden, die zum Versagen der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen der Tragkonstruktion führen. Derartige Versuche sind äußerst aufwendig, kostenintensiv und können aufgrund ihrer Komplexität nur von wenigen Brandprüfstellen durchgeführt werden. Das Aufbringen und Aufrechterhalten der statischen Lasten während des gesamten Brandversuchs sowie das hinreichend genaue Nachfahren der ETK im gesamten Modulraum stellen erhebliche versuchstechnische Herausforderungen dar.

Erste wichtige Erkenntnisse über das Brandverhalten kompletter Einzelmodule lieferten im Jahr 2023 am Materialprüfungsamt des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführte Versuche an Modulen mit den Ab-

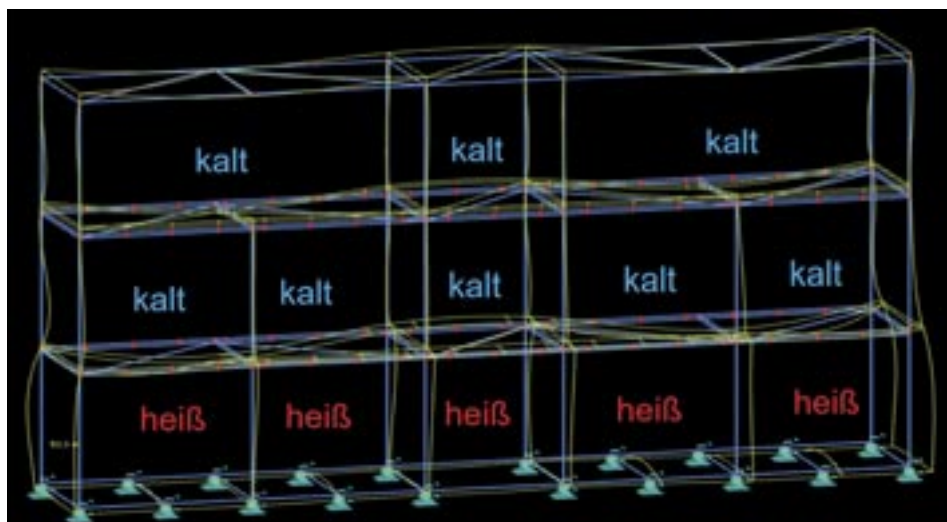
messungen 3 x 3 x 6 Meter, die vom Land Nordrhein-Westfalen und interessierten Modulherstellern über das Center Building and Infrastructure Engineering (CBI) auf dem Campus der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) finanziert und begleitet wurden. Im Vorfeld wurde vom CBI ein Praxisleitfaden über Anforderungen an Bauteile von Raumzellengebäuden als Stahltragwerke aus brandschutztechnischen Gründen [11] erarbeitet, in dem Grundsätze für den Umgang mit Raumzellen im bauaufsichtlichen Verfahren festgehalten wurden.

Das Deutsche Institut für Bautechnik hat Anfang dieses Jahres erste Vorgaben für die Nachweisführung zur Erlangung einer allgemeinen Bauartgenehmigung veröffentlicht [12]. Diese Grundsätze für die Nachweisführung im Antragsverfahren zur Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen für feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise, die von der Projektgruppe Modulbau des Deutschen Instituts für Bautechnik erarbeitet worden sind, der auch beide Verfasser dieses Beitrags angehören, stellen eine erste wesentliche Grundlage für die grundsätzliche Vorgehensweise bei zukünftigen Typen- beziehungsweise Kombi-Zulassungen dar.

Basierend auf diesen Grundsätzen, ergänzt durch eigene Untersuchungen und Erfahrungen, wird im Folgenden das gesamte Nachweiskonzept erläutert und diskutiert. Es besteht aus einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung und allgemeinen Bauartgenehmigung beziehungsweise vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung und einer Zustimmung im Einzelfall sowie dem zusätzlichen rechnerischen Nachweis für den Brandfall, der sogenannten Heißbemessung, der auf Basis des bestehenden Regelwerks der Eurocodes geführt werden kann.

Im ersten Schritt ist der Nachweis des Raumabschlusses für die aufgrund der Baugenehmigung beziehungsweise der Zuordnung des Bauwerks zu einer Bauwerksklasse erforderliche Schutzdauer, zum Beispiel feuerbeständig, zu erbringen. Dieser kann auf Basis einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, einer allgemeinen Bauartgenehmigung beziehungsweise einer Zustimmung im Einzelfall und einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung erfolgen. Wichtig ist, dass in den Dokumenten die Schwerpunkttemperaturänderungen sowie die Temperaturgradienten für alle tragsicherheitsrelevanten Stahlbauteile zum Zeitpunkt des Erreichens der geforderten Schutzdauer angegeben sind.

Damit sind die Voraussetzungen für den rechnerischen Nachweis nach DIN EN 1993-1-2 gegeben. Die Heißbemessung ist für das geplante Einzelbauwerk unter Berücksichtigung aller relevanten Rand- und Lage-



© Thomas Ummenhofer

Abb. 10: Stabwerkmodell für die Heißbemessung und temperaturbedingte qualitative Verformungen eines mehrgeschossigen Modulgebäudes

rungsbedingungen durchzuführen. Horizontallasten aus Schiefstellung und Wind (0,2-facher Bemessungswind nach dem Nationalen Anwendungsdokumente (NAD) zu DIN EN 1991) sind zu berücksichtigen. Die erforderliche Aussteifung des Bauwerks kann entweder durch die außerhalb des betrachteten Brandabschnitts liegenden „kalten“ Module oder durch aussteifende geschützte Kerne anderer Bauarten oder durch Verbindungen mit angrenzenden (vorhandenen) Bauwerken erfolgen (Abb. 10). Insbesondere ist in allen vorgenannten Fällen der Nachweis der zwischen den Modulen beziehungsweise im Anschluss an andere aussteifende Konstruktionen liegenden Verbindungsmittel zu führen. Dabei sind die Nachweise unter Berücksichtigung aller Brandabschnitte für Bemessungsbrände in den jeweils betrachteten Brandabschnitten zu erbringen. Die Nachweise sind zusammen mit den kaltstatischen Nachweisen zur bauaufsichtlichen Prüfung einzureichen.

Ein Sonderfall liegt vor, wenn ein Geschoss des gesamten Gebäudes, das ausschließlich aus Raummodulen besteht, einen einzigen Brandabschnitt bildet. In diesem Fall muss die gesamte Aussteifung des Gebäudes für horizontal wirkende Lasten und Schiefstellungen über das „heiße“ Tragwerk erfolgen. Dieser Fall sogenannter sich im Brandfall selbst aussteifender Module ist deutlich komplexer, da die bisherigen Ansätze für Brandversuche in der Regel eine horizontale Unverschieblichkeit voraussetzen. Die Effekte aus Theorie II. Ordnung führen durch die Erwärmung der Bauteile, die damit gegebenenfalls verbundene Re-

duzierung der Materialkennwerte, sowie durch die temperaturbedingten horizontalen Längenänderungen der Tragprofile, zu deutlichen Beanspruchungserhöhungen in den aussteifenden Tragwerksteilen. Zudem können sich durch die auftretenden großen horizontalen Verschiebungen Fugen in den Bauteilen sowie an deren Übergängen öffnen und damit die Funktion des Raumabschlusses verloren gehen.

9 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden die Vorteile und Herausforderungen der (Stahl-) Modulbauweise erläutert. Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an den Feuerwiderstand führen bei der Modulbauweise häufig zu Missverständnissen hinsichtlich der bauordnungsrechtlich erforderlichen Nachweise. Da es sich um eine Bauart handelt, für die es weder technische Baubestimmungen noch sonstige allgemein anerkannte Regeln der Technik gibt, muss entweder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung und eine allgemeine Bauartgenehmigung des Modulherstellers vorliegen oder eine Zustimmung im Einzelfall und eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung für den konkreten Einzelfall eingeholt werden. In diesen Unterlagen sind die für eine Heißbemessung nach DIN EN 1993-1-2 erforderlichen Schwerpunkttemperaturänderungen der Stahlprofile des Modultragwerks sowie die über die Profilhöhe auftretenden Temperaturgradienten anzugeben. Auf dieser Grundlage liegt ein durchgängiges Nachweiskonzept für Stahl-Modultragwerke vor.

10 Literatur

- [1] <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/schule-umstrittene-container-1.4364765>
- [2] Musterbauordnung der Länder (MBO)
- [3] DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- [4] DIN EN 13501-2: „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen“
- [5] DIN EN 1993-1-2: 2010-12: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [6] DIN EN 1993-1-1: 2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [7] DIN EN 1993-1-3: 2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche
- [8] DIN EN 1993-1-8: 2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [9] MVV TB: 2023-1: Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
- [10] DIN 4102-4: 2016-05: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [11] Praxisleitfaden: Anforderungen an Bauteile von Raumzellengebäuden als Stahltragkonstruktion aus Gründen des Brandschutzes <https://cbl.rwth-campus.com/wp-content/uploads/sites/32/2016/11/2020-Praxisleitfaden-Brandschutz-Modulbau.pdf>
- [12] Grundsätze für die Nachweisführung im Antragsverfahren zur Erteilung allgemeiner Bauartgenehmigungen für feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/III3/Grundsätze_feuerwiderstandsfähige_Bauteile_Stahl-Modulbauweise.pdf

Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken nach der Technischen Regel des Deutschen Instituts für Bautechnik

Jede Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung muss geplant werden – von Sachkundigen Planern mit belegbaren spezifischen fachlichen Kenntnissen

Betonbauwerke sind oftmals einer Fülle schädlicher Einwirkungen ausgesetzt, vor allem durch Feuchtigkeit, Wasser und Salze. Ihre Erheblichkeit ist früher oft unterschätzt und die Wichtigkeit gezielter Instandsetzungen erst in den 1970er Jahren erkannt worden. Damals wurde mit Merkblättern gegengesteuert. Heute sind bauaufsichtlich eingeführte Richtlinien für die Instandhaltung von Betonbauwerken anzuwenden. Die ganzheitliche Betrachtung der gesamten Nutzungsdauer und der vorbeugende Schutz der Betonbauwerke sind allgemeiner Grundsatz. Das hat den Ruf nach einem sachkundigen Planer mit besonderem Fachwissen über den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauwerken laut werden lassen, dem der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton erstmals 2001 mit seiner Instandsetzungs-Richtlinie gefolgt ist. Im folgenden Beitrag wird eine Übersicht über den Stand des heutigen Regelwerks gegeben, die Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken beschrieben, die Verantwortlichkeiten des Sachkundigen Planers aufgezeigt und der Ablauf einer solchen Planung dargestellt.

1 Einführung

Der Baustoff Beton hat in den letzten mehr als hundert Jahren eine enorme Bedeutung erlangt, denn ohne die Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauweise wären viele Bauwerke nicht realisierbar gewesen. Die Einsatzmöglichkeiten sind so vielfältig, dass der Baustoff Beton auch künftig von großer Bedeutung sein wird. Allerdings wurden in der Vergangenheit die Auswirkungen der Beanspruchung der Betonbauwerke unter anderem durch Feuchtigkeit, Wasser und Salze unterschätzt, sodass wir uns heute mit vielfältigen Schäden an Betonbauwerken konfrontiert sehen.

Das Erfordernis zielgerichteter Instandsetzungen von Betonbauwerken ist bereits in den 1970er Jahren in den Fachkreisen erkannt worden. Es wurden entsprechende Merkblätter herausgegeben, und auf der Grundlage der Erfahrungen mit durchgeführten Instandsetzungen und jeweils neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse sind in den folgenden Jahren Richtlinien für die Instandsetzung von Betonbauwerken erarbeitet und auch bauaufsichtlich eingeführt worden. Neben der Instandsetzung von Schäden wurde auch der vorbeugende Schutz von Betonbauwerken aufgenommen.

Im Bereich der öffentlichen Verkehrsträger wurden parallel dazu Regelungen für den Schutz und die Instandsetzung der Betonbauteile von Ingenieurbauwerken erarbeitet und in die zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen überführt.



Dipl.-Ing. Harald von Thaden

studierte Bauingenieurwesen an der FH Buxtehude und ist seit 1987 bei WTM Engineers in Hamburg tätig; Harald von Thaden ist Betoningenieur, Sachkundiger Planer für Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken, Sachverständiger nach WHG/AwSV und Mitglied im Arbeitskreis Bauwerkserhaltung, -instandsetzung und -überwachung des Bau-Überwachungsvereins.

Die damaligen Forderungen nach einer sachkundigen Planung für die Instandsetzung von Betonbauwerken hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) mit seiner Richtlinie *Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken* (Instandsetzungs-Richtlinie, kurz: RL SIB [1]) erfüllt, die 2001 erstmals herausgegeben und bauaufsichtlich eingeführt worden ist. Im Laufe der folgenden Jahre ist die ganzheitliche Betrachtung von Betonbauwerken über die gesamte Nutzungsdauer immer mehr in den Fokus geraten, und heute sprechen wir von der *Instandhaltung* von Betonbauwerken.

2 Regelwerk

Die Instandsetzungs-Richtlinie des DAfStb, Ausgabe 2001 (kurz: RL SIB), wurde nach ihrer Veröffentlichung in Deutschland sukzessive von den Bundesländern bauaufsichtlich eingeführt.

Mit Veröffentlichung der europäischen Normenreihe DIN EN 1504 in den Jahren von 2004 bis 2008 wurde in Deutschland eine Anpassung der bisherigen nationalen Regelungen erforderlich. Hierzu wurde ab etwa 2010 die Ausarbeitung der DAfStb-Richtlinie „Instandhaltung von Betonbauwerken“ (Instandhaltungs-Richtlinie) aufgenommen.

Im Oktober 2014 erging das Urteil des Europäischen Gerichtshofs, wonach an europäisch harmonisierte, CE-gekennzeichnete Bauprodukte keine zusätzlichen nationalen Anforderungen gestellt werden dürfen.

Die Instandhaltungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton wurde unter Berücksichtigung der europäischen Regelungen fertiggestellt, 2016 erfolgte das Gelbdruckverfahren. Aufgrund unüberwindbarer Differenzen innerhalb der beteiligten Kreise, musste das Verfahren allerdings abgebrochen werden, deshalb liegt die Instandhaltungs-Richtlinie derzeit nur als Entwurf vor (mit Stand Juni 2018), die weitere Bearbeitung wurde ausgesetzt.

Aufgrund der damit in Deutschland fehlenden Regelungen hinsichtlich der Anforderungen an Bauprodukte für die Betoninstandsetzung bestand dringender Handlungsbedarf, da für Instandsetzungsprodukte keine neuen *allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse* (abP) aus-

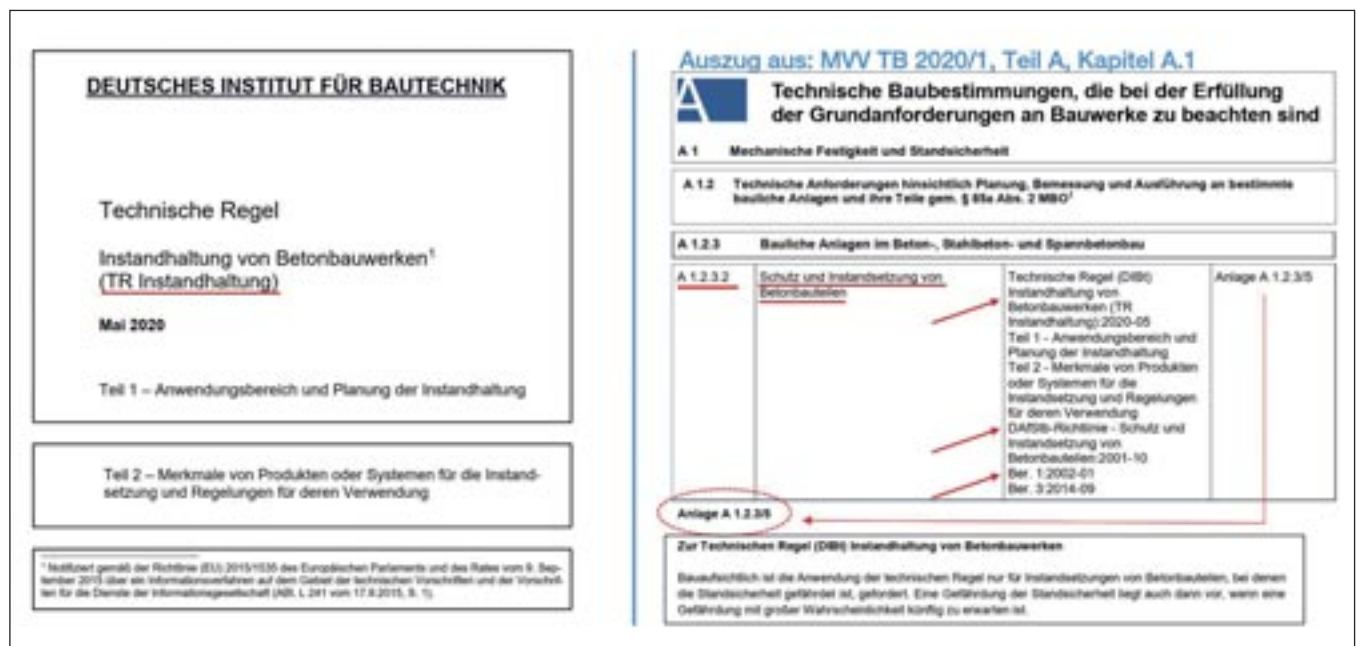


Abb. 1: TR Instandhaltung (Titelseite) und Auszug aus der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2020/1, Teil A, Kapitel A.1

gestellt werden konnten und die bestehenden abP in ihrer Gültigkeit begrenzt waren.

Für die Betoninstandsetzung im Bereich der öffentlichen Verkehrsträger „Wasser“ und „Straße“ wurden 2017 die Neufassungen der *Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen Wasserbau* (hier: ZTV-W LB 219) und der *Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten* (hier: ZTV-ING T. 3, Abschn. 4 und 5) fertiggestellt. In beiden Bereichen wurden Regelungen für die projektspezifische Festlegung der Anforderungen an die Instandsetzungsprodukte aufgenommen.

Für den allgemeinen bauordnungsrechtlichen Bereich hat das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) im Auftrag der Bundesländer die Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhal-

tung, kurz: (TR IH [2]) mit den Teilen 1 und 2 erstellt und mit Stand Mai 2020 herausgegeben.

Der Anwendungsbereich der Technischen Regel (aus: TR Instandhaltung, Teil 1, Abschnitt 1, Absatz (1)) umfasst:

(1) Diese Technische Regel gilt in Verbindung mit der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungsrichtlinie)“ (Ausgabe Oktober 2001, inkl. der Berichtigungen 1 und 3 – nachfolgend DAfStb-RL SIB). In dieser Technischen Regel nicht genannte Sachverhalte, die in der DAfStb-RL SIB enthalten sind, gelten insofern weiter. Fortgelten insbesondere die Regelungen in Teil 3 der DAfStb-RL SIB. Die Regelungen der TR haben Vorrang vor der DAfStb-RL-SIB. In dieser Technischen Regel werden Hinweise gegeben, welche Regelungen der DAfStb-RL SIB ersetzt werden.

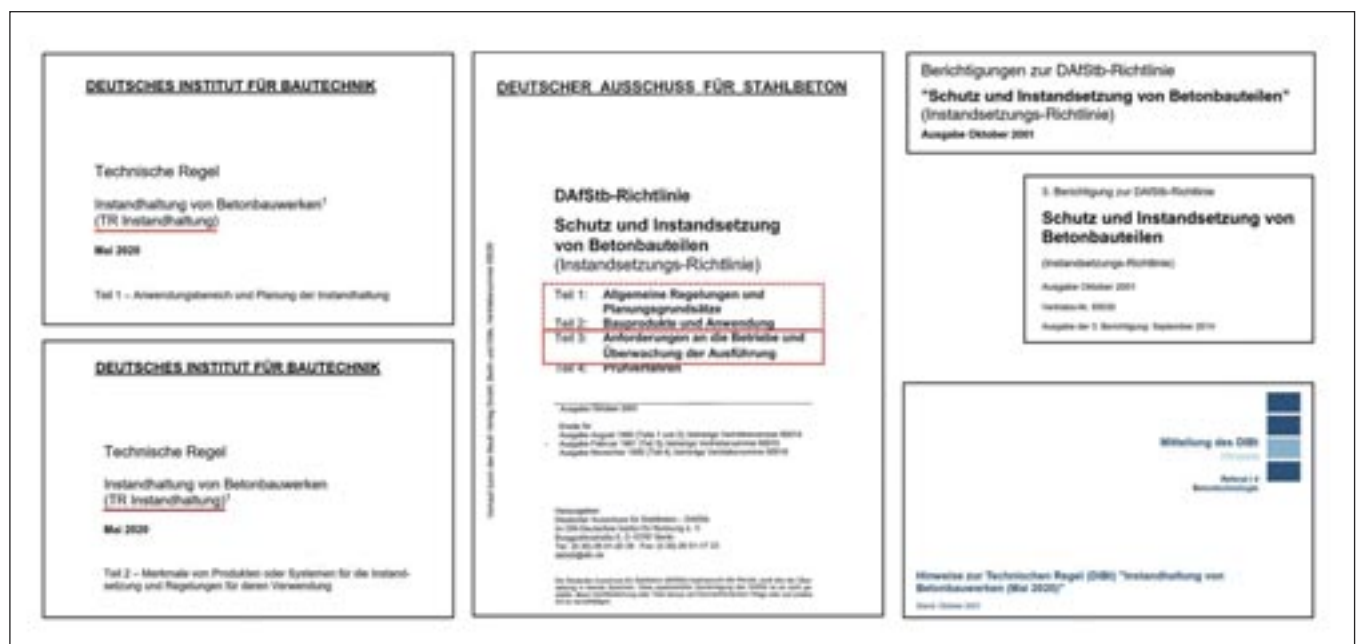


Abb. 2: Für die Instandhaltung von Betonbauwerken zu beachtende Regelwerke und Dokumente

Mit Abschluss des EU-Notifizierungsverfahrens und mit Zustimmung der Gremien der Bauministerkonferenz wurde die TR Instandhaltung Anfang 2021 eingeführt, wobei dies im Zuge der Umsetzung der *Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen* (MVV TB) in den Ländern erfolgt (**Abb. 1**). Nach den Informationen des DIBt zum Stand der Umsetzung der MVV TB ist die Einführung mit Ausnahme von Sachsen in allen Ländern erfolgt.

Ergänzend zur TR Instandhaltung hat das DIBt Hinweise zu ihrer Anwendung herausgegeben. Für den Anwender sind damit acht einzelne Dokumente zu beachten (**Abb. 2**). Zur Vereinfachung der Anwendung hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton eine Anwendungshilfe (DAfStb-Heft 638 [3]) herausgebracht, die ein verlust- und widerspruchsfreies Lesen ermöglicht und die Gegenüberstellung von acht einzelnen Dokumenten erspart.

3 Annahmen und Voraussetzungen der TR-Instandhaltung

Die bereits in der DAfStb-RL SIB enthaltene Forderung nach der Planung von Schutz- und Instandsetzungsarbeiten durch einen sachkundigen Planer, der die besonderen Kenntnisse auf dem Gebiet des Schutzes und der Instandsetzung von Betonbauwerken hat, wurde in die TR Instandhaltung in erweiterter Form übernommen.

So wird nach der TR Instandhaltung, Teil 1, Abschnitt 2, vorausgesetzt, dass jede Instandhaltungsmaßnahme, das heißt, Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung, geplant wird, und dass die Planung durch einen sachkundigen Planer durchgeführt wird, der aufgrund der ihm übertragenen Verantwortung als *Sachkundiger Planer* (SKP) bezeichnet wird. Außerdem wird vorausgesetzt, dass die Ausführung von Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen durch einen Sachkundigen Planer begleitet wird.

Der Sachkundige Planer muss die Anforderungen an die Produkte und Systeme für Schutz und Instandsetzung auf Grundlage der TR Instandhaltung projektspezifisch so festlegen, dass die Grundanforderungen an das Betonbauwerk erfüllt werden. (Erläuterung: Anforderungen an das Bauwerk ergeben sich aus nationalen Festlegungen, die bei der Ausführung – projektspezifisch – einzuhalten sind. Die projektspezifische Festlegung ist erforderlich, da gemäß dem Urteil des Europäischen Gerichtshofs – C-100/13 vom 16. Oktober 2014 – an europäisch harmonisierte, CE-gekennzeichnete Bauprodukte keine zusätzlichen nationalen Anforderungen gestellt werden dürfen.)

3.1 Regelungen für die Standsicherheit:

Für Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen nach der TR Instandhaltung wird unter anderem gefordert, dass auf Auftraggeberseite in jeder Phase von Planung und Ausführung festgelegt sein muss, wer die Fragen der Standsicherheit beurteilt und wer die dazu erforderlichen Maßnahmen plant und ausführt. Außerdem ist vor der Ausführung vom Auftraggeber schriftlich eine verantwortliche Person zu benennen, die während der Ausführung Fragen der Standsicherheit beurteilt und gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen veranlasst.

Nach der TR Instandhaltung sind alle Maßnahmen, die zur Wiederherstellung oder zum Erhalt der Standsicherheit während der planmäßigen Nutzungsdauer erforderlich sind, als standsicherheitsrelevant einzustufen. Hierzu wird außerdem ausgeführt, dass im bauaufsichtlichen Bereich anstelle des Begriffes *Standsicherheitsrelevanz* der Begriff *Gefährdung der Standsicherheit* verwendet wird und sie auch dann vorliegt, wenn eine Gefährdung der Standsicherheit mit großer Wahr-

scheinlichkeit innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer zu erwarten ist. Ergänzend dazu wird ausgeführt, dass beispielsweise beim kathodischen Korrosionsschutz und bei Beschichtungen von Parkdecks die Standsicherheitsrelevanz zu bejahen sei.

Gemäß Vorgabe der TR Instandhaltung hat der Sachkundige Planer festzulegen, ob die Maßnahme für die Erhaltung der Standsicherheit erforderlich ist und welche Maßnahmen zur Überwachung ergriffen werden müssen.

4 Grundlagen der Planung

In der TR Instandhaltung, Teil 1, Abschnitt 3, werden die Grundsätze für die Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken geregelt. Zur sachkundigen Planung einer Instandhaltung gehören danach mindestens:

- Ermittlung, Darstellung und Beurteilung des Ist-Zustandes,
- Ermittlung der Schadensursachen,
- Festlegung des Mindest-Sollzustandes,
- Vergleich von Ist-Zustand und Mindest-Sollzustand,
- Abschätzung der Restnutzungsdauer,
- Erstellung eines Instandhaltungskonzeptes,
- Erstellung eines Instandhaltungsplans.

Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Planung und Ausführung von Instandhaltungsmaßnahmen gemäß der TR Instandhaltung zeigt **Abb. 3**. In Anlehnung an DIN 31051 wurden die Instandhaltungskomponenten

- Wartung,
- Inspektion und
- Instandsetzung und Verbesserung

aufgenommen.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Instandhaltung ist eine ganzheitliche Betrachtung. So sind je nach Art und Nutzung des Betonbauwerks zum Beispiel auch Abdichtungen, Entwässerungen, Schutzeinrichtungen und so weiter in die Instandhaltungsplanung einzubeziehen, da hier oftmals Defizite vorliegen, die ursächlich für Schäden an der Betonkonstruktion sein können.

4.1 Ermittlung des Ist-Zustandes

In der ersten Bearbeitungsstufe der Instandhaltungsplanung erfolgt die Ermittlung des Ist-Zustandes. Gemäß der Definition der TR Instandhaltung ist der Ist-Zustand *der aus den vorhandenen Einwirkungen und entsprechenden Widerständen resultierende Zustand eines Bauteils oder Bauwerks zu einem bestimmten Zeitpunkt*.

Die Tabelle 1 der TR Instandhaltung, Teil 1, enthält Angaben zur Erfassung und Bewertung des Ist-Zustandes. Dabei sind neben den oftmals zuallererst im Fokus stehenden Baustoffeigenschaften, wie zum Beispiel Druckfestigkeit, Carbonatisierung und so weiter, auch die Bauwerks- und Bauteileigenschaften zu betrachten, beispielsweise das statische System, Verformungen, die Bewehrungsverteilung, der optische Eindruck und andere. Außerdem sind die Umgebungs- und Nutzungsbedingungen zu erfassen, zum Beispiel mechanische und physikalische Einwirkungen.

Darüber hinaus sind die Einwirkungen auf das Bauwerk oder das Bauteil aus der Umgebung und dem Betonuntergrund auf Grundlage von Ta-

belle 2 der TR Instandhaltung, Teil 1, zu beschreiben. Neben den vom Neubau bekannten Expositions- und Feuchtigkeitsklassen sind folgende Einwirkungen zu berücksichtigen:

Einwirkungen aus der Umgebung:

- XALL** ... ist immer anzusetzen,
- XW1** ständige Wasserbeaufschlagung,
- XW2** temporäre Wasserbeaufschlagung.

Einwirkungen aus dem Untergrund:

- XSTAT (static)** statisch mitwirkend,
- XBW1** rückseitige Durchfeuchtung (keine Durchströmung) ...,
- XBW2** rückseitige Durchfeuchtung (mit Durchströmung) ...,
- XCR** Risse (Breite, Breitenänderung, Feuchtezustand) ...,
- XDYN** dynamische Beanspruchung bei Applikation.

Instandzusetzende Betonbauteile oder Bereiche sind außerdem im Hinblick auf die anzuwendenden Instandsetzungsverfahren in Altbetonklassen (A1 bis A5) einzuordnen. Die Zuordnung zu einer Altbetonklasse erfolgt nach der ungünstigeren Untergrundeigenschaft (Druckfestigkeit oder Oberflächenzugfestigkeit).

Als Voraussetzung für eine qualifizierte Zustandsermittlung ist in der Regel die Erstellung eines Untersuchungskonzeptes erforderlich. Wesentliche Bestandteile sind dabei die eindeutige Klärung der benötigten Informationen, die Auswahl geeigneter Untersuchungsmethoden und die Überprüfung der Machbarkeit von Untersuchungen unter den gegebenen Bauwerksbedingungen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass eine stufenweise Durchführung der örtlichen Untersuchungen oftmals angebracht ist. Außerdem ist in jedem Projekt neu abzuwägen, welche Untersuchungen und welcher Umfang angemessen sind.

4.2 Festlegung des Mindest-Sollzustandes

In der nächsten Bearbeitungsstufe der Instandhaltungsplanung erfolgt die Festlegung des Mindest-Sollzustandes. Gemäß der Definition der TR Instandhaltung ist der Mindest-Sollzustand *der Zustand des Bauwerks, bei dem bei ordnungsgemäßer Instandhaltung während der*

Restnutzungsdauer die Mindestanforderungen des Bauherrn, in jedem Fall jedoch die gesetzlichen Anforderungen erfüllt sind.

Festlegungen des Mindest-Sollzustandes müssen in Abstimmung beziehungsweise gemeinsam mit dem Auftraggeber erfolgen – sie ergeben sich aus den Nutzungsanforderungen des Auftraggebers und den gesetzlichen oder baurechtlichen Vorgaben.

4.3 Prognose für die Restnutzungsdauer

Die Abschätzung der vorhandenen Restnutzungsdauer erfolgt auf Grundlage des vorhandenen Abnutzungsvorrats. Dieser wird durch Vergleich des Ist-Zustandes mit dem Mindest-Sollzustand ermittelt. Anhand der bestehenden oder zu erwartenden dauerhaftigkeitsrelevanten Einwirkungen und der statischen Belastungen ist eine Abschätzung der Restnutzungsdauer vorzunehmen (**Abb. 4**). Gegebenenfalls vorhandene Schutzschichten oder -maßnahmen sind dabei zu berücksichtigen.

4.4 Ermittlung Instandsetzungsbedarf

Der Instandsetzungsbedarf ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Ist-Zustand zum Zeitpunkt der Instandsetzung und dem Soll-Zustand unter Berücksichtigung der geforderten Restnutzungsdauer (**Abb. 5**). Für die Abschätzung der Abnutzung während der Restnutzung ist die vorgesehene Inspektion oder Wartung zu berücksichtigen.

5 Instandhaltungskonzept

Das Instandhaltungskonzept hat gemäß TR-Instandhaltung die Aspekte Inspektion/Wartung und Instandsetzung zu berücksichtigen – gegebenenfalls einschließlich vorgesehener Verbesserungen. Es ist zu untersuchen, ob Varianten in Frage kommen, und durch eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile ist eine technisch und wirtschaftlich begründete Lösung zu entwickeln.

Für die Ausarbeitung des Instandsetzungskonzeptes sind die Instandsetzungsziele auf Grundlage des ermittelten Instandsetzungsbedarfs festzulegen. In der TR-Instandhaltung, Teil 1, Abschn. 6, sind die In-

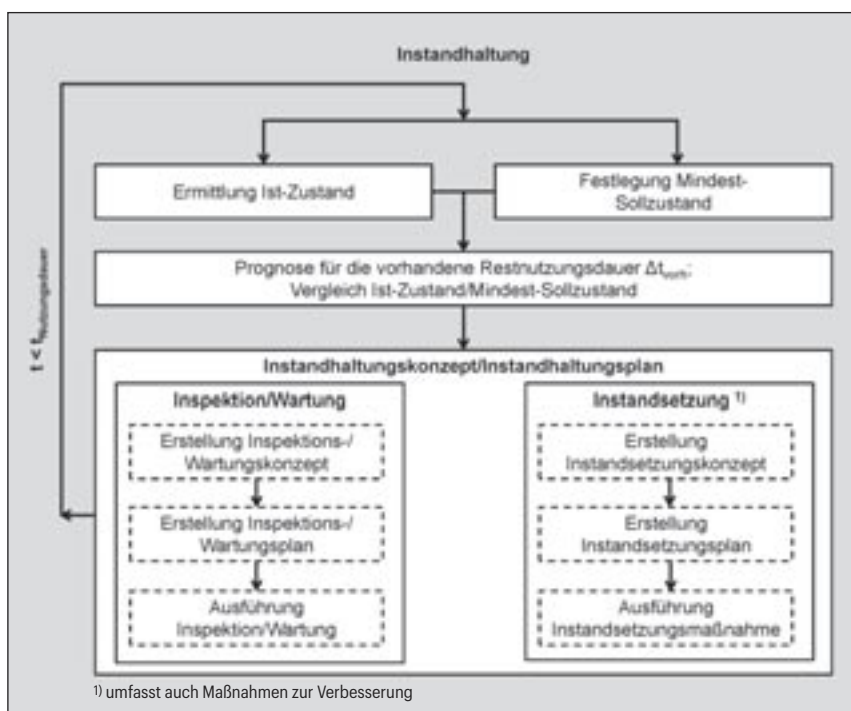


Abb. 3: Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Planung und Ausführung von Instandhaltungsmaßnahmen / aus: TR IH (Teil 1, Abbildung 1)

standsetzungsprinzipien und Instandsetzungsverfahren aufgeführt, die nach dieser Technischen Regel verwendet werden dürfen. In der DIN EN 1504-9 aufgeführte weitere Verfahren werden in dieser Technischen Regel nicht behandelt. Für das Erreichen mehrerer Instandsetzungsziele kann die Umsetzung verschiedener Instandsetzungsprinzipien notwendig sein. **Abb. 6** zeigt eine Übersicht über die Instandsetzungsziele und die Instandsetzungsprinzipien für Beton und Bewehrung.

6 Instandsetzungsprodukte und -systeme

Zur Erfüllung der Grundanforderungen an das Bauwerk muss der Sachkundige Planer gemäß TR Instandhaltung unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus der Umgebung und dem Untergrund die wesentlichen Merkmale und Anforderungen an Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung auf Grundlage von Teil 2 der TR Instand-

haltung festlegen. Die Anforderungen an Schutz- und Instandsetzungsprodukte und -systeme und die zugehörigen Qualitätssicherungsverfahren sind durch den Sachkundigen Planer projektspezifisch festzulegen (siehe auch: TR-IH, Teil 1, Abschnitt 2, (2) und (3)).

In der TR Instandhaltung, Teil 2, sind die Anforderungen an folgende Produkte und Systeme für die Verwendung an Betonbauwerken und Betonbauteilen festgelegt:

- Produkte und Systeme für den Oberflächenschutz,
- Produkte und Systeme für das Schließen, Abdichten und Verbinden von Rissen/Rissflanken mit kraftschlüssigen und dehnbaren Rissfüllstoffen,
- Produkte und Systeme für die Instandsetzung mit Betonersatz.

Im Vergleich mit der bisherigen Nachweisführung der Produkteignung durch Vorlage allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse ist das ge-

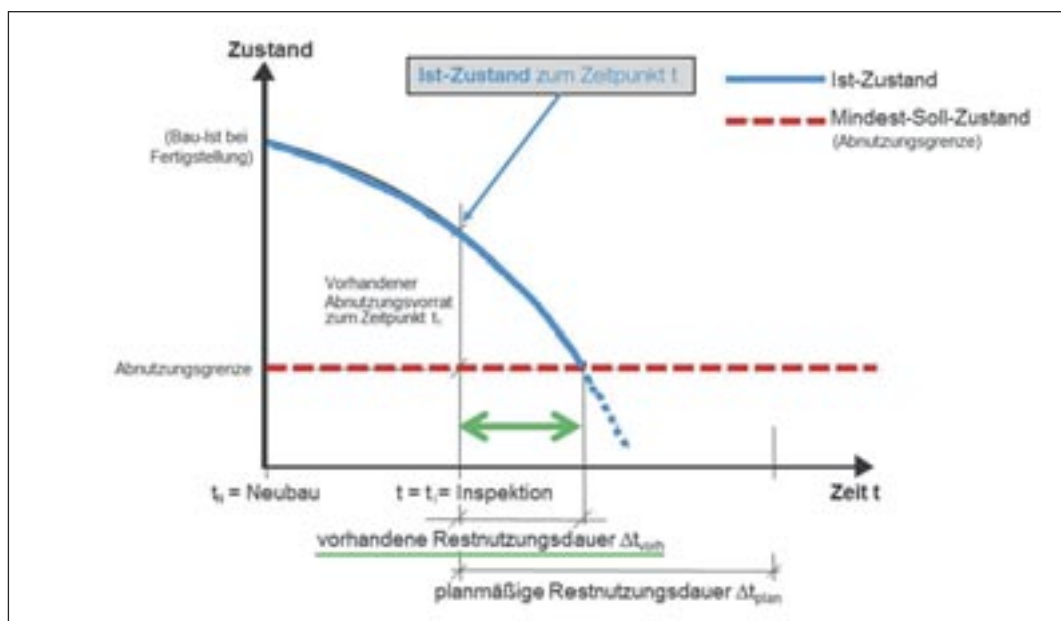


Abb. 4: Zustand-Zeit-Diagramm: Restnutzungsdauer / Grundlage: TR IH, T. 1 (Abb. 2)

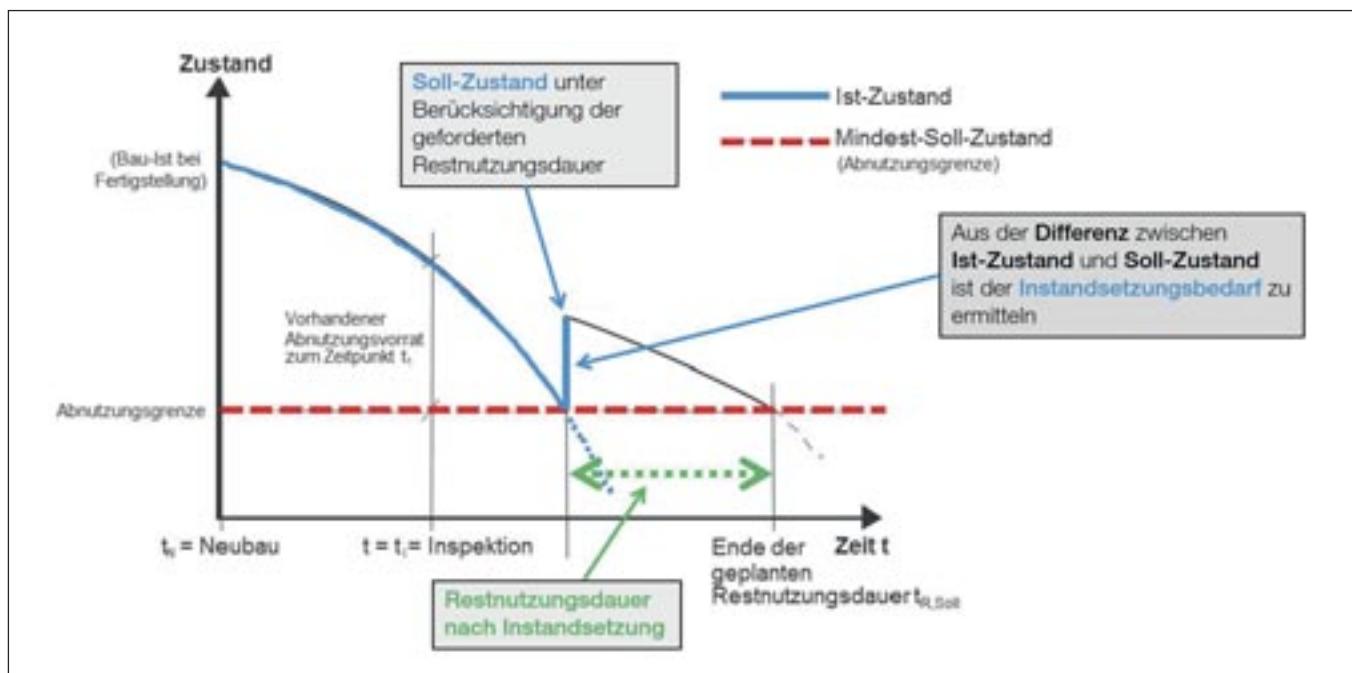


Abb. 5: Zustand-Zeit-Diagramm: Instandsetzungsbedarf / Grundlage: TR IH, T. 1 (Abb. 2)



Abb. 6: Instandsetzungsziele und Instandsetzungsprinzipien

samte Procedere für alle Beteiligten jetzt wesentlich aufwendiger geworden. Nach den bisherigen Erfahrungen der Praxis werden die geforderten Nachweise für die Produkte und Systeme zum Teil nur sehr eingeschränkt zur Verfügung gestellt. DIBt-Gutachten zum Nachweis der geforderten Eigenschaften werden derzeit bis auf wenige Ausnahmen nicht zur Verfügung gestellt.

7 Ausbildung zum Sachkundigen Planer

In der TR Instandhaltung, Teil 1, Abschnitt 3, werden die besonderen Kenntnisse aufgeführt, über die ein Sachkundiger Planer verfügen muss. Es wird darauf verwiesen, dass der Kenntnissnachweis durch verschiedene Organisationen auf Grundlage einheitlicher Regelungen und Inhalte für die Aus- und Weiterbildung von Sachkundigen Planern bescheinigt werden kann, die durch den Ausbildungsbeirat Sachkundiger Planer (ABB-SKP) beim Deutschen Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ) festgelegt werden.

Der Bau-Überwachungsverein (BÜV) bildet seit 2005 Sachkundige Planer aus. Neben weiteren Einrichtungen in Deutschland ist der BÜV vom Ausbildungsbeirat Sachkundiger Planer (ABB-SKP) als Ausbildungsstätte anerkannt. Auf Grundlage des abgestimmten Lehr- und Ausbildungsplanes mit mindestens 57 Lehreinheiten wird das für den Sachkundigen Planer erforderliche Wissen vermittelt. Darüber hinaus führt der Bau-Überwachungsverein entsprechend der Ausbildungs-, Prüfungs- und Weiterbildungsordnung des ABB-SKP jährlich Fortbildungsveranstaltungen zur Instandhaltung von Betonbauwerken durch. Der

Nachweis der erfolgreichen Teilnahme an der Fortbildung ist Voraussetzung für die Verlängerung beziehungsweise die Neuausstellung der SKP-Urkunde, die gemäß den Regelungen des ABB-SKP alle drei Jahre erforderlich ist.

Im Zusammenhang mit der Ausbildung beim BÜV bietet die DPÜ-Zertifizierstelle GmbH die Möglichkeit zur freiwilligen Zertifizierung. Seit Oktober 2015 ist der DPÜ-Zertifizierstelle GmbH für den Personenkreis der Sachkundigen Planer die Akkreditierung als Personenzertifizierungsstelle nach DIN EN ISO IEC 17024 seitens der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) erteilt worden. Die DPÜ-Zertifizierstelle GmbH ist die einzige in Deutschland akkreditierte Zertifizierungsstelle für Personenzertifizierungen im Bereich Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen.

8 Literatur

- [1] DAfStb-RL SIB; DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) inkl. Berichtigungen 1 und 3; Ausgabe 2001-10
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken (TR Instandhaltung); Ausgabe Mai 2020
- [3] DAfStb-Heft 638, Anwendungshilfe zur Technischen Regel Instandhaltung von Betonbauwerken des DIBt (TR IH) in Verbindung mit der DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RL SIB); 1. Auflage 2022

Bei der Sanierung historischer Bauten müssen die Schutzziele des Denkmal- und Brandschutzes ebenbürtig behandelt werden

Denkmalschutz und Sicherheit: Wenn die Durchsetzung verordneten Brandschutzes die Substanz der Denkmale gefährdet, wird das Schutzziel der Denkmalpflege verfehlt

Brandschutz und Denkmalpflege verfolgen dasselbe Ziel: die bauzeitliche Erhaltung oder Ertüchtigung der (Bau)Werke vergangener Kulturepochen für zukünftige Nutzungen. Sie verlangt von den Planern beider Fakultäten, konkurrierende Schutzinteressen gleichwertig zu würdigen und zu akzeptieren. Sie müssen abwägen, welche ihrer Maßnahmen die Schutzziele im Sinne des denkmalpflegerischen Wertes am besten erfüllen werden. Da diese sich im Detail häufig widersprechen, muss das Verständnis für die Position der jeweils anderen Seite die Basis aller Überlegungen und Planungen und damit die Grundlage für die Herausbildung brandschutztechnischer Sicherheit und für ein Ergebnis sein, das dem Denkmal uneingeschränkt zugemutet werden kann. Beide Seiten müssen aber auch wissen: Der richtige Weg dahin kann ein innovatives, ingenieurtechnisches Brandschutzkonzept genauso sein wie das konservative, verordnete.

1 Einführung: Brand- und Denkmalschutz: Konkurrierende Schutzziele?

Die aktuellen Anforderungen des Brandschutzes in Baudenkmalen auf verträgliche Weise durchzusetzen, ist eine Herausforderung, die alle Planenden zwingt, die konkurrierenden Schutzinteressen des Brand- und des Denkmalschutzes gleichermaßen zu würdigen. Demzufolge muss ein Abwägungsprozess vorgenommen werden, der die in der gesellschaftlichen Akzeptanz zunächst gleichwertigen Interessen des Brand- und des Denkmalschutzes anhand der konkreten Schutzziele für ein Gebäude auf Basis der denkmalpflegerischen Axiologie (*Wertlehre*) [1] miteinander vereinbart. Das kann in der Regel nur geschehen, wenn von Standardlösungen abgewichen wird und wenn die Bereitschaft für individuelle, schutzzielorientierte Konzepte vorhanden ist. So kann im Allgemeinen bei Baudenkmalen, die vor 1934, dem Jahr des ersten Inkrafttretens der DIN 4102 [2], errichtet worden sind, nicht davon ausgegangen werden, dass die bestehenden Bauteile normativ klassifiziert werden können oder dass diese den aktuellen, eingeführten Technischen Baubestimmungen entsprechen.

Dennoch sind auch ältere Bestandsbauteile durchaus in brandschutztechnischer Hinsicht leistungsfähig, sie sind deswegen für den Einzelfall sachverständig zu analysieren und im brandschutztechnischen

Sinne zu beurteilen. Bei der Bewertung ist dahingehend auf die jeweiligen zur Errichtungszeit geltenden Vorschriften zurückzugreifen, um – trotz des regelmäßig gegebenen Abweichungspotenzials – zumindest eine ungefähre brandschutztechnische Leistungsfähigkeit bestimmen zu können.

Heute gültige Verordnungen für den Brandschutz sind sinnvoll, weil sie – auf der Grundlage der gesellschaftlichen Akzeptanz von Schäden – einen hohen Sicherheitsstandard festlegen. Wenn ihre konsequente Durchsetzung jedoch zu erheblichen Beeinträchtigungen der schützenswerten Bausubstanz oder gar zur völligen Zerstörung von Kulturdenkmalen führt, wird das Schutzziel der Denkmalpflege verfehlt. Diese Erkenntnis sollte die Basis aller Bestrebungen einer Brandschutzplanung für ein Baudenkmal sein, wobei es das grundlegende Ziel ist, nur möglichst wenige, aber unausweichliche Eingriffe konsequent zu verwirklichen und die überlieferte, historisch wertvolle Substanz weitgehend unverändert zu belassen (**Abb. 1** und **Abb. 2**).

Somit ist es möglich, den Spagat zwischen den beiden sich im Detail häufig widersprechenden Schutzinteressen zu erreichen. Die Voraussetzung dafür ist das gegenseitige Verständnis für die jeweiligen Schutzinteressen und die Erkenntnis, dass diese gleichberechtigt sind.

Innovative Brandschutzkonzepte können dabei für das konkrete Gebäude genauso der richtige Weg sein, wie konservative Brandschutzkonzepte: an einer Stelle ist eine bauliche Gliederung unumgänglich – und vielleicht sogar der Historie entlehnt –, an einer anderen Stelle kann dafür auf eine Brandschutzmaßnahme deshalb verzichtet werden, weil es jahrhundertlang organisatorisch nachweisbar funktioniert hat. Der gegenseitige Respekt der Handelnden auf beiden Seiten ist dann die Grundlage für die einerseits notwendige Sicherheit und für ein andererseits dem Denkmal zuzumutenden Ergebnis.

Notwendigkeit und Grenzen des Substanzschutzes

Welche Sicherheitsansprüche sind bei einem in Funktion und Gefüge weitgehend unveränderten denkmalgeschützten Gebäude als planerische Grundlage zunächst anzusetzen? Bei jedem Brandfall kann eine Brand- oder Rauchausbreitung sowohl zur Gefährdung von Personen als auch zu erheblichen Schäden an der geschützten Bausubstanz führen. Daher verfolgt ein angemessener Brandschutz auch das grundlegende Ziel der Denkmalpflege, denn unter diesem Begriff kann man



Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Geburtig

studierte Architektur an der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar und gründete 1993 seine Planungsgruppe Geburtig, Architekten & Ingenieure (Wei-mar/Ribnitz-Damgarten); 2008 ist er zum Dr.-Ing. promoviert sowie als Prüferingenieur für

Brandschutz anerkannt und 2020 als außerplanmäßiger Professor für Brandschutz der Bauhaus Universität Weimar bestellt worden; Gerd Geburtig ist Mitglied im VDI-Richtlinienausschuss „Baudenkmale und denkmalwerte Gebäude“, im CEN-TC-Spiegelausschuss „Bewahrung des Kulturellen Erbes“ und in den DIN-NABau-Ausschüssen „Brandschutzingenieurverfahren“, „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ und „GruSiBau“.



Abb. 1: Erhaltenswertes Detail im Goethehaus in Weimar: die überlieferte, historisch wertvolle Substanz bleibt weitgehend unverändert.



Abb. 2: Die historische Treppe im Goethehaus in Weimar verbleibt ohne Ausbildung eines notwendigen Treppenraumes im Bestand.

sämtliche Bestrebungen verstehen, die auf die Erhaltung von Erzeugnissen vergangener Kulturepochen der Gegenwart und Zukunft gerichtet sind, das heißt: *Kulturdenkmale als Quellen und Zeugnisse menschlicher Geschichte und erdgeschichtlicher Entwicklung zu schützen und zu erhalten* [3].

Um bei historischen Bauwerken sowohl den Denkmal- als auch den Brandschutz sinnvoll miteinander vereinbaren zu können, sind beide gleichrangig zu behandeln. Häufig treten dabei in der Praxis für den konkreten Einzelfall die folgenden prinzipiellen Fragen auf:

- Welche Änderungen gefährden den Denkmalschutz grundlegend?
- Inwieweit sind denkmalpflegerische Beeinträchtigungen zulässig?
- Welche vorhandenen Mängel sind als wesentlich einzuschätzen?
- Wie löst man knifflige Details einer Nachrüstung oder Ertüchtigung?
- Wie geht man mit abweichenden Rahmenbedingungen gegenüber Normen, An- oder Verwendbarkeitsnachweisen oder Herstellerrichtlinien um?

Beim Baudenkmal ist zwischen Schutzmaßnahmen zu unterscheiden, die das Brandereignis an sich verhindern, und solchen, die das Ausmaß der Schädigung behindern. Diese Unterscheidung ist geeignet, den Maßstab zwischen einer alltäglichen Sanierung und einer denkmalpflegerischen Behandlung zu differenzieren (Abb. 3). Während bei einer Sanierung die Belange des Brandschutzes und das Beseitigen konkreter Gefahrenquellen durchaus im Vordergrund zu stehen haben, gesellt sich, damit dessen Identität gewahrt bleibt, beim Baudenkmal immer die weitgehende Begrenzung baulicher – und damit ausmaßbegrenzender – Maßnahmen im Umgang mit dem Brandschutz dazu. Zudem ist eine absolute Sicherheit vor Bränden ohnehin undenkbar; sie würde die Freiheit des Menschen einengen und wäre wirtschaftlich untragbar [4]. Diese Erkenntnis sollte die Basis aller Bestrebungen einer Brandschutzplanung beim Baudenkmal sein.

Baudenkmale genießen zunächst immer Bestandsschutz. Dennoch haben sie – insbesondere bei einer geplanten Umnutzung – einer aus brandschutztechnischer Sicht vorzunehmenden Analyse realer Gefahren standzuhalten (Abb. 4).

Zwischen einer Bausanierung und einer denkmalpflegerischen Behandlung gibt es entscheidende Unterschiede, die im Grundlagenband *Brandschutz im Baudenkmal* ausführlicher diskutiert werden [5]. Fest steht jedoch, dass auch bei Baudenkmalen hinsichtlich konkreter Ge-

fahren für Menschen zu handeln ist. Somit gilt trotz des Bestandsschutzes für Baudenkmale stets auch aus denkmalpflegerischer Sicht: *Bestandsschutz hört spätestens dort auf, wo Gefahren für Leben und Gesundheit bestehen* [6].



Abb. 3: Ein mangelhafter Feuerwiderstand der denkmalgeschützten Konstruktion zieht keine konkrete Gefahr nach sich.



Abb. 4: Diese Bestandstür wurde mit einem Notausgangverschluss versehen, damit der Rettungsweg ausreichend sicher ist.

2 Beurteilung des Bestandes und Nutzungsänderungen

2.1 Notwendige Untersuchungen

Bei der brandschutztechnischen Beurteilung von Baudenkmälern ist im Vorfeld einer denkmalpflegerischen Behandlung die denkmalpflegerische Analyse (historische, axiologische, Schadens- und Mangelanalyse) unerlässlich. Die vorhandene bauliche Situation entspricht nur selten den abstrakten Forderungen des Brandschutzes. Häufig kann zudem die bauliche Bestandssituation den zunächst erforderlichen Brandschutzmaßnahmen nicht angepasst werden, vielmehr ist zu fordern, dass die Brandschutzmaßnahmen Rücksicht auf den Bestand nehmen müssen. Aus Angst vor Fehleinschätzungen wegen fehlender (nicht finanzierter) Analyseschritte oder aus Unkenntnis werden historische Konstruktionen unzutreffend eingeschätzt, was entweder zu unnötigen, unwirtschaftlichen und sogar komplizierten Maßnahmen oder zu einer mangelhaften Risikobeurteilung führt. Die Konsequenzen sind erschwerte Verwirklichungen und Qualitätsprobleme. Es entstehen Vorschläge, die bei denkmalgeschützten Konstruktionen im Widerspruch zur denkmalpflegerischen Zielstellung stehen und sich als nicht durchführbar erweisen.

Um den notwendigen Handlungsbedarf in brandschutztechnischer Hinsicht konkret feststellen zu können, ist eine detaillierte Analyse der tatsächlich vorhandenen Brandsicherheit erforderlich. Als wichtige zu beurteilende Komponenten der Brandsicherheit bei denkmalgeschützten Gebäuden sind unter anderem die folgenden zu benennen:

- Lage und Umfeld der baulichen Anlagen,
- Gliederung der Gebäude,
- Rettungswegesituation (Abb. 4),
- Branderkennung und Alarmierung,
- vorhandene besondere Brandlasten oder Brandgefahren,
- Brandentstehungsrisiko, zum Beispiel aufgrund nachträglicher Installationen,
- organisatorische Voraussetzungen,
- Wirksamkeit der jeweiligen Feuerwehr, zum Beispiel Möglichkeit der Zufahrt beziehungsweise Anleiterung (Abb. 5).



Abb. 5: Die Anletermöglichkeit war wegen der abweichenden Situation in der Örtlichkeit zu überprüfen. Diese Wand war ein besonders kniffliger Einzelfall: Hier wurde mit der Brandschutzdienststelle abgestimmt, dass man bei entsprechender Gefahrsituation die wertvollen steinernen Gewände notfalls zerstören darf, um gegebenenfalls anleiten zu können.

Nach dem Feststellen der jeweiligen im Einzelfall angetroffenen Mängel an einem historischen Gebäude ist die konkrete Risikoanalyse vorzunehmen. Die Mängel haben im Detail oft eine sehr unterschiedliche Wirkung, wobei häufig zu attestieren ist, dass ein scheinbar bedeutender Mangel, wie ein von der heutigen Vorschrift abweichender Feuerwiderstand, gar nicht derartig ins Gewicht fällt, während beinahe vergessene, unsachgemäß nachträglich verlegte Leitungsanlagen mit ihren Brandlasten wegen der Gefahr einer möglichen Brandweiterleitung die Rettungswege erheblich mehr beeinträchtigen.

Für eine angemessene Risikobeurteilung ist es zunächst wichtig zu überprüfen, welche sicherheitstechnischen Anforderungen zur Errichtungszeit des Gebäudes galten, denn einen Bestandsschutz kann ein Gebäude natürlich nur haben, wenn das zur Bauzeit geforderte Sicherheitsniveau auch erreicht wurde. Ein bauzeitlicher Pfusch ist im Nachhinein nicht zu legitimieren. Das gilt bei Baudenkmälern insbesondere für später vorgenommene technische Nachrüstungen oder bauliche Ausbesserungen. Parallel dazu gilt es zu ergründen, welchen Sinn die heutige Neubauvorschrift hat. So ist es möglich, das Abweichungspotenzial zu bestimmen und festzustellen, welche Gefährdungslage überhaupt konkret vorliegt. Erfahrungsgemäß bestimmen drei wesentliche Themen jede Risikobeurteilung:

- Situation und Sicherheit der Rettungswege,
- mögliche Rauchableitung aus Treppenträumen,
- nachträglich vorgenommene Installationen.

Bei der Einschätzung des Feuerwiderstandes von bestehenden Bauteilen sind, unabhängig von der materialtechnischen Beschaffenheit, folgende Kriterien von grundlegender Bedeutung:

- Materialbestandteile und -qualitäten,
- Einbausituationen (freiliegend, vollständig oder teilweise bekleidet),
- tatsächliche statische Auslastung der Tragkonstruktion,
- vorhandene Auflagerungen und Einspannungen,
- Verbindungsmittel,
- Überdeckungen und Beschichtungen, zum Beispiel von Beton- oder Stahlkonstruktionen.

Für die genaue Diskussion des festgestellten Abweichungspotenzials ist es erforderlich, die konkrete Leistungsfähigkeit der vorhandenen Bauteile zu beurteilen. Dies kann

- anhand der zur Errichtungszeit gültigen Vorschriften, Zulassungen oder Prüfzeugnisse,
- mittels vergleichender Untersuchungen,
- durch die Auswertung von Brandereignissen, bei denen ähnliche Konstruktionen belastet worden sind,
- aber auch mit konkreten Materialuntersuchungen und nachträglichen ingenieurmäßigen Berechnungsmethoden

erfolgen. Auf jeden Fall müssen brandschutztechnische Eigenschaften wie die Feuerwiderstandsdauer stets im Zusammenhang mit der Tragwerksplanung betrachtet werden. Leider ist die fehlende Korrespondenz der jeweiligen Fachplanungen untereinander immer wieder eine Quelle mangelhafter Planungen.

Die Voraussetzung für vernünftige Abläufe ist das konkrete Hineindenken in die Erfordernisse der jeweils scheinbar einander gegenüberstehenden, handelnden Seite. Wenn gegenseitiges Verständnis vorhanden ist, wird die Suche nach einem einvernehmlichen Brandschutzkonzept, das sich nicht an starren Standardregelungen orientiert, erfolgreich sein.

2.2 Probleme durch Nutzungsänderungen

Wenn sich die Nutzung eines Baudenkmals ändert, ist grundsätzlich damit zu rechnen, dass dadurch nunmehr einem höheren brandschutztechnischen Standard entsprochen werden muss, da prinzipiell eine Anpassung an die neue Nutzung geboten ist. Weil die bauordnungsrechtlichen Vorschriften für die neue Nutzung häufig restriktivere Vorgaben als zur Errichtungszeit des denkmalgeschützten Gebäudes enthalten, ist der Umfang der gewollten Änderung und die Widerspruchlichkeit gegenüber den neuen Anforderungen genau zu analysieren (Abb. 6 und Abb. 7).

Zu einem eventuellen behördlichen Anpassungsverlangen wurde bereits im Jahre 1919 in dem vom preußischen Staatskommissar für das Wohnungswesen erlassenen Entwurf einer Bauordnung in Paragraf 35 zu vorhandenen baulichen Anlagen wie folgt ausgeführt [7]:

(1) Auf bauliche Anlagen, die zur Zeit ihrer Errichtung den damals gültigen baupolizeilichen Bestimmungen entsprachen, und auf Bauten, die auf Grund genehmigter Bauentwürfe bereits begonnen sind, findet die nachträgliche Durchführung nicht etwa beobachteter Bestimmungen dieser Bauordnung nur dann statt, wenn polizeiliche Gründe, insbesondere solche der öffentlichen Sicherheit, es notwendig machen.

(2) Für bauliche Arbeiten, welche einzeln oder zusammengekommen eine erhebliche Veränderung eines Gebäudes oder Gebäudeteils darstellen, kann die Baugenehmigung auch davon abhängig gemacht werden, daß gleichzeitig die durch den Entwurf an sich nicht berührten Gebäude und Gebäudeteile, soweit sie den Vorschriften dieser Bauordnung widersprechen, mit dieser in Übereinstimmung gebracht werden.

(Weiterführende Anmerkungen von F. W. Fischer zur detaillierten Auslegung dieses historischen Textes können dem Band *Brandschutz im Baudenkmal – Wohn- und Bürobauten* entnommen werden [8].)

Hinsichtlich der Rechtmäßigkeit eines bauordnungsrechtlichen Anpassungsverlangens ist vor allem die heutige Formulierung des Paragraphen 81 (1) der Bauordnung für Berlin von Bedeutung, sie lautet [9]:

Rechtmäßig bestehende bauliche Anlagen sind, soweit sie nicht den Vorschriften dieses Gesetzes oder den auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Vorschriften genügen, mindestens in dem Zustand zu erhalten, der den bei ihrer Errichtung geltenden Vorschriften entspricht.

Damit wurde – ganz im Sinn des historischen Vorbilds – prinzipiell klar gestellt, dass zunächst für alle rechtmäßig bestehenden baulichen Anlagen – und davon ist bei einem Baudenkmal regelmäßig auszugehen – der Bestandsschutz gilt und dass es auf die bauzeitlichen Vorschriften ankommt. Daher ist es auch generell sinnvoll, sich mit den zur Errichtungszeit geltenden Regelungen zu beschäftigen und die brandschutztechnische Beurteilung auf diese zurückzuführen.

3 Geeignete Brandschutznachweise für Baudenkmale

3.1 Grundlagen

Für Baudenkmale ist es selten möglich, im Abgleich zwischen den konkret formulierten Bauteilanforderungen in der jeweiligen Landesbauordnung beziehungsweise in den geltenden Sonderbauvorschriften eine erfolgreiche Brandschutzplanung zu betreiben. Es werden stattdessen Sicherheitsnachweise benötigt, die auf der Grundlage von schutzzielorientierten Brandschutzkonzepten aufgestellt worden sind, die auf das betreffende Baudenkmal zugeschnitten wurden, und die

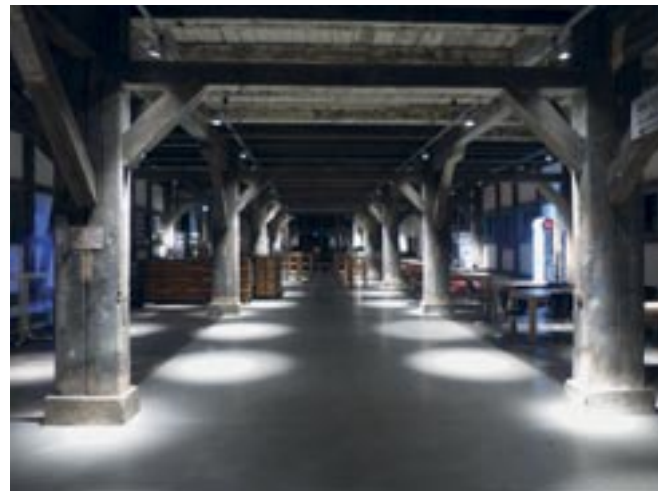


Abb. 6: Zu einer Versammlungsstätte umgenutztes Speichergebäude



Abb. 7: Notwendige Brandschutzmaßnahmen wegen einer Nutzungsänderung: Löschanlage, Brandmelde- und Alarmanlage, Rettungswegkennzeichnung

auch mit abweichenden Inhalten ein Sicherheitsniveau bieten, das mit den konkreten Bauteilanforderungen vergleichbar ist. Es handelt sich dabei um Nachweise, die, auf den individuellen Einzelfall eines Bauwerkes bezogen, verschiedene Szenarien simulieren. Dabei können ingenieurmäßig gearbeitete Nachweise unterstützend wirken. So kann, anstelle vernichtet und unsinnigerweise durch neue ersetzt zu werden, eine Vielzahl denkmalgeschützter Bauteile erhalten bleiben und die denkmalpflegerische Anforderung nach der weitgehenden Nichtbeeinträchtigung wertvoller Substanz erfüllt werden.

Die konkreten brandschutztechnischen Schutzziele basieren auf den Eigenschaften der vorhandenen Bausubstanz und auf den geplanten Nutzungen. In dem darauf abgestimmten Brandschutzkonzept werden ohne Standardvorgaben die für den Einzelfall erforderlichen Brandschutzmaßnahmen festgelegt. Außerdem sind die Maßnahmen des vorbeugenden, abwehrenden und organisatorischen Brandschutzes im direkten Zusammenhang miteinander festzulegen – ein besonders wichtiger Aspekt bei der Einschätzung des wirklichen Gefahrenpotenzials.

3.2 Angemessene Brandschutzplanung für ein Baudenkmal

Stets ist im Vorfeld der Festlegung brandschutztechnischer Maßnahmen nach den tatsächlichen, angeblich nicht zu gewährleistenden Eigenschaften eines Bauwerkes zu fragen. Ein Vergleich mit denjenigen, die für Neubauten gefordert werden, ermöglicht Aussagen über die tat-

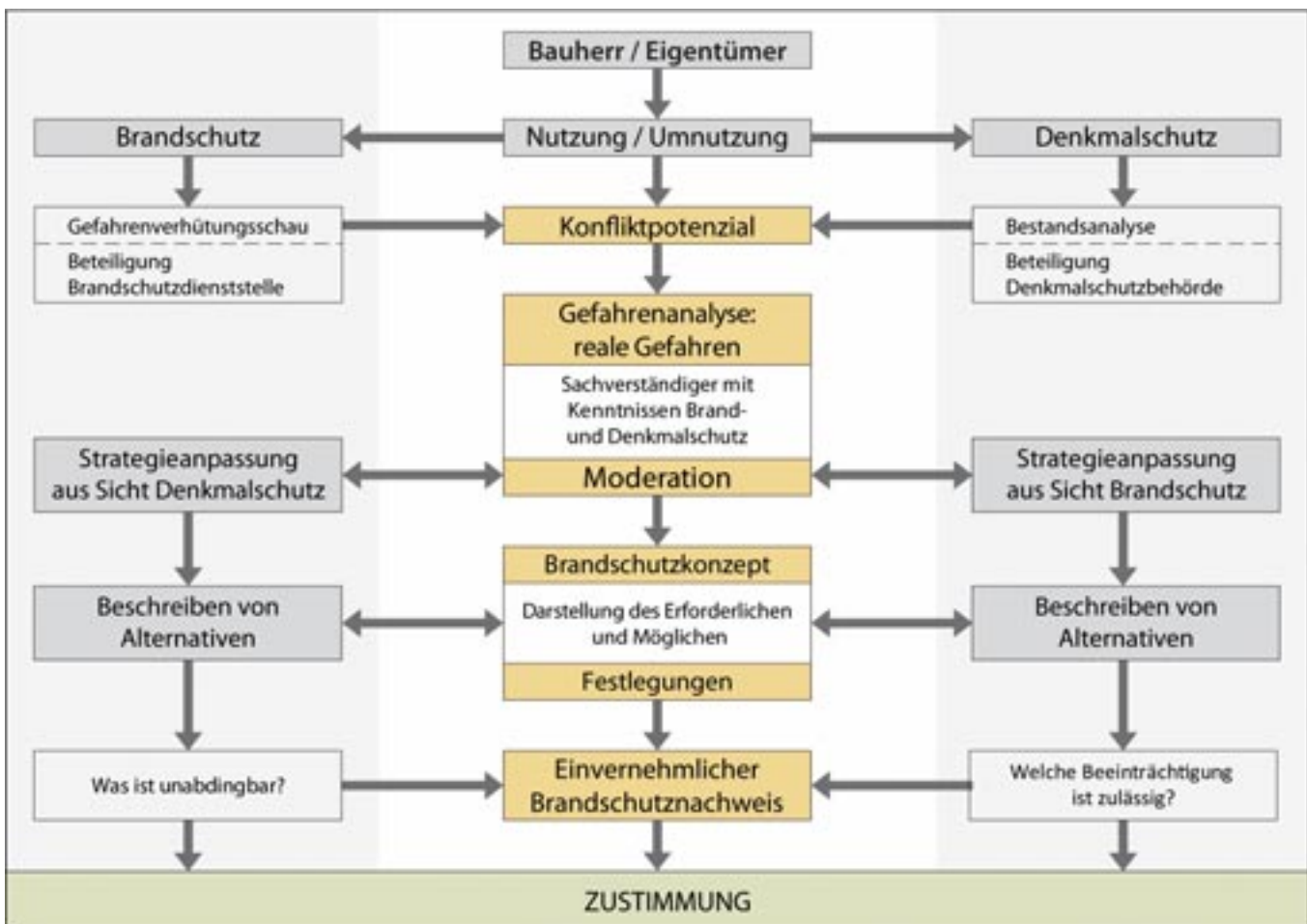


Abb. 8: Korrekter Ablauf der Brandschutzplanung beim Baudenkmal [11]

sächlich erforderliche Brandsicherheit. Geschieht das, dann kann analysiert werden, ob und warum Defizite des Brandschutzes ohne Ausgleich zu tolerieren sind, das heißt, auf dem Wege der Abweichung und ohne weitere oder durch den Einsatz zusätzlicher Maßnahmen.

In den Fällen, in denen die tatsächlich notwendigen Anforderungen an Baudenkmale nicht befolgt werden können, sind zur gleichrangigen Erfüllung der betreffenden Forderungen Ersatzmaßnahmen zu konzipieren. Bei der Baudenkmalpflege ist bei dieser Tätigkeit der sensible Umgang mit brandschutztechnischen Maßnahmen von entscheidender Bedeutung. Die auszuwählenden Maßnahmen sollen die Authentizität der Überlieferung eines Baudenkmal nicht stören und die schützenswerte Substanz so wenig wie möglich beeinträchtigen.

Die Basis der Anwendung geeigneter Brandschutzmaßnahmen bei einer denkmalpflegerischen Behandlung von Bauwerken ist das gebäudeorientierte Brandschutzkonzept, das in den architektonischen Planungsphasen weiter fortzuschreiben ist und letztendlich in einem für die genehmigende Behörde vollständig nachvollziehbaren Brandschutznachweis mündet, der in einigen Landesbauordnungen auch als *Brandschutzkonzept* tituiert wird. Es muss eine kritische Überprüfung von Annahmen durch eine systematische Untersuchung mit dem Ziel der Erarbeitung einer Brandgefährdungsanalyse erfolgen, da mit dem Brandschutznachweis die behördliche Zustimmung erlangt werden soll.

Die Voraussetzung für die Abläufe der geeigneten Brandschutzplanung ist, wie gesagt, das jeweilige erforderliche Hineinversetzen in die Denkweise der scheinbar einander gegenüberstehenden, handelnden Seite

(Abb. 8). Erst wenn ein vollständiges gegenseitiges Verständnis vorhanden ist, wird die Suche nach einem einvernehmlichen Brandschutzkonzept auch ohne Vertrauen auf zweifelsohne für Standardbauten bewährte Regeln erfolgreich sein. *Der Brandschutz bestimmt somit, was geschehen muss, und der Denkmalschutz, wie das geschehen darf.* [10]

3.3 Anwendung von Brandschutzingenieurmethoden

Alternativ besteht die Möglichkeit, ausgleichende Brandschutzmaßnahmen durch die Nutzung der Methoden des Brandschutzingenieurwesens zu planen. Mittels mittlerweile anerkannter Verfahren sind so Nachweise darüber möglich, dass



Abb. 9: Rauchversuch in einem historischen Kellergewölbe

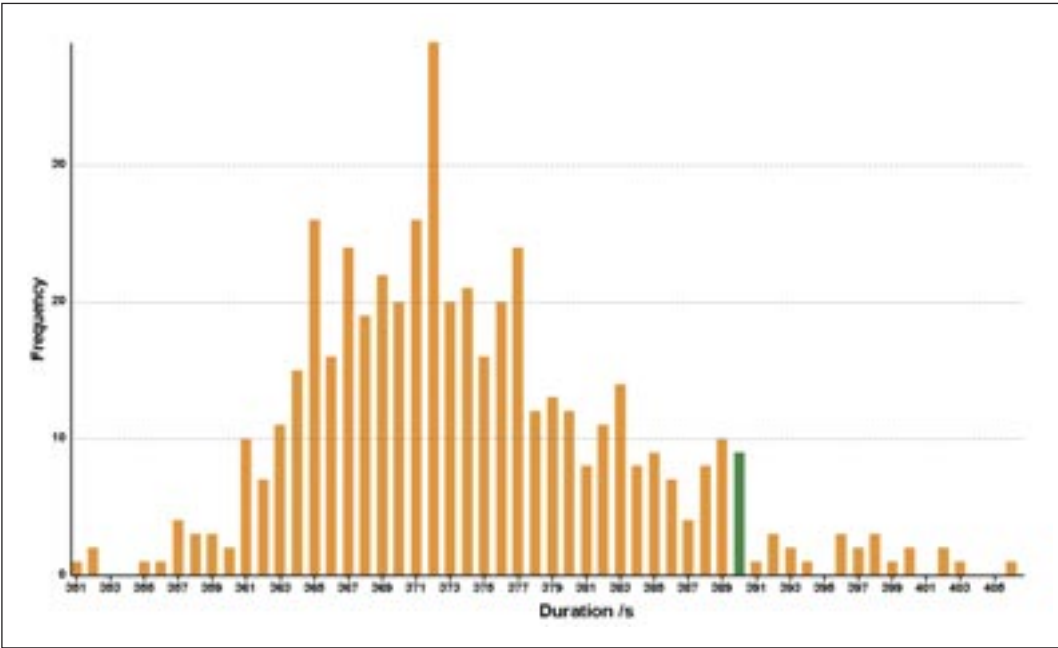


Abb. 10: Ergebnis einer Personenstromanalyse

- für vorgegebene oder erforderliche Zeiträume die im Bestand vorhandenen Rettungswege ausreichend zu benutzen sind, obwohl sie von den aktuellen Forderungen des Brandschutzes abweichen,
- wirksame Löscharbeiten auch ohne Brandabschnittsbildung im Einzelfall vorgetragen werden können oder
- die Standsicherheit bestehender Bauteile ohne nicht gegebene normative Klassifikation gebäudekonkret ausreichend gewährleistet ist.

Die in den sicherheitstechnisch erforderlichen Zeiträumen einzuhaltenden Sicherheitskriterien, die entweder der Begründung einer Abweichung oder dem Nachweis der geeigneten Maßnahme dienen können, sind aufgrund anerkannter Kriterien des Brandschutzes objekt- und schutzzielbezogen festzulegen. Sie können insbesondere bei Baudenkmalen die folgenden Kriterien betreffen:

- Einhaltung einer im Brandschutzkonzept vorgegebenen raucharmen Schicht, zum Beispiel für Bestandteile von Rettungswegen,
- Einhaltung der Tragfähigkeit unter den ermittelten Temperaturbelastungen für einzelne Bauteile und die gesamte Tragkonstruktion,
- Einhaltung erforderlicher Räumungszeiten.

Dazu kommen – als Methoden des Brandschutzingenieurwesens – Brandsimulationen als allgemeine Bemessungsbrände anstelle von normgerechten Prüfungen, Rauchversuche und Personenstromanalysen in Betracht, die jeweils zum Nachweis der ausreichenden Brandsi-

cherheit des aufgestellten Brandschutzkonzeptes genutzt werden (Abb. 9 und Abb. 10).

Um die bauaufsichtliche Akzeptanz der Anwendung von Ingenieurmethoden für den Nachweis der Brandsicherheit verbessern zu können, hat das Deutsche Institut für Normung (DIN) die DIN 18009-1 [12] verabschiedet, in der die Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens definiert werden. Explizit gelten diese Regelungen auch für bestehende Gebäude und Baudenkmale. Das Ziel ist es dabei, sich von der Erfüllung fest vorgegebener Bauteilanforderungen zu lösen und an ihre Stelle ingenieurgemäße Nachweise treten zu lassen. Es soll dabei weniger darum gehen, wiederum starre Anforderungen zu definieren, sondern stattdessen die richtige und angemessene Vorgehensweise zu beschreiben und zu regeln, mit der folgerichtig eine vertretbare Brandsicherheit ermittelt und nachgewiesen werden kann. Der erste Teil der Norm versteht sich zunächst als Basisnorm, mit der die Grundsätze und Regeln für die Anwendung des Brandschutzingenieurwesens aufgestellt werden sollen.

Daran anschließend ist die Herausgabe einzelner spezieller Teile für die jeweiligen Bereiche der Brandschutz-Ingenieurmethoden geplant.

Für den Bereich der Räumung von Gebäuden wurde im August 2022 die DIN 18009-2 mit dem Titel *Brandschutzingenieurwesen – Teil 2:*

Stufe	Konzept	Arbeitsweise	Eignung Denkmalschutz
A	Standard-Konzept	Erreichen der Brandsicherheit durch Erfüllen der Bauteilanforderungen gemäß Landesbauordnung bzw. Sonderbauvorschriften	nicht geeignet
B	Erweitertes Standard-Konzept	Erreichen der Brandsicherheit durch Erfüllen der Bauteilanforderungen gemäß Landesbauordnung bzw. Sonderbauvorschriften mit Abweichungen und Erleichterungen, die mittels Brandschutzmaßnahmen ausgeglichen werden	im Einzelfall möglich
C	Individual-Konzept	Erreichen der genügenden Brandsicherheit durch ein schutzzielorientiertes Konzept ohne zwangsläufiges Einhalten von standardisierten Bauteilvorgaben, unter Anwendung ingenieurtechnischer Verfahren	besonders geeignet

Tabelle 1: Mögliche Stufen von Brandschutzkonzepten für Baudenkmale

Räumungssimulation und Personensicherheit [13] veröffentlicht, die

- Grundzüge der Nachweisführung,
- Szenarien für den Nachweis der Personensicherheit,
- Anforderungen und Leistungskriterien,
- mögliche Berechnungsverfahren (Rechenmodelle) und
- die Art der notwendigen Dokumentation und der Darstellung der Ergebnisse

beinhalten. Zudem sind Anhänge in der Norm enthalten (normativ oder informativ), mit denen unter anderem wertvolle praktische Hinweise zur Detektions- und Alarmierungsdauern, zur Ermittlung der Reaktionsdauer, zur Auswahl der maßgebenden Szenarien, zu den Grunddaten der Personendynamik und zu den jeweiligen Berechnungsmodellen gegeben werden.

Wie in **Tabelle 1** ersichtlich, sind insbesondere individuelle Brandschutzkonzepte für Baudenkmale sinnvoll, innerhalb derer das Einbinden ingenieurtechnischer Verfahren erfolgt.

4 Geeignete Regelwerke für die Brandschutzplanung

4.1 Vorbemerkungen

Heutige Regelwerke des Brandschutzes wie beispielsweise ISO-, CEN- oder DIN-Normen sind im Allgemeinen für die Errichtung von Neubauten konzipiert und daher oftmals nicht für die Anwendung bei der Brandschutzplanung für Baudenkmale geeignet. Deswegen haben sich die Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik

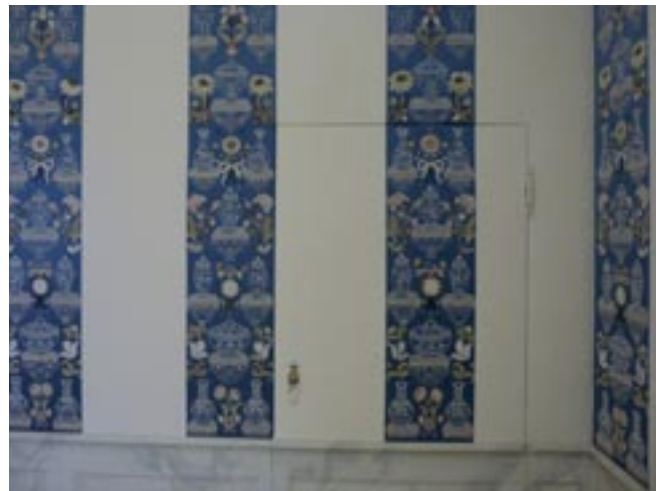


Abb. 12: Tapetentür in einem Schloss mit nicht gekennzeichnetem Rettungsweg

Deutschland (VDL, seit 2022 Vereinigung der Denkmalfachämter in den Ländern) und die Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA international) diesem speziellen Fachgebiet des Brandschutzes gewidmet und Arbeitshilfen dafür aufgestellt. Als ein Novum kann allerdings die Normenreihe der DIN 18009 gelten, die – wie bereits dargestellt – auch zur Bewertung von Baudenkmalen hinsichtlich des Brandschutzes herangezogen werden kann beziehungsweise herangezogen werden sollte.

4.2 Das Arbeitsheft 13 Brandschutz im Baudenkmal

Die damalige VDL hat sich der Herausforderung der Schutzzielabwägung zwischen denen des Denkmal- und denen des Brandschutzes gestellt und im Jahr 2014 das Arbeitsheft 13 *Brandschutz im Baudenkmal* [14] herausgegeben, das in Zusammenarbeit mit der WTA international unter Mitwirkung des Autors erarbeitet worden ist (**Abb. 11**).

Dieses Arbeitsheft erläutert grundsätzlich das Zusammenwirken von Denkmal- und Brandschutz und bildet mittlerweile eine maßgebliche Grundlage für den richtigen Umgang mit dem Brandschutz bei Baudenkmalen. Das Arbeitsheft beinhaltet – neben den Erläuterungen der Zusammenhänge zwischen Baurecht und Denkmalrecht – die grundsätzlichen Anforderungen an ein Brandschutzkonzept und den dafür notwendigen Planungsablauf – auch die Herangehensweise an Sicherheitskonzepte für besondere und gegebenenfalls temporäre Veranstaltungen. Zudem werden Praxisbeispiele für Brandschutzmaßnahmen gegeben, die aus denkmalpflegerischer Sicht besonders geeignet sind. Das betrifft in besonderem Maße allfällige Kontroversen um eine denkmalgerechte Ausweisung von Rettungswegen, die hohen ästhetischen Anforderungen zu genügen hat. In **Abb. 12** ist beispielsweise eine restaurierte, in einem Schlossgebäude zu einem Rettungsweg führende Tapetentür zu sehen, bei der auf die übliche denkmalpflegerisch hier aber nicht zu vertretende Rettungswegkennzeichnung verzichtet werden konnte. Es wurde stattdessen auf die organisatorische Brandschutzmaßnahme einer entsprechenden Personaleinweisung zurückgegriffen.

4.3 WTA-Merkblätter zum Brandschutz

4.3.1 Referat 11 Brandschutz

Um die mitunter unlösbar erscheinenden Konflikte zwischen dem Brand- und dem Denkmalschutz bewältigen zu können, stellt sich die WTA international seit 2019 mit der Einrichtung eines eigenen Referates für den Brandschutz der Aufgabe, ein Regelwerk für den angemessenen Umgang mit den Notwendigkeiten des Brandschutzes beim Gebäude-



Abb. 11: Titelseite des Arbeitsheftes 13 Brandschutz im Baudenkmal der Vereinigung der Denkmalfachämter in den Ländern

WTA

Brandschutz im Bestand und bei
Baudenkmalen nach WTA I:

Grundlagen

Merkblatt

11-1

Ausgabe: 11.2020/D

Fire protection in existing buildings and for architectural monuments according to WTA I:

Basics

Protection contre l'incendie s'appliquant à l'existant et aux monuments d'après WTA I :

Principes

Deskriptoren

Abweichung, Bestandsanalyse, Bestandsschutz, Brandschutz-Ingenieurverfahren, Brandschutzkonzept, Brandschutzmanagement, Brandschutznachweis, Barrierefreiheit, Erleichterung, Feuerwiderstand, Kulturgutschutz, Schutzziel

Key Words

Deviation, existence analysis, inventory protection, fire safety engineering, fire protection concept, fire protection management, fire protection evidence, accessibility, fire resistance, cultural property protection, protection objective

Mots-Clés

Divergences, analyse de l'existant, protection de l'existant, méthode de l'ingénieur pour la protection contre l'incendie, concept de la protection incendie, gestion de la protection incendie, certificat de sécurité incendie, accessibilité, amélioration, résistance au feu, sauvegarde des biens culturels, objectifs de la protection

Erläuterungen zum Merkblatt

Dieses Merkblatt gibt Vorgaben zur Brandschutzplanung im Bestand.

Ergänzend sind folgende WTA-Merkblätter in der jeweils aktuellen deutschen Fassung zu beachten:

8-12 „Brandschutz von Fachwerkgebäuden und Holzbauteilen“

Inhalt

Seite

1	Einleitung	5
2	Brandschutz im Bestand	6
2.1	Allgemeines	6
2.2	Bestandsschutz	6
2.3	Modernisierung / Umbau / Nutzungsänderung	6
3	Brandschutzplanung	7
3.1	Anlass	7
3.2	Archivalische Bestandsanalyse	7
3.3	Bestandserfassung und -beurteilung (Brandschutztechnische Bestandsanalyse)	8
3.4	Planungsstufen	8
3.5	Barrierefreiheit	9
3.6	Kulturgutschutz	9
3.7	Anwendung von Brandschutz-Ingenieurverfahren	10
4	Genehmigungsphase	10
4.1	Prüfung des Brandschutznachweises	10
4.2	Abweichungen und Erleichterungen	11
5	Bauphase	11
5.1	Umsetzung des Brandschutznachweises	11
5.2	Überwachung der Bauausführung der Brandschutzmaßnahmen	12
5.3	Brandschutznachweis für Baustellen / Interimsnachweis	12
5.4	Erforderliche technische Prüfungen	12
6	Dokumentation	13
6.1	Grundsätze	13
6.2	Erforderliche Dokumentationsunterlagen und Zusammenstellen der Nachweise	13
7	Brandschutz-Management	13
7.1	Einweisung und Gebäudebetrieb	13
7.2	Instandhaltung	14
7.3	Wiederkehrende Prüfungen	14
7.4	Nutzungen	14
8	Mögliche Klassifikation von Bestandsbauteilen	14
8.1	Grundlagen	14
8.2	Verwendung bauzeitlicher Klassifikationen	15
9	Literatur	17

© Copyright by Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.
Vertrieb: WTA Publications, Tel. +49-89-57 86 97 27, Fax +49-89-57 86 97 29, email: wta@wta.de

Fraunhofer IRB Verlag

Abb. 13: Das WTA-Merkblatt 11-1

bestand zusammenzustellen. Auf der Grundlage des jahrhundertelangen Erfahrungsschatzes des Handwerks, verbunden mit dem heutigen Wissensstand bis hin zu den Ingenieurmethoden des Brandschutzes, sollen praxisorientierte Merkblätter geeignete Arbeitshilfen und damit anerkannte Regeln der Technik für den adäquaten Brandschutz bei bestehenden Gebäuden begründen. Das Ziel des WTA-Referates Brandschutz ist es, auf ein Grundlagenmerkblatt aufbauend, in nächster Zeit eine ganzheitliche Strategie sowohl für die Brandschutzplanung im Bestand als auch für die geeignete Umsetzung der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen bis hin zum Brandschutzmanagement zu entwickeln.

4.3.2 WTA-Merkblätter

Das Fundament der WTA-Regelgebung für den Brandschutz für Bestandsgebäude und Baudenkmale wurde mit dem ersten Merkblatt *Brandschutz im Bestand und bei Baudenkmalen nach WTA I: Grundlagen* [15] gelegt, welches im November 2020 erschien (**Abb. 13**).

Dem werden weitere Merkblätter folgen, die sich mit den jeweiligen Detailfragen des Brandschutzes im Bestand auseinandersetzen. Das betrifft zunächst

- die Grundlagenermittlung und die Analyse bestehender Bauwerke hinsichtlich des Brandschutzes,

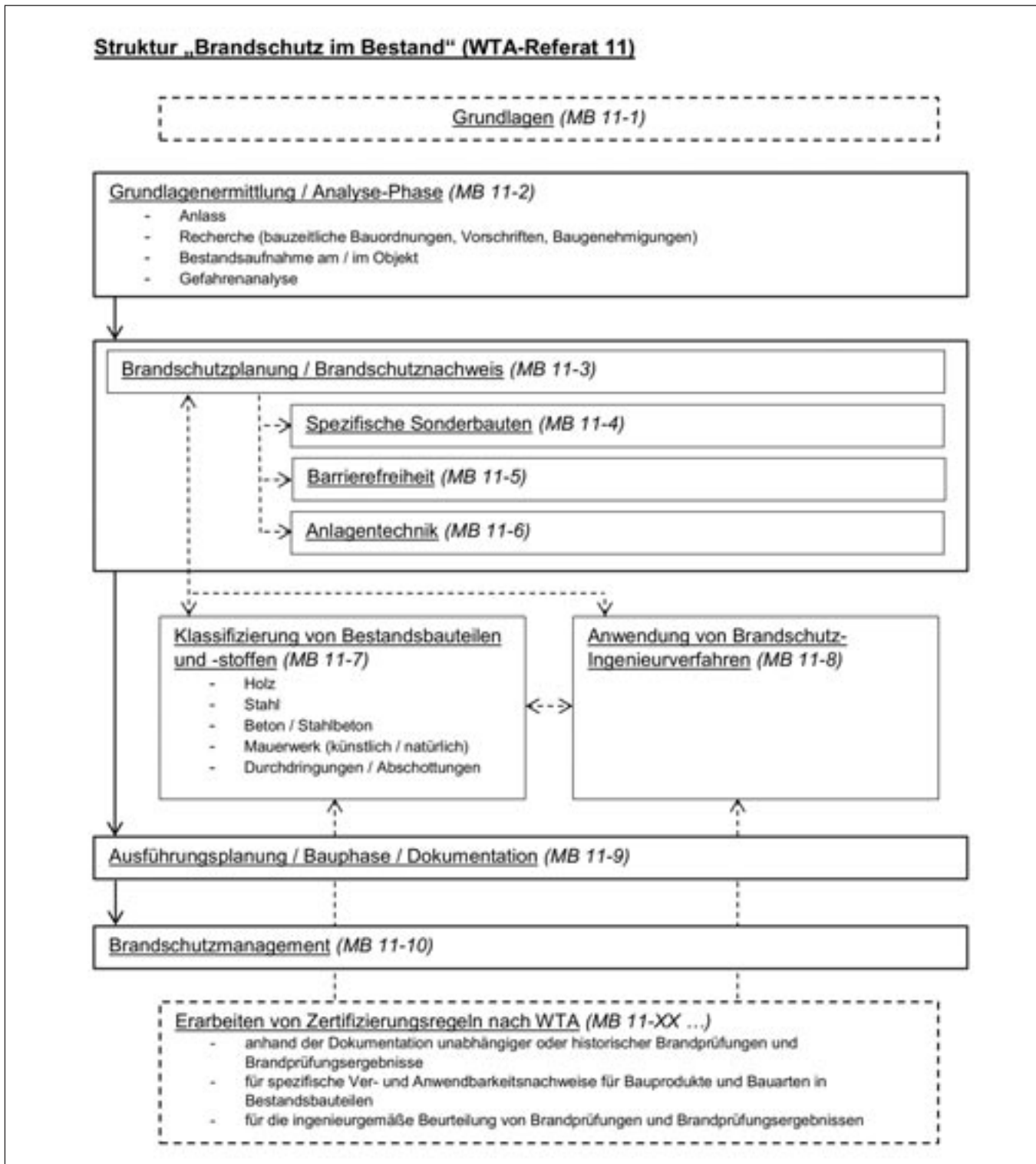


Abb. 14: Struktur der WTA-Merkblätter zum Brandschutz [16]

- die unterschiedlichen Themen der Brandschutzplanung, der Barrierefreiheit und der Anlagentechnik für bestehende Gebäude in brandschutztechnischer Hinsicht,
- die Klassifizierung von Bestandsbauteilen und
- die Anwendung von Brandschutz-Ingenieurmethoden beim Gebäudebestand.

Darüber hinaus sind in absehbarer Zeit WTA-Merkblätter zur Ausführungsplanung, der Bauphase, der Dokumentationserfordernisse und dem Brandschutzmanagement bei bestehenden baulichen Anlagen geplant (Abb. 14).

Für die Zukunft ist dann auch der Aufbau von WTA-Zertifizierungsregeln beabsichtigt, welche – denen für Sanierputzsysteme oder für Abdichtungsstoffe adäquat – auf der Grundlage der Auswertung von Naturbränden und von Brandversuchen mit üblichen historischen Bestandskonstruktionen erarbeitet werden sollen.

4.3.2.1 WTA-Merkblatt 11-1

Die Beteiligten bei einer Brandschutzplanung sehen sich mit aktuellen funktionellen, gestalterischen und baurechtlichen Anforderungen an Baudenkmale konfrontiert und haben zugleich ein oftmals geringeres brandschutztechnisches Niveau des Bestandes zu beachten. Dieses Ungleichgewicht zwischen dem heutigen Sicherheitsanspruch und dem überlieferten Sicherheitsvermögen führt in der Praxis leider des Öfteren zu Verwerfungen, welche entweder die Nutzbarkeit von Bestandsgebäuden für bestimmte Zwecke, deren Gestaltung, die denkmalpflegerische Wertigkeit oder die Wirtschaftlichkeit in Frage stellen. Dabei liegen vor allem in den vorbereitenden Planungsphasen des Brandschutzes erhebliche Chancen, eine angebrachte Bestandserhaltung zu ermöglichen. Das WTA-Merkblatt 11-1 liefert dafür einen grundsätzlichen Extrakt für eine richtige Behandlung bestehender baulicher Anlagen aus dieser Sicht und ist auch für solche Fälle geeignet, in denen eine Brandschutzplanung wegen nicht vorhandener Bestandsunterlagen beauftragt wurde oder keine wesentlichen baulichen oder nutzungstechnischen Änderungen geplant sind.

Als Ausgangspunkt einer korrekten Handhabung werden in dem Merkblatt die Begriffe der zunächst stets gegebenen Rechtsposition des Bestandsschutzes in Beziehung zu den gegenwärtigen Forderungen des Brandschutzes bei einer Modernisierung, einem Umbau oder einer Umnutzung erörtert. Es wird unterdessen zwischen den Gefahrbegriffen der *abstrakten* und der *konkreten* Gefahr unterschieden, Bezug auf das sich daraus im Einzelfall entwickelnde bauaufsichtliche Anpassungsverlangen genommen und der jeweilige prinzipielle Handlungsbedarf beschrieben. Während bei einer Modernisierung nicht ohne Weiteres Nachforderungen zu stellen sind, ziehen Umnutzungen – auch wenn zugleich kaum bauliche Veränderungen gewünscht werden – durchaus größere notwendige Veränderungen nach sich. Vordergründig kommt es dabei natürlich auf die konkrete Rettungswegsituation an, wobei mitunter auch eine schmerzhaft Nachrüstung erforderlich sein kann, wenn eine Vielzahl von Personen bei einem Brand gefährdet wäre.

Zunächst ist es wichtig, den gegenständlichen Anlass für eine Brandschutzplanung exakt zu beschreiben, um damit feststellen zu können, wann und wodurch ein Bestandsschutz mitunter durchbrochen wird und deswegen auch mit umfangreicheren Nachforderungen des Brandschutzes zu rechnen ist. Das Merkblatt gibt auch dazu wichtige Hinweise für die entsprechende Handlungsweise.

Ausgehend von einer archivalischen Bestandsanalyse über die notwendigen Bestanderfassung und -beurteilung werden die erforderlichen Planungsstufen eingehend beschrieben und die jeweiligen Erfordernisse



Abb. 15: Einvernehmlich nachgerüsteter Deckenbereich in einem Baudenkmal

angegeben. Diese ist besonders für das gegenseitige Verständnis zwischen dem Bauherrn und den beteiligten Planern wichtig, weil so verständlich wird, warum zu welchem Planungsstand eine entsprechende brandschutztechnische Planung notwendig ist.

In den Kapiteln über die Brandschutzplanung allgemein und über die Genehmigungsplanung werden zudem die Themen der Barrierefreiheit und des Kulturgutschutzes beleuchtet, denen unter anderem zu einem späteren Zeitpunkt noch weiterführende Merkblätter gewidmet werden. Hinsichtlich der Genehmigungsplanung wird die Unterscheidung der unumgänglichen und der lediglich optimierenden Brandschutzmaßnahmen aufgezeigt und das gebotene Prozedere für das Erlangen von Abweichungen und Erleichterungen veranschaulicht. Indessen erfolgt eine detaillierte Erläuterung der verschiedenen Formen von Abweichungen, die aus bauaufsichtlicher Sicht möglich sind, wobei ergänzend der korrekte Umgang mit der jeweiligen Abweichungsart zugeordnet wird. Bei einer entsprechend richtigen Vorgehensweise ist es dann möglich, weitgehende Spielräume für die Erhaltung bauzeitlicher Substanzerhaltung zu erzielen und dennoch eine behördliche Zustimmung zu erlangen (Abb. 15).

Auch die Notwendigkeiten während der Bauphase werden in diesem Merkblatt grundlegend beleuchtet. Insbesondere während der Bauphase treten Gefährdungen durch Brände auf, was dennoch häufig unterschätzt wird und nicht zuletzt durch einen Brand auf der exponierten Baustelle des Humboldt-Forums im Berliner Stadtschloss belegt worden ist. Hier ist vermutlich ein Teerkessel explodiert, der im Außenbereich nicht unerhebliche Schäden an einem prominenten Bereich der bereits wiederhergestellten Fassade nach sich zog. Die Berliner Feuerwehr teilte dazu mit, dass Baumaterialien und zwei Bitumenkocher brannten und dass über dem Gebäude im Zentrum von Berlin eine riesige Rauchwolke zu sehen war. Bereits alltägliche Arbeiten, wie schweißen, löten, Dachdeckungsarbeiten oder Ähnliches, können ausreichen, um ein durchaus verheerendes Brandereignis auszulösen. Außerdem sind immer wieder Mängel durch das unsachgemäße Einbauen oder Verarbeiten mitunter komplexer Brandschutzprodukte, vor allem durch nicht ausreichende vorherige Beschäftigung mit den Herstellerrichtlinien et cetera, quasi vorprogrammiert.

Deswegen werden in dem Merkblatt auch angebrachte Hinweise zur Umsetzung der Brandschutzmaßnahmen gegeben, von der notwendigen Überwachung der Bauausführung, über gegebenenfalls erforderliche Interimskonzepte für Übergangslösungen, unter anderem beim Bauen während einer weiteren (Teil-)Nutzung des Gebäudes, bis hin zum

Erfordernis der Prüfung sicherheitstechnischer Anlagen im Gebäude. Da eine Baustelle hinsichtlich der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen ausdrücklich nicht bereits mit der Beendigung der Bauarbeiten vollendet ist, widmet sich ein Kapitel des Merkblattes der erforderlichen Dokumentation. Es ist zu bedenken, dass die Rechtmäßigkeit des Bestandes nicht zuletzt von einer ausreichenden Dokumentation abhängt und damit der neue Lebenszyklus des Gebäudes beginnt. In mehreren Stufen wird in dem Merkblatt deswegen beschrieben, wie das gelingt und welche wesentlichen Anforderungen dahingehend zu beachten sind.

Die organisatorischen Anforderungen des Brandschutzes runden die Wechselwirkungen der drei Säulen des Brandschutzes ab (bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen), und sie bilden nicht selten das Rückgrat für das Ineinandergreifen der unterschiedli-



Abb. 16: Rauchansaugsystem



Abb. 17: Wassernebellöschanlage

chen Wirkungen. Diese Gesamtheit wird in dem Kapitel über das Brandschutzmanagement mit den Anforderungen während des Gebäudebetriebes zusammengeführt und dann erläutert, was von den Nutzern der sanierten oder modernisierten Gebäude berücksichtigt werden muss. Das betrifft im Besonderen den geschulten und sachverständigen Umgang mit den anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen, wie zum Beispiel mit Brandmelde- und Alarmierungs-, Feuerlösch- oder Einrichtungen zur Rauchableitung (Abb. 16 und Abb. 17).

Die dauerhafte Funktionsfähigkeit solcher Anlagen ist für die ganzheitliche Wirkung eines Brandschutzkonzeptes außerordentlich wichtig und bewirkt im Gefahrenfall erst die ausreichende Sicherheit in der jeweiligen baulichen Anlage, in erster Linie für die in dem Gebäude befindlichen Nutzer und die eingreifenden Feuerwehrrkräfte.

Die Grundlage für den Einsatz von Bauprodukten und Bauarten des Brandschutzes zur Umsetzung der bauaufsichtlichen Anforderungen ist heutzutage die *Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen* (MVV TB) [17] und hinsichtlich der brandschutztechnischen Klassifikationen von Bauteilen oftmals noch DIN 4102-4:2016-05 [18], wonach Baustoffe in Baustoffklassen und Bauteile in Feuerwiderstandsklassen eingestuft werden. Doch die im Bestand vorhandenen Bauteile und Baustoffe sind des Öfteren nicht anhand dieser modernen Klassifikationsbestimmungen formal einzustufen, obwohl sie ausreichende Eigenschaften haben. Bestehende Gebäude und insbesondere Kulturdenkmale sind aber zugleich materielle Zeugnisse der Geschichte, die menschliche Leistungen, Gedankenwelten, Wertesysteme und Haltungen bis in unsere heutige Zeit überliefern, weshalb diese Zeugnisse möglichst authentisch bleiben sollen.

Daher gibt das Merkblatt abschließend erste Hinweise, in welcher Form die trotzdem gegebene brandschutztechnische Leistungsfähigkeit abweichender Bauteile richtig eingeschätzt werden kann, und verweist auf geeignete Quellen, die dazu anzuwenden sind. Es wird unter anderem auf eine aktuelle Auslegung des Normungsausschusses DIN NA 005-52-04 AA (DIN 4102-4) hingewiesen, nach der auch die früheren Fassungen der DIN 4102 zur Beurteilung herangezogen werden können. Später soll mit dem Merkblatt 11-7 ein Überblick über die mögliche Bewertung von Bestandsbauteilen veröffentlicht werden.

4.3.3 Weitere Merkblätter des Referates 11 in der WTA

Neben dem Merkblatt 11-1 wurden im Jahr 2023 die weiterführenden WTA-Merkblätter 11-2 *Grundlagenermittlung/Analyse-Phase* [19] und 11-3 *Brandschutzplanung* [20] veröffentlicht.

Im Merkblatt 11-2 wurden die wichtigsten Parameter der Grundlagenermittlung für eine Brandschutzplanung im Bestand und bei Baudenkmalen zusammengestellt, unterschiedliche Ausgangssituationen für eine Brandschutzplanung im Bestand sowie die jeweils davon ausgehende erforderliche brandschutztechnische Planungsleistung beleuchtet und die wesentlichen Aspekte einer archivalischen Bestandsanalyse sowie der Bestandserfassung und -beurteilung beleuchtet. Des Weiteren wird die besondere Planungsleistung der brandschutztechnischen Gefahrenanalyse vorgestellt.

Das Merkblatt 11-3 erörtert die Besonderheiten einer Brandschutzplanung für bestehende Gebäude und Baudenkmale. Es wird verdeutlicht, dass der Bestandsverträglichkeit einer Brandschutzplanung eine besondere Rolle zukommt, weil damit eine Ressourcenschonung im Bausektor durch den substanzerhaltenden vorbeugenden Brandschutz zu erreichen ist und Bestandsbauteile umfassend erhalten werden können. Anhand der üblichen Leistungsphasen bei einer Brandschutzplanung werden dafür die bestandspezifischen Erfordernisse beschrie-



Abb. 18: Hölzerne Verkleidung mit ...



Abb. 19: ... ehemaliger Dienertür als zweitem Rettungsweg

ben. Da bei Baudenkmalen während der Brandschutzplanung die denkmalrechtlichen Belange ausreichend berücksichtigt werden müssen, gilt es dahingehend, gemäß Merkblatt 11-3 auf der Grundlage einer denkmalpflegerischen Zielstellung die notwendigerweise authentisch zu überliefernden Bestandteile einer baulichen Anlage so weit wie möglich ohne Zutaten zu erhalten. Bei Nutzungsänderungen sind darüber hinaus zusätzliche Aspekte der Bewertung des entweder weiterhin gegebenen oder durchbrochenen Bestandsschutzes zu beachten.

5 Praktische Detaillösungen

5.1 Bauliche Nachrüstungen

Auch wenn sämtliche Eingriffe in eine denkmalpflegerisch geschützte Substanz, die *das materielle Substrat des Denkmals, den Träger des Wertes* [21] verkörpert, aus der Sicht des denkmalpflegerischen Schutzinteresses regelmäßig weitmöglich zu vermeiden sind, kommt einer behutsamen Nachrüstung oftmals eine entscheidende Rolle zu. Für den Einzelfall geeignete bauliche Brandschutzmaßnahmen bei denkmalgeschützten Gebäuden sind zum Beispiel:

- Nachrüsten vorhandener Türen zu notwendigen Treppenräumen mit Dichtungen und Türschließern oder Abgrenzung des Treppenraumes mit einer Rauch- beziehungsweise Feuerschutzverglasung (Abb. 20),
- Abschottungen von Räumen mit erhöhter Brandgefahr,
- dämmschichtbildende Anstriche auf Stahl- und Gusskonstruktionen,
- Anbau einer temporären Treppe oder einer Notleiter mit Rückenschutz,
- Ein- oder Anbau eines zusätzlichen baulichen Rettungsweges,
- alternative Rettungsausbildung, zum Beispiel mittels einer Bypassausweisung oder eines Personen-Rettungsschlauches (Abb. 18, Abb. 19 und Abb. 21).

Im Vordergrund der Bewertung von Lösungen, die dem heutigen Bauordnungsrecht widersprechen, sollte dabei immer stehen, dass ein baulicher Rettungsweg – wenn auch nicht ideal – besser ist, als eine Rettung über Rettungsgeräte der Feuerwehr.

5.2 Ausgleichende Anlagentechnik

Wenn sich bauliche Maßnahmen aus denkmalpflegerischer Sicht entweder als gänzlich undurchführbar erweisen oder eine zu starke Beeinträchtigung zu schützender historischer Substanz mit sich bringen



Abb. 20: Feuerschutzverglasung hinter einer historischen Tür

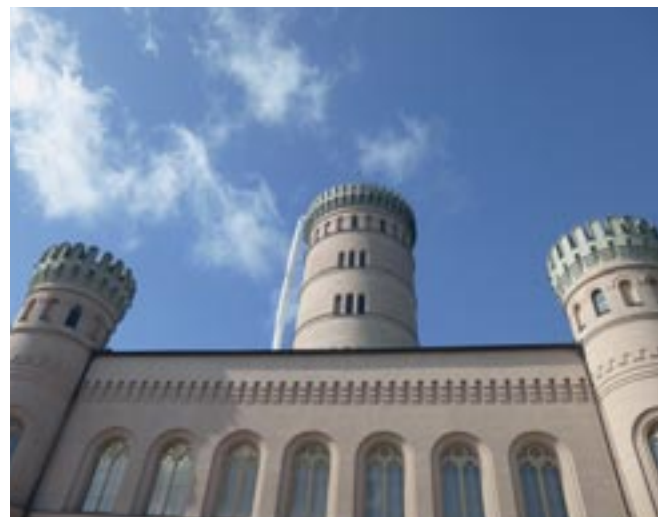


Abb. 21: Der Turm wurde mit einem Personenrettungsschlauch ausgestattet (links am Turm: zweiter Rettungsweg).



Abb. 22: Bewusst gezeigte Überdruckbelüftung in einem Treppenraum

würden, kann auf ausgleichende anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen – sogenannte Kompensationsmaßnahmen – zurückgegriffen werden.

Es ist dabei jedoch zu beachten, dass nicht jede abweichende Situation automatisch durch heute geltende Vorschriften des Brandschutzes ausgeglichen werden muss, sondern nur jene, die eine reale Gefahr nach sich ziehen können. In anlagentechnischer Hinsicht ist zum Beispiel der Einsatz folgender ausgewählter Maßnahmen in Baudenkmälen möglich:

- Funkvernetzungsfähige Brandmelde- beziehungsweise Hausalarmanlagen und Rauchansaugsysteme,
- selbstleuchtende Rettungswegkennzeichen, gegebenenfalls mit dynamischer Brandfallsteuerung,
- natürliche oder maschinelle Rauchabzüge,
- Überdruck-Lüftungsanlagen für notwendige Treppenräume und Veranstaltungsräume (Abb. 22),
- Rauch- oder Feuerschutzvorhänge,
- Gas- oder Wassernebellöschanlagen (Abb. 23).

Im Vordergrund der Anwendung anlagentechnischer Brandschutzmaßnahmen sollte stehen, dass von derartigen Mitteln nur so viele wie nötig und nicht so viele wie möglich eingesetzt werden. Es ist zu bedenken, dass trotz aller Fürsorglichkeit jede Anlagentechnik versagen kann und der Einsatz der Technik wartungstechnische Aufwendungen nach sich zieht; eine Tatsache, die nur allzu gern beim Erstellen einer brandschutztechnischen Planung in den Hintergrund rückt und im Nachhinein nicht selten ein unschönes Erwachen bei den anfallenden Wartungskosten mit sich bringt. Die Richtschnur in dieser Hinsicht sollte deswegen immer sein, nur so viel einzubauen, wie sicherheitstechnisch unverzichtbar ist, das heißt, der Schwerpunkt hat auf der Sicherung des Rettungswegsystems zu liegen.

Erwähnt werden soll zudem, dass sich moderne Löschleinrichtungen, wie Gas- oder Wassernebellöschanlagen, die kein oder außerordentlich wenig Wasser für ihren Betrieb benötigen, für einen erforderlichen Kulturgutschutz für Gemälde, Bücher und andere brennbare Gegenstände sowie im Einzelfall zur Sicherung der Rettungswege eignen.

5.3 Organisatorische Regelungen

Dem Brandschutzmanagement kommt in einem Baudenkmal eine besondere Rolle zu. Zum einen kann es Brandgefährdungen während der Nutzung weitgehend verhindern, zum anderen können Maßnahmen



Abb. 23: Löschdüse (Wassernebel) in einem Treppenraum eines Schlossgebäudes

des organisatorischen Brandschutzes Defizite der historischen Substanz ausgleichen helfen, um im Einzelfall beeinträchtigende Maßnahmen zu vermeiden, wie zum Beispiel das Austauschen wertvoller Türen. Die Grundlage für die wirksame Befolgung des organisatorischen Brandschutzes sollte heutzutage eine nach der DIN 14096 [22] aufgestellte Brandschutzordnung sein. Während in Baudenkmälen mit Sonderbaunutzungen zumindest die Teile A und B der Brandschutzordnung zur Verfügung stehen sollten, ist für Museen insbesondere auch der Teil C für Personen mit besonderen Aufgaben von Bedeutung.

Damit können für den Einzelfall spezielle Aufgaben hinsichtlich der Bergung und des Schutzes von Kulturgut geregelt werden. Bei historischen Versammlungsstätten kommt den Teilen B und C eine besonders wichtige Rolle zu, weil Nutzungsbeschränkungen und Verantwortlichkeiten für kompensatorische Maßnahmen, wie zum Beispiel temporäre Beleuchtungen oder Rettungswegkennzeichnungen oder das rechtzeitige Öffnen von Türen, im Verlauf von Rettungswegen im Gefahrenfall zu klären sind.

6 Fazit

Es ist möglich, den Spagat zwischen den beiden beleuchteten sich im Detail häufig widersprechenden Schutzinteressen zu erreichen. Die Voraussetzung dafür ist das gegenseitige Verständnis für die jeweiligen Schutzziele und die Erkenntnis, dass diese gleichrangig sind.

Innovative wie konservative Brandschutzkonzepte können dabei für das jeweilige Gebäude der richtige Weg sein: An einer Stelle ist eine bauliche Schottung unumgänglich und vielleicht sogar der Historie entlehnt, an der anderen kann auf eine Brandschutzmaßnahme verzichtet werden, weil über Jahrhunderte nachgewiesen werden kann, dass es organisatorisch funktioniert.

Der gegenseitige Respekt der Handelnden auf beiden Seiten ist dann die Grundlage für die einerseits notwendige Sicherheit und andererseits dem Denkmal zuzumutendes Ergebnis. Dass es sich dafür zu streiten lohnt, ist daran zu erkennen, dass Denkmalpflege nicht nur eine kulturelle und soziale, sondern auch eine ökonomische Wertschöpfung bewirkt, in unserem zunehmend digitalen Zeitalter die Lebensqualität durch die mögliche Identifikation mit realen Objekten erhöht und zudem als tatsächlicher Garant für einen nachhaltigen Umgang mit der Umwelt gelten kann [23].

7 Literatur

- [1] Wirth, H., Denkmalpflegerische Axiologie, in: Beiträge zur Denkmalpflege, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Universität, Weimar 1995, Ausg. 1/2, S. 83 – 87, hier S. 85 f.
- [2] DIN 4102, Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme, Bl. 1, Begriffe; Bl. 2, Einreihung in die Begriffe und Bl. 3, Brandversuche, Berlin August 1934
- [3] Thüringer Gesetz zur Pflege und zum Schutz der Kulturdenkmale (Thüringer Denkmalschutzgesetz - ThürDSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. April 2004 (GVBl 2004, 465, Glied.-Nr.: 224-1), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 20. Dezember 2007 (GVBl. S. 267, 269), hier § 1 (1)
- [4] Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): Brandschutz im Baudenkmal, Arbeitsblatt 13, Aachen 2014
- [5] Geburtig, G., Brandschutz im Baudenkmal – Grundlagen, Berlin 20172
- [6] Brandschutzleitfaden für Gebäude besonderer Art oder Nutzung, hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin November 19982, S. 15
- [7] Baltz-Fischer, Preußisches Baupolizeirecht, Neu herausgegeben von Geh. Regierungsrat F.W. Fischer, 6., vermehrte und neubearbeitete Auflage, Berlin 1934, unveränderter Nachdruck 1954, Berlin 1954, S. 273 ff.
- [8] Geburtig, G., Brandschutz im Baudenkmal – Wohn- und Bürobauten, Berlin 2021, hier Kap. 2.4
- [9] Bauordnung für Berlin (BauO Bln) vom 29. September 2005, zuletzt geändert 12.10.2020, § 81 (1)
- [10] Geburtig, G., Brandschutz bei der Sanierung und bei der denkmalpflegerischen Behandlung von Gebäuden mit hölzernen Trag- und Ausbaukonstruktionen; Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur, Weimar 2008, S. 179
- [11] Geburtig, G., Brandschutz ..., wie Anm. 5
- [12] DIN 18009-1:2016-09, Brandschutzingenieurwesen - Teil 1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung
- [13] DIN 18009-2:2022-08, Brandschutzingenieurwesen – Teil 2
- [14] Vereinigung ..., wie Anm. 4
- [15] WTA-Merkblatt 11-1, Brandschutz im Bestand und bei Baudenkmalen nach WTA I: Grundlagen, Ausg. 11.2020/D
- [16] Ebd.
- [17] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2023/1 (MVV TB 2023/1), mit Druckfehlerberichtigung vom 10. Mai 2023
- [18] DIN 4102-4:2016-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [19] WTA-MB 11-2, Brandschutz im Bestand und bei Baudenkmalen nach WTA II: Grundlagenermittlung/Analyse-Phase, Ausg. 04.2023/D
- [20] WTA-MB 11-3, Brandschutz im Bestand und bei Baudenkmalen nach WTA III: Brandschutzplanung, Ausg. 04/2023/D
- [21] Wirth, H., Denkmalpflegerische ..., wie Anm. 1, hier S. 85
- [22] DIN 14096:2014-05, Brandschutzordnung - Regeln für das Erstellen und das Aushängen
- [23] Neubauer, B., Was bedeuten Denkmalschutz und Denkmalpflege heute? in: SACHVERSTÄNDIGE, Heft 4/2015, Wien 2015, S. 189 f.

Die Filstal-Eisenbahnbrücken zwischen Wendlingen und Ulm: Ein imposantes neues Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst

Mit ihrer neuartigen Konstruktion für ein statisch unbestimmtes Rahmentragwerk sind die Erfahrungsbereiche des modernen Eisenbahnbrückenbaus verlassen worden

Auf der Eisenbahn-Schnellfahrstrecke zwischen Wendlingen und Ulm überspannt die Filstalbrücke das Filstal in bis zu 85 Metern Höhe. Sie besteht aus zwei Teilbauwerken und ist die dritthöchste Eisenbahnbrücke Deutschlands. Ihre sehr schlanke semi-integrale Konstruktion, mit der die Erfahrungsbereiche des Eisenbahnbrückenbaus verlassen worden sind, die Problematik ihres Baugrundes, die komplexen Herstellverfahren und die zahlreichen neuartigen Konstruktionsdetails- und -elemente, die eigens für diese Brückenbauwerke entwickelt worden sind, stellten die Planer und die Prüfer immer wieder vor neue, sehr große Herausforderungen. Sie werden im folgenden Beitrag detailliert beschrieben. Er zeigt, dass allein die Berechnungen und die Nachweise für die Zwischenbauzustände einen höheren Aufwand für Planung und Prüfung erfordert haben als der Endzustand; er zeigt aber auch, wie das kollegial strebende, professionelle Miteinander aller Beteiligten die sich auftürmenden Schwierigkeiten überwinden konnte. Entstanden ist ein neues Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst.

1 Einführung

Die Filstalbrücke ist eine Eisenbahnüberführung der Schnellfahrstrecke der DB AG im Bereich des Alaufstiegs von Wendlingen nach Ulm. Sie besteht aus zwei Teilbauwerken und überspannt zwischen der Gemeinde Mühlhausen im Täle und der Stadt Wiesensteig das Tal der Fils in einer Höhe von bis zu etwa 85 Metern (**Abb. 1**). Die Neubaustrecke ist circa 60 Kilometer lang und verkürzt seit ihrer Inbetriebnahme im Dezember 2022 die Fahrzeit zwischen den beiden Städten um 15 Minuten. Die Strecke ist für Güterzüge und für Reisezüge im Hochgeschwindigkeitsverkehr mit bis zu 250 Kilometern pro Stunde ausgelegt.

Der Alaufstieg ist das ingenieurtechnische Herzstück der Neubaustrecke der DB AG zwischen Stuttgart und Ulm. Er wird durch den 8,81 Kilometer langen Boßlertunnel und den 4,85 Kilometer langen Steinbühl-tunnel sowie die dazwischen liegenden Brücken über den Einschnitt des Filstals gebildet. Die Strecke ist in diesem Bereich mit etwa 23 bis 25 Promille Längsneigung trassiert. Im Filstal verläuft die Strecke ungefähr 85 Meter über Talgrund.

Die Filstalbrücken stellen damit nach der Müngstener Brücke (107 Meter) und der Rombachtalbrücke auf der Neubaustrecke von Hannover nach Würzburg (95 Meter) die dritthöchste Eisenbahnüberführung in Deutschland dar.



Dr.-Ing. Andreas Jähring

studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München und gehört seit 2005 dem Vorstand des Ingenieurbüros Büchting und Streit AG in München an; Andreas Jähring ist Beratender Ingenieur, Prüfingenieur und Prüfsachverständiger für Standsicherheit und EBA-anerkannter Prüfsachverständiger im Eisenbahnbereich.

2 Bauwerksvorstellung

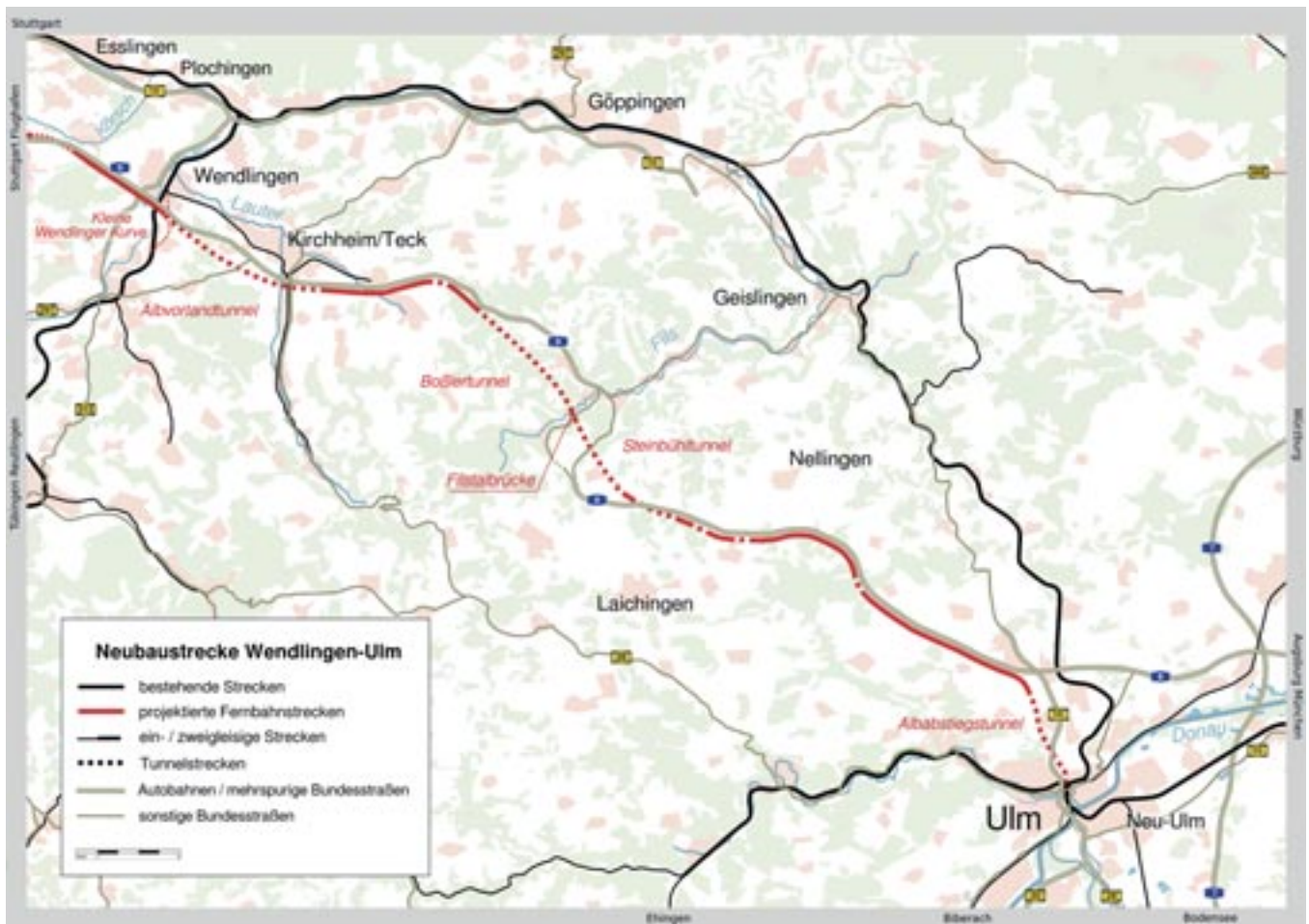
2.1 Entwurf und Gestaltung

Die Randbedingungen für den Entwurf und die Gestaltung der Brücken ergeben sich aus der Abfolge *Tunnel-Brücke-Tunnel* mit 30 Metern Abstand der zwei Richtungsgleise, der Topografie des Filstals mit steilen, nicht parallelen Talflanken, einem hohen Schutzbedürfnis für den unmittelbaren Landschaftsbereich und der Querung eines Trinkwasserschutzgebietes sowie weiterer schützenswerter Flächen. Diese Randbedingungen erforderten eine schonende Einbindung der Brücke in die Landschaft und eine Minimierung der Pfeilerstellungen (**Abb. 2**).

Der Gleisabstand war aus der Mindestlänge der Querschläge und der Mindestdicke der Gebirgspfeiler zwischen den jeweils eingleisigen Tunneln vorgegeben. Der mittlere Kreuzungswinkel zwischen der Strecke und dem Talgrund beträgt circa 92 gon. Daraus resultierte die Notwendigkeit zweier unabhängiger, in Längsrichtung versetzt nebeneinander liegender, eingleisiger Brückenbauwerke. Die Standorte der Pfeiler waren den topografischen Anforderungen anzupassen. Die Querschnitte sollten minimiert werden, um die Beeinträchtigung der anliegenden Gemeinden Mühlhausen im Täle und Wiesensteig zu begrenzen. Die sich aus der *Rahmenplanung Talbrücken* (RIL 804.9020 der DB Netz AG) [1]) ergebenden Regelkonstruktionen in Form von Durchlaufträgerketten mit 40 bis 45 Metern Einzelstützweite und Konstruktionshöhen von ungefähr einem Zwölftel der Stützweite waren hier nicht geeignet, die Anforderungen zu erfüllen.

Im Rahmen einer Variantenstudie wurden die möglichen Lösungen nach dem *Leitfaden zur Gestaltung von Eisenbahnbrücken* [2] hinsichtlich Konstruktion, Funktionalität, Ökonomie, Ökologie und Form bewertet, und die Vorzugslösung wurde anschließend im Brückenbaurat der DB AG hinsichtlich der Gestaltung diskutiert. Die Ausarbeitung des Entwurfs erfolgte in einem Workshop, und die Festlegung der Gestaltung wurde mit der Planfeststellung des Abschnittes vollzogen.

Im Ergebnis wurden zwei fugenlose Durchlaufträger über sechs Felder in semi-integraler Bauweise mit den Stützweiten 44–95–150–93–58–45 Meter ($L = 485$ m rechtes Gleis) und 44–95–150–88–50–45 ($L = 472$ m linkes Gleis) geplant (**Abb. 3**).



Stoeffler, Public domain, via Wikimedia Commons

Abb. 1: Übersichtskarte der Neubaustrecke der DB AG von Wendlingen nach Ulm

2.2 Gestaltung der Pfeiler

Die Hauptpfeiler im Talgrund wurden mit flach geneigten Schrägstreben Y-förmig aufgelöst (Abb. 4). Die Pfeilerstiele weisen bis zum Verzweigungsbereich einen sich nach oben verjüngenden Kastenquerschnitt mit einer Breite in Brückenlängsrichtung von $d = 4,50 \div 3,10$ Meter auf. Die übrigen Pfeiler sind als Vollquerschnitt mit $d = 1,80$ Meter beziehungsweise $d = 1,10$ Meter ausgeführt. Die Pfeilerlänge in Brückenquerrichtung beträgt einheitlich $b = 5,30$ Meter vom Anschnitt des Überbaus mit 70:1 nach unten zunehmend. Damit ergibt sich ein mini-

miertes Erscheinungsbild der Pfeiler und eine günstige Reduktion der Zwangbeanspruchungen im semi-integralen Tragwerk. Im Entwurf war eine Pfahlgründung in allen Pfeilerachsen vorgesehen.

2.3 Gestaltung des Überbaus

Der Überbau wird durch einen in Längsrichtung vorgespannten, einzelligen Kastenquerschnitt mit veränderlicher Höhe ($h = 3,00/2,80 \text{ m} - 4,00 \text{ m} - 4,65 \text{ m}$, Widerlager – Feldmitte Hauptfeld – Einbdepunkte Schrägstiele) und konstanter Breite ($b = 5,30 \text{ m}/8,34 \text{ m}$, Kasten/Fahrbahnplatte zwischen den Geländern) gebildet (Abb. 5). Der Oberbau ist als feste Fahrbahn System Rheda 2000 ausgeführt, zusätzlich befahrbar mit luftbereiften Fahrzeugen zu Rettungszwecken. Die Randwege liegen als Flucht- und Rettungswege mit der Oberkante fünf Zentimeter unter der Schienenoberkante und bergen Installationskanäle, die durch abnehmbare Betonfertigteile abgedeckt sind. Außen am Gesims sind beidseitig 1,50 Meter hohe Windschutzwände mit Aufsatzgeländern vorhanden.

2.4. Gestaltung der Widerlager

Die Widerlager bilden jeweils den Übergang von den Tunneln zu den Brücken. Sie sind als Kastenwiderlager mit oberer Kammerdecke ausgeführt. Die Gründung erfolgte flach auf einem mit Bodennägeln vergüteten Planum in den Hängen unterhalb der Tunnelmündungen. Zwischen den Widerlagern sind Überfahrtsbrücken als Wendemöglichkeit für Rettungsfahrzeuge mit Elastomerlagern aufgelegt. Oberhalb der Widerlager sind zur Einhaltung der Grenzwerte der Schallemissionen (Tunnelknall) Haubenbauwerke mit Entlastungs- und Einfahrtsöffnungen für Rettungsfahrzeuge angeordnet (Abb. 6). Diese Haubenbauwerke liegen ebenfalls mit Elastomerlagern auf den Widerlagern auf.



Foto: Armin Kilgus, 02.09.2022, DB AG

Abb. 2: Die Filstalbrücken: Die Randbedingungen ihres Baus erforderten eine Minimierung der Pfeilerstellungen.

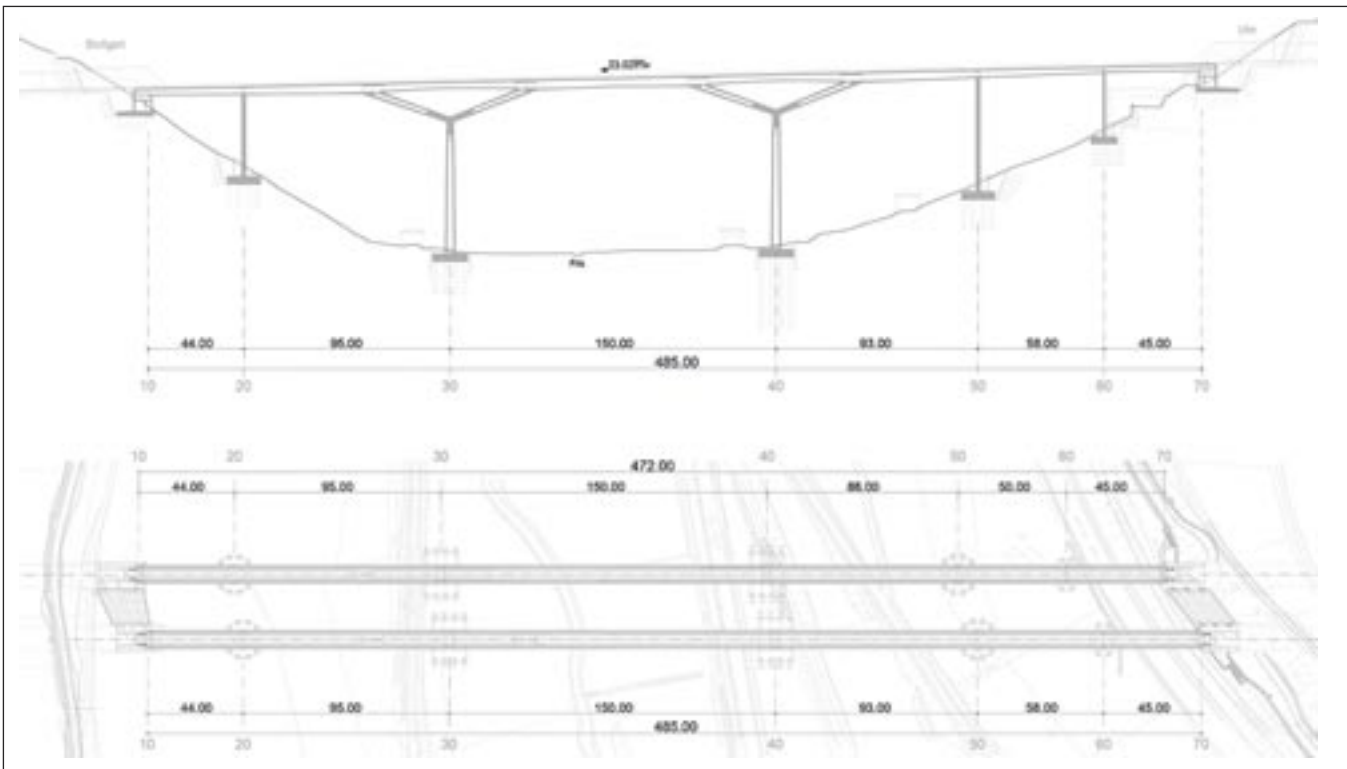


Abb. 3: Längsschnitt und Grundriss der Eisenbahnüberführung Filstal / aus [6]



Foto: ARGE Porr/Max Bögl

Abb. 4: Seitenansicht der Brücken

3 Semi-integrale Bauweise

3.1 Charakteristik der Bauweise

Die Vollpfeiler und die Schrägstreben der Hauptpfeiler sind oben biegesteif in den Überbau und die Pfeiler sind unten ebenfalls biegesteif in die Gründungen eingespannt. An den Enden ist der Überbau hingegen mit vertikalen Kalotten-Gleitlagern und horizontalen Führungslagern weitgehend zwangungsfrei gelagert. Daraus ergibt sich ein statisch unbestimmtes Rahmentragwerk mit resultierenden Zwangsbeanspruchungen aus Setzungen und Formänderungen infolge Temperatur, Vorspannung sowie Schwinden und Kriechen des Betons, das in seiner Schlankheit den bisherigen Erfahrungsbereich im Eisenbahnbrückenbau verlässt. Damit wurden für die semi-integrale Bauweise bei den Filstalbrücken eine *Unternehmensinterne Genehmigung* (UiG) der DB Netz AG und eine *Zustimmung im Einzelfall* (ZiE) des Eisenbahn-Bundesamtes erforderlich. Für die Erteilung beider Dokumente war zunächst der Bauwerksentwurf bautechnisch zu prüfen (Prüfingenieur:

Dr.-Ing. Walter Streit, B+S Ingenieure, München) und zu begutachten (Gutachter Geotechnik: Univers.-Prof. (em.) Dr.-Ing. Hans-Georg Kempfert; Gutachter Konstruktiver Ingenieurbau: Prof. Dr.-Ing. Reinhard Maurer). Die ZiE war ebenfalls eine notwendige Bedingung für die Planfeststellung des Abschnittes.

3.2 Baugrund

Der Baugrund im Bereich der Filstalbrücken stellt sich sehr anspruchsvoll dar (siehe auch [3]). Die Hänge des Filstals sind aus dem Weißjura gebildet (Kalkstein, zum Teil Tonstein), überlagert von quartärem Hangschutt mit oberflächennahem Hangkriechen. Im Talgrund liegt das Braunjura (Mergel-/Tonstein, zum Teil Kalkstein), überlagert mit quartären Ablagerungen der Fils (Abb. 8). Die Juraschichten sind durch tektonische Beanspruchung und Verwitterung örtlich zerlegt und entfestigt. Der Kalkstein ist entlang der Trennflächen teils verkarstet. Zudem verläuft durch das Filstal eine der Hauptstörungen der Filstalverwerfung. Hier sind die Schichten vertikal um circa 40 Meter gegeneinander

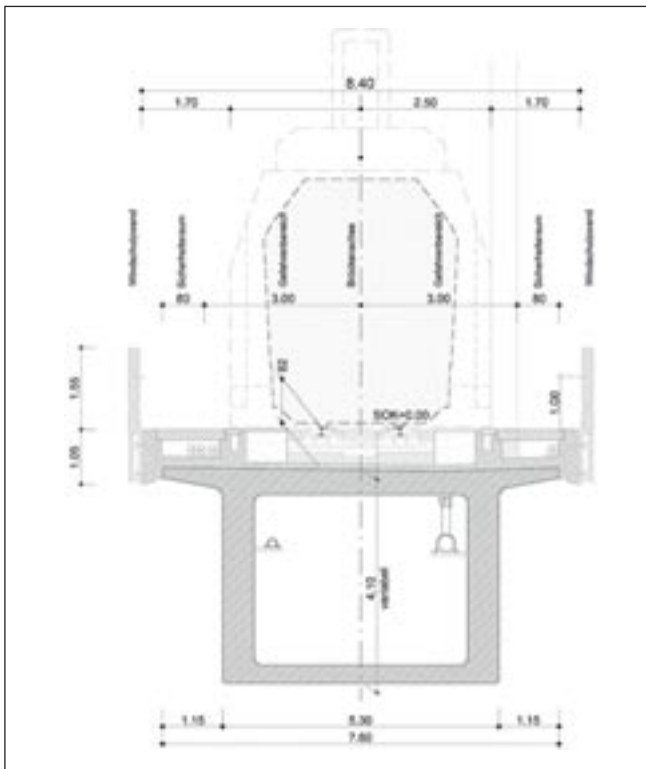


Abb. 5: Überbauquerschnitt / aus [6]



Abb. 6: Widerlager mit seitlich aufgelagerter Überfahrtsbrücke und Haubenbauwerk

verschoben. Die Gründung der Pfeiler Achse 30 erfolgte entwurfsbedingt im Bereich der Störung. Störungen finden sich auch in den Filstalhängen (Abb. 9). Hier sind die Schichten teilweise um mehrere Meter zueinander versetzt und/oder klüftig. Die Gesteine im Einflussbereich dieser Störungen sind stärker zerlegt und entfestigt.

Die Baugrundeigenschaften der verschiedenen Bereiche beeinflussen die Gründungsverhältnisse stark. Die Gesteine des Weiß- und Braunju-



Abb. 7: Details der semi-integralen Bauweise:
oben: Einbindung der Pfeiler in den Überbau, unten: Lagerung des Endquerträgers mit Kalottengleitlagern

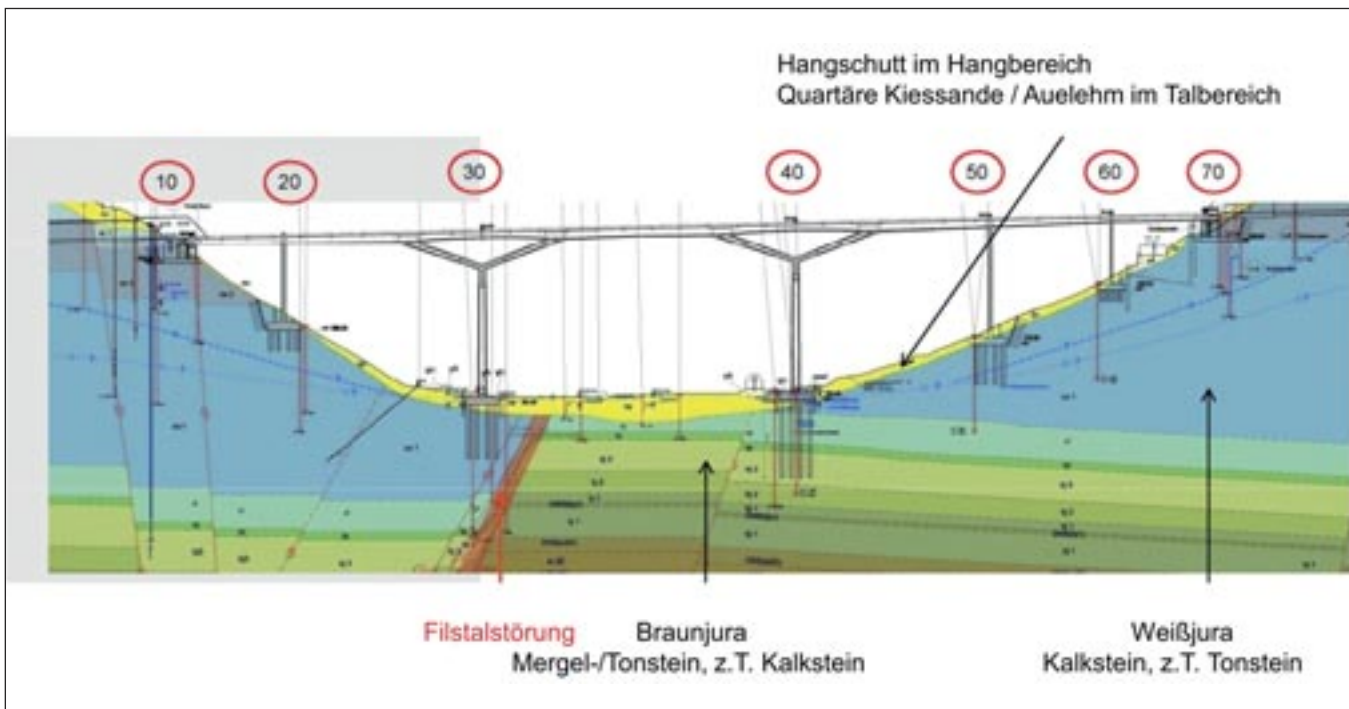


Abb. 8: Baugrund im Bereich der Filstalbrücken / aus [3]



Abb. 9: Großkluft im Bereich des Widerlagers Achse 10

ras bestimmen mit ihrer Druckfestigkeit und ihrem Trennflächengefüge inklusive der Scherfestigkeit und der Steifigkeit in den Trennflächen die vertikale Tragfähigkeit der Gründungen. Die quartären Böden im Tal und der Hangschutt dominieren mit ihrer Steifigkeit und Scherfestigkeit das horizontale Trag- und Verformungsverhalten.

3.3 Pfahlgründung

Die Entwurfsplanung sah in allen Pfeilerachsen eine Pfahlgründung mit bis zu 20 Pfählen je Standort vor ($d = 150$ Zentimeter, $l = 35$ Meter). Wegen des anspruchsvollen Baugrundes mit allein aufgrund von Sondierungsergebnissen schwer zu beschreibenden Eigenschaften war die Überprüfung der Tragfähigkeiten und der Steifigkeiten der Pfähle im Baugrund erforderlich. In der ZiE war als Auflage deshalb die Ausführung von Probepfählen vor der Ausführung der eigentlichen Bauwerkspfähle gefordert. Es wurden, mit statischer und zyklischer Belastung, vertikal und horizontal wirkend, vier Probelastungen in verschiedenen Bauwerksachsen durchgeführt. Die Probepfähle waren zur Überprüfung des Spitzendrucks am Pfahlfuß mit Kraftmesskissen aus-

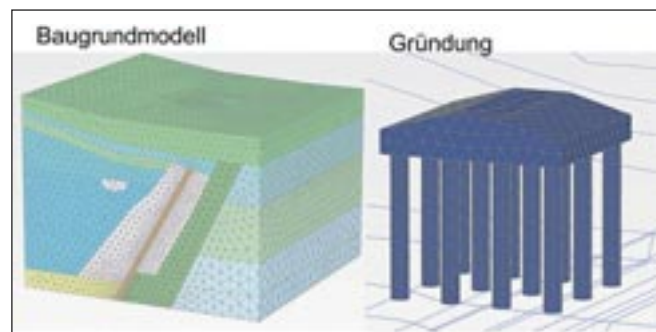


Abb. 10: Numerische Berechnungen der Gründung / aus [4]

gestattet, zur Rückrechnung der Pfahlmantelreibung mit über die Pfahllänge verteilten Dehnungsgebern an der Bewehrung und zur Ermittlung der horizontalen Verformung beziehungsweise der Rückrechnung der Bettung mit einer Inklinometerkette. Im Ergebnis konnten ein deutlich steiferes Tragverhalten und höhere Tragfähigkeiten der Einzelpfähle gegenüber den ursprünglichen Annahmen ermittelt werden. Durch eine numerische Analyse am Einzelpfahl konnte eine Kalibrierung der Kennwerte der Homogenbereiche des Baugrunds an den Ergebnissen der Probepfahlversuche durchgeführt werden. Mit den bekannten Stoffmodellen und Bodenparametern wurde dann eine numerische Analyse des gesamten zusammenwirkenden Gründungskörpers, gebildet aus Bodenkörper, einbindenden Pfählen und gebetteter Pfahlkopfplatte für jeden Pfeilerstandort vorgenommen (Abb. 10); in der Folge konnte die Gründung jeweils optimiert werden [4]. In den widerlagernahen Achsen 20 und 60 konnte zunächst auf eine Pfahlgründung, die in den Talhängen ohnehin nur mit hohem Aufwand hätte hergestellt werden können, zugunsten einer Flachgründung verzichtet werden. Insgesamt ergab sich eine Reduktion der Pfahlmeter um 50 Prozent und eine Reduktion der Fundamentabmessungen um circa 40 Prozent. Die Probepfahlbelastung, die Auswertung der Ergebnisse sowie die numerischen Berechnungen am Einzelpfahl und an den Gründungskörpern wurden durch den geotechnischen Gutachter sowie den bautechnischen Prüfer begleitet.

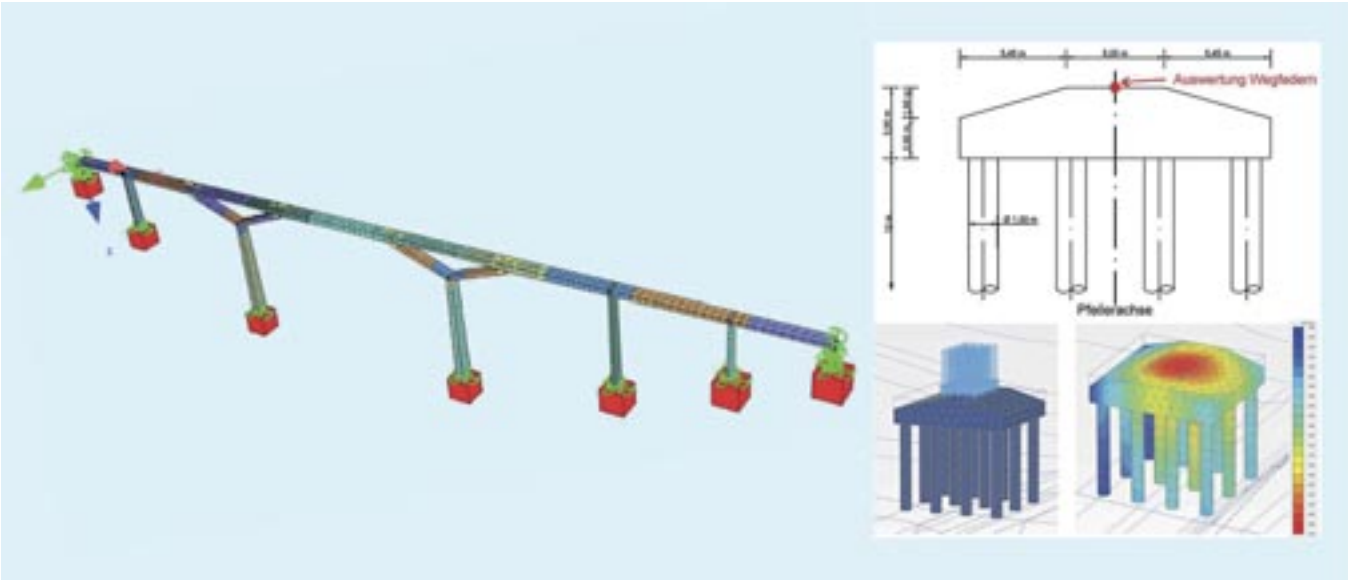


Abb. 11: Berechnung des Gesamtmodells mit Schnittstelle zur Gründung

3.4 Boden-Bauwerk-Interaktion

Bei dem semi-integralen Bauwerk führen Steifigkeitsdifferenzen und daraus folgende Verformungsdifferenzen zwischen den Gründungen zu Zwangsbeanspruchungen in der aufgehenden Konstruktion. Zeitlich oder auch zyklisch veränderliche Verformungen im aufgehenden Bauwerk infolge äußerer und innerer Einwirkungen werden über den biegesteifen Anschluss der Pfeiler in die Gründung übertragen und führen dort zu Verschiebungen und Verdrehungen. Die sich einstellenden Zwangsnchnittgrößen sind von den Steifigkeiten des Tragwerks und der Gründung inklusive des mitwirkenden Bodenkörpers abhängig. Die Berechnungen und Nachweise am Tragwerk müssen daher an ganzheitlichen Systemen unter Berücksichtigung der Boden-Bauwerks-Interaktion erfolgen.

Da jedoch mit zunehmender Komplexität des Tragwerksmodells der Rechenaufwand zunimmt und die Möglichkeiten der ingenieurmäßigen Kontrolle der Ergebnisse abnehmen und weil eine Linearisierung der Gründungssteifigkeiten möglich war, wurde bei den Filstalbrücken eine Schnittstellenlösung gewählt. Die Berechnung des Brückentragwerks erfolgte als räumlicher Rahmen mit Federn an den Fußpunkten der Pfeiler. Die Gründung wurde mit einem eigenen numerischen Teilmodell des Baugrunds mit integrierter Gründung für jeden Pfeilerstandort mit der Bodenschichtung aus dem geotechnischen Längsschnitt und den am Einzelpfahl bestimmten Parametern der Homogenbereiche berechnet. An diesen Teilmodellen wurden durch den geotechnischen Planer globale Federkennwerte für die Einheitsgrößen P_x , P_y , P_z , M_x , M_y und M_z bestimmt und an den Tragwerksplaner des Brückentragwerks übergeben. Die Bemessung der Gründungen selbst erfolgte als kombinierte Pfahl-Plattengründungen mit aus den numerischen Modellen abgeleiteten Parametern (Abb. 11).

3.5 Steifigkeitsvariation

Die Verformungen des Tragwerks müssen wegen der Anforderungen des Bahnbetriebs an die Lagegenauigkeit ausreichend realistisch und die Beanspruchungen des Tragwerks müssen wegen der Sicherstellung der Standsicherheit ausreichend sicher ermittelt werden. Die Größe und Verteilung der Verformungen und Schnittgrößen im semi-integralen Bauwerk sind jedoch von der Steifigkeitsverteilung im Tragwerk und in der Gründung abhängig, die jedoch nicht mit einem einzigen Kennwertsatz sicher zu beschreiben ist. Es müssen stattdessen obere, untere (und für die Berechnung der Verformungen für die Gebrauchstaug-

	Baugrund	Brückenbauwerk	
		E-Modul des Betons	Kriech- und Schwindverhalten des Betons
System 1	Steif	Hoch	Hoch
System 2	Steif	Hoch	Gering
System 3	Weich	Gering	Hoch
System4	Weich	Gering	Gering

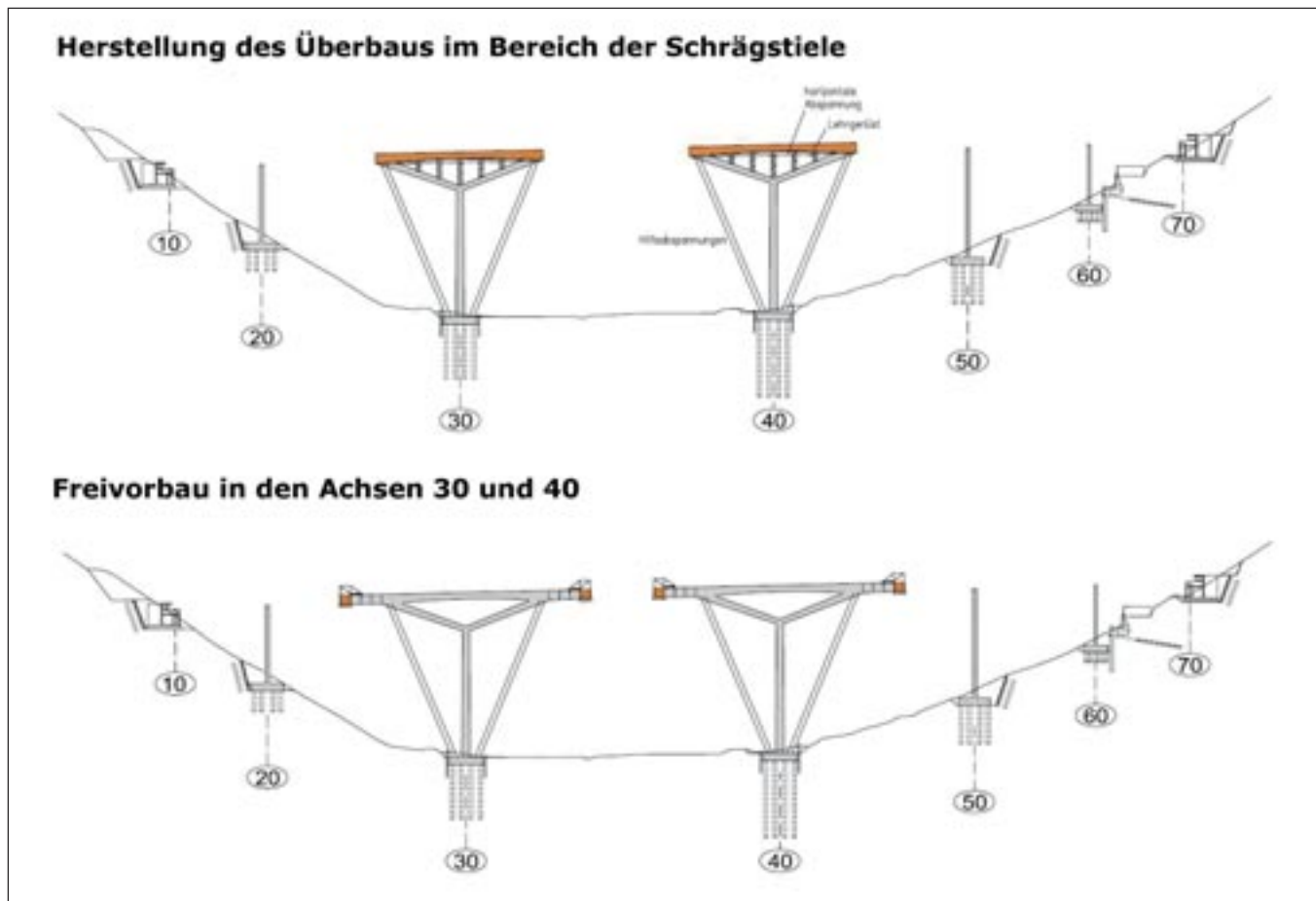
Abb. 12: Variation der Steifigkeiten

lichkeitsnachweise) auch mittlere Kennwerte berücksichtigt werden. Infolge der Schwankungen der Eigenschaften der zu Homogenbereichen zusammengefasten Bodenschichten erbrachten die Gründungsberechnungen untere und obere Grenzwerte für die Gründungssteifigkeiten. Die Kombination oberer und unterer Steifigkeiten ergibt bei sieben Lagerachsen 128 mögliche Kombinationen für das Tragwerk. Zusätzlich schwanken der E-Modul des Betons und die Kriech- und Schwindeigenschaften um die Nennwerte, die üblicherweise der statischen Berechnung zugrunde gelegt werden. Für die Filstalbrücken wurden E-Modul, Kriech- und Schwindbeiwerte der vorgesehenen Betone experimentell vorab ermittelt und mit einer zusätzlichen Variation $\pm$ zehn Prozent in der statischen Berechnung berücksichtigt. Eine vollständige Berechnung und Nachweisführung an 128 Systemen mit unterschiedlichen Steifigkeitskombinationen war nicht möglich und sinnvoll. Deshalb hat der Tragwerksplaner, begleitet von Vergleichsrechnungen des Prüfsingenieurs, zunächst in einer Sensitivitätsstudie die maßgebenden Kombinationen identifiziert. Stufenweise konnte zunächst auf 16 Systeme und für die Genehmigungs- und Ausführungsstatik auf vier statische Systeme (Abb. 12) reduziert werden [7].

4 Herstellung des Bauwerks

4.1 Ursprüngliches planfestgestelltes Herstellkonzept

In der Entwurfsplanung war ein Herstellkonzept festgelegt und wegen des Einflusses auf die Schutzziele für Umwelt und Anwohner mit der Planfeststellung festgeschrieben worden. Das Konzept sah die Herstellung der Pfeiler im Kletterverfahren vor und anschließend die Er-



Grafik: DB Netz AG

Abb. 13: Wesentliche Phasen der ursprünglich geplanten Herstellung gemäß Planfeststellung

stellung der Schrägstreben der Hauptpfeiler im Freivorbau mit gegenseitiger temporärer Abspannung und Hilfspylon. Nach der Fertigung der Y-Pfeiler sollten diese gegen den Fußpunkt abgespannt und der Überbaubereich oberhalb der Pfeiler mit einem Traggerüst, das sich auf die Schrägstreben abstützt, hergestellt werden (Abb. 13); danach sollten die Überbauabschnitte beidseits der Hauptpfeiler und der weiteren Pfeiler im Freivorbau erzeugt und schließlich der Restüberbau in den Hangbereichen auf bodengestützten Traggerüsten ergänzt werden.

4.2 Geändertes Herstellkonzept

Der Bauvertrag wurde auf Basis einer funktionalen Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm geschlossen [5]. Auf Vorschlag der ausführenden Bau-ARGE wurde indes ein geändertes Herstellverfahren be-

auftrag, dessen Kern die Herstellung des Überbaus mit einer Vorschubrüstung auf den Betonstützen war. Sie sollten mit bodengestützten Hilfsstützen und weiteren, auf die Knotenpunkte der Y-Stützen aufgesetzte Hilfsstützen zu einem annähernd regelmäßigen Stützenraster ergänzt werden (Abb. 14). Die bodengestützten Stahlfachwerkstützen wurden einem Baukastensystem aus Stahlrohren der Firma Sarens entnommen, das unter anderem auch schon für den Bau des wesentlich höheren *Viaducts de Millau* in Frankreich eingesetzt worden war. Für den Kopf wurden Schweißkonstruktionen entwickelt, die speziell an die Geometrie der Filstalbrücken angepasst wurden. Für die Hilfsstützen auf den Y-Pfeilern zu ihrer Verlängerung bis zur Unterkante des Überbaus, wurden ebenfalls individuell geplante und gefertigte, geschweißte Stahlkonstruktionen eingesetzt. Die Schrägstreben der Y-Stützen wurden nachträglich ergänzt.

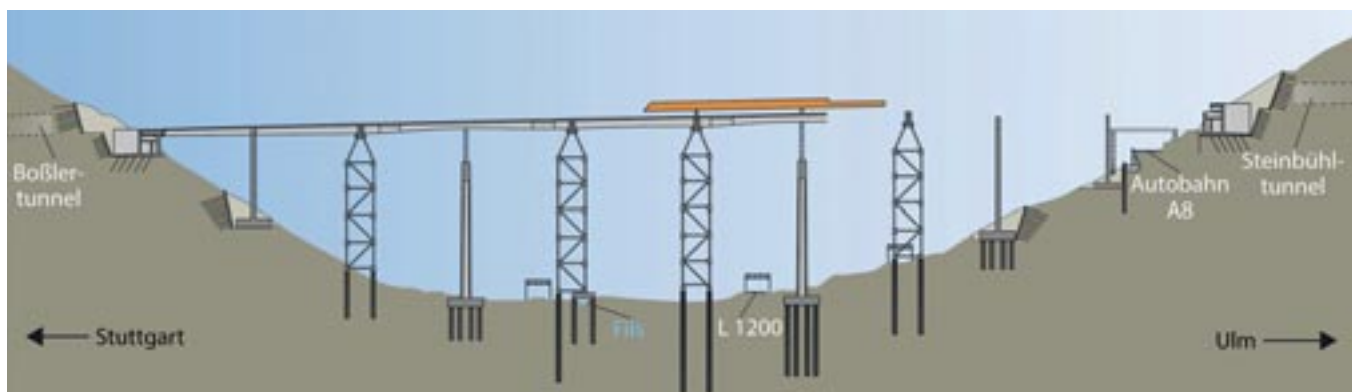


Abb. 14: Geändertes Herstellkonzept / aus [7]



Abb. 15: Vorschubrüstung zur Herstellung der Überbauten

Der Vorteil dieses Verfahrens im Vergleich mit dem Herstellkonzept des Entwurfs war – neben der durchgehenden Entstehung des Überbaus mit einer Vorschubrüstung – die größere Stabilität des Tragwerks in den Zwischenbauzuständen, die der erhöhten Steifigkeit durch die Stahlfachwerkhilfsstützen zu verdanken ist.

Die Gründung der Fachwerkhilfsstützen ging allerdings mit einer erhöhten Flächeninanspruchnahme im Tal einher, weswegen eine Änderung der Planfeststellung notwendig wurde [8]. Dazu war zunächst mit einer vorgezogenen Statik die Machbarkeit der geänderten Herstellung hinsichtlich der Auswirkungen auf die resultierenden Beanspruchungen und der Nachweisbarkeit der Querschnitte des integralen Tragwerks erforderlich, die ebenfalls durch den Prüfenieur zu begleiten war.

Für die Herstellung der Überbauten kam eine Vorschubrüstung mit oben liegendem Vollwandträger, fachwerkartigen Querträgern und aufklappbaren Schalungspaneele des Herstellers *Structuras AS* aus Norwegen zum Einsatz. Die Vorschubrüstung (Abb. 15) stützt sich hinten mit seitlich am Vollwandträger angeschraubten Füßen auf dem Kragarm des jeweils zurückliegenden Bauabschnitts und vorne über einen Verschluss auf dem jeweils nächsten Betonpfeiler, beziehungsweise auf der nächsten Stahlfachwerkhilfsstütze ab. Die Dimensionen der Vorschubrüstung mit circa 800 Tonnen Gesamtgewicht, ungefähr 10.000 Schrauben und einer Montagedauer von vier Monaten sind beeindruckend. Die Vorschubrüstung war zuvor schon bei verschiedenen anderen Bauvorhaben im Einsatz und wurde für die Filstalbrücken mit dem vergleichsweise schmalen und hohen eingleisigen Überbau durch angepasste Querträger und neu gefertigte Schalungspaneele angepasst.

Die Prüfung der Vorschubrüstung und aller weiteren Baubehelfe für den Bau der Brücke, wie zum Beispiel der Hilfsstützen, der abgehängten Schalungskonstruktionen und der bodengestützten Traggerüste an den Brückenenden, waren mit den herzustellenden Brückenbauwerken an den selben Prüfenieur beauftragt, da hier umfangreiche Interaktionen zwischen Baubehelfen und Betontragwerk während der Herstellung zu berücksichtigen waren. Vorteilhaft für die Prüfung der Vorschubrüstung selbst und der Interaktion mit dem Betonüberbau in den Vorbauzuständen war, dass dem Prüfenieur die Vorschubrü-

tung in ihrer Konstruktion und Wirkungsweise bereits bekannt war, da in seinem Büro die Ausführungsplanung für die Strelasundquerung erstellt worden war, bei der diese Vorschubrüstung erstmals angewendet worden ist.

Die beiden Überbauten wurden jeweils in zehn Bauabschnitten mit circa 45 bis 50 Metern Länge hergestellt. Jeder Überbauabschnitt wurde wiederum in zwei Abschnitten betoniert (1: Bodenplatte und Stege, 2: Fahrbahnplatte). Wegen der veränderlichen Bauhöhe des Überbaus infolge der gevouteten Unterkante und der mit dem Überbau hergestellten Ansätze der später ergänzten Schrägstreben war ein auf dem Boden der aufklappbaren Schalungspaneele aufgeständerter zusätzlicher Schalboden erforderlich, der für jeden Bauabschnitt ein-, aus- und umgebaut werden musste. Daraus und wegen der beschränkten Zugänglichkeit der Schalung wegen des oben liegenden Tragwerks, für den Einbau des Schalbodens, der Bewehrung und der Innenschalung ergab sich eine relativ lange Taktdauer von sechs Wochen je Bauabschnitt.

4.3 Herstellung der Schrägstreben

Die Schrägstreben wurden nach der Errichtung des Überbaus abschnittsweise mit einer vom Überbau abgehängten Schalungskonstruktion hergestellt (Abb. 16). Diese bestand je Schrägstrebe aus einer zweiteiligen geschweißten Trägerrostkonstruktion aus Stahlwalzprofilen mit aufgesetzter Schalung, mit Arbeitsflächen und Schutzwänden; sie war circa 33 Meter lang und 135 Tonnen schwer. Das Aufziehen der in der Werkstatt vorgefertigten und am Boden vor Ort komplettierten Konstruktion erfolgte mit Litzenhebern vom Überbau aus. Die Abhängung für die Herstellung der Betonbauteile erfolgte dann mit im Abstand von einem Meter angeordneten Gewindestäben. Die zweiteiligen Paneele waren in Querrichtung an den Betonpfeiler angespannt, um die Querbelastung aus Wind aufnehmen zu können, und sie besaßen in Längsrichtung verschiebbliche Gelenke, um ein „Atmen“ zur Aufnahme von Längenänderungen infolge Temperaturänderung aufnehmen beziehungsweise den Temperaturzwang begrenzen zu können. Die Schrägstreben wurden in Bauabschnitten (BA) mit der Reihenfolge Vollquerschnitt unten (BA1), Hohlquerschnitt oben (BA2/3), Unterbetonage unter den Überbau mit selbstverdichtendem Beton (BA 4) und Lückenschluss (BA5) hergestellt (Abb. 16).

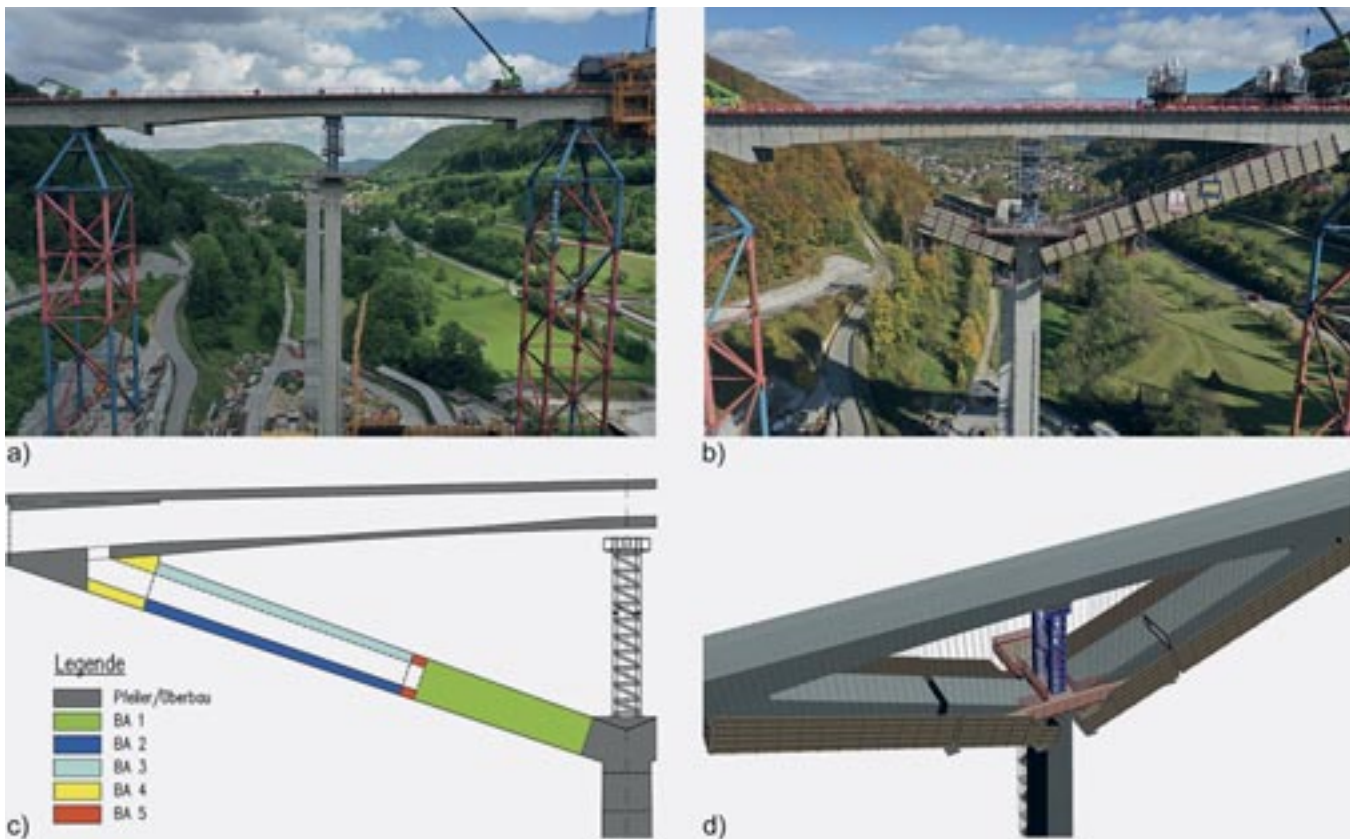


Abb. 16: Herstellung der Schrägstreben / aus [6]



Abb. 17: Unterbetonage der Schrägstrebenanschlüsse mit selbstverdichtendem Beton

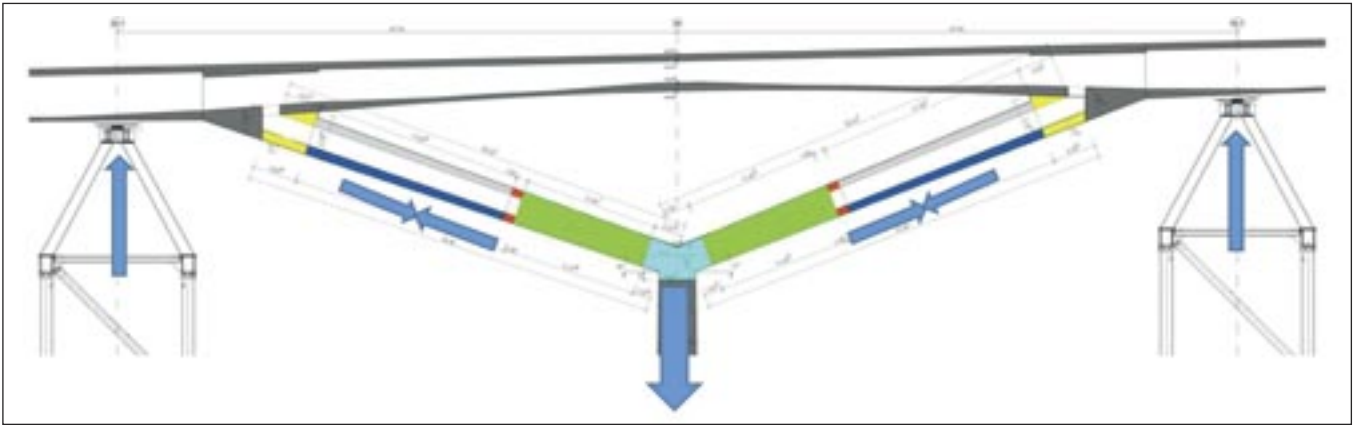


Abb. 18: Kraftfluss nach Anschluss der Schrägstreben / Ursprungsgrafik aus [9]

4.4 Unterbetonage mit selbstverdichtendem Beton

Der obere Anschluss der Schrägstreben an den Überbau wurde durch Unterbetonage mit einem selbstverdichtenden Beton (SVB) hergestellt. Die Betonage erfolgte durch den Überbau, lagenweise über mehrere Einfüllrohre gleichzeitig (Abb. 17). Die obere Anschlussfuge war profiliert und geneigt ausgeführt, sodass einerseits ein Fließen des Betons, von innen nach außen, verbunden mit einer entsprechenden Entlüftung, möglich war, und andererseits eine definierte Kraftübertragung über die Profilierung im Endzustand ermöglicht wurde. Der Betoneinbau konnte durch Spionöffnungen in der Außenschalung, die seitlichen Absperrschieber und im Inneren des im Endzustand zugänglichen Knotenbereichs angebrachte Plexiglasschalelemente überwacht werden. Zusätzlich waren Verpressschläuche vorhanden, mit denen die Fuge nach dem Erhärten planmäßig verpresst werden konnte. Der vorgesehene Beton mit seinen Eigenschaften, der Einbau und das Verpressen wurden vorher an Versuchskörpern erprobt.

Selbstverdichtender Beton ist im Eisenbahnbau ein unregelmäßiger Baustoff. Für die Einbautechnologie sind zudem keine anerkannten Regeln der Technik vorhanden. Deshalb wurden sowohl für die Verwendbarkeit des Baustoffs als auch für den Einbau eine UiG und eine ZiE erforderlich. Der Einbau und das Verpressen wurden durch einen Sachverständigen der Baufirma, einen Gutachter der DB AG und den zuständigen Prüfingenieur überwacht.

4.5 Lückenschluss der Schrägstiele und Umlastung

Die Überbauten lagen nach der Herstellung mit dem Vorschubgerüst zunächst auf den Stahlfachwerkstützen neben den Y-Pfeilern auf. Mit dem monolithischen Anschluss der Schrägstreben an den Überbau führen Längungen aus Temperaturveränderungen der Hilfsstützen zu großem Zwang in den Schrägstreben und im Überbau (Abb. 18). Deshalb wurde der Lückenschluss mit einer Breite von $b = 1,0$ Meter als letzter Bauabschnitt der Schrägstreben hergestellt (Abb. 19). Dies war auch hinsichtlich der Begrenzung der Verformungen der Schrägstreben aus Kriechen und Schwinden des Betons günstig, da der Beton des überwiegenden Teils der Schrägstreben zum Zeitpunkt der Lastumlagerung bereits mehrere Wochen alt war. Durch Druckstücke aus Stahl in der Fuge konnte frühzeitig umgelastet werden, ohne die hochgradig statisch unbestimmte Lagerungssituation mit Hilfsstützen und angeschlossenen Schrägstreben bis zum vollständigen Erhärten des Lückenschlusses aufrecht erhalten zu müssen. Die Betonage des Lückenschlusses erfolgte am Abend auf beiden Pfeilerseiten gleichzeitig, sodass sich günstige Verhältnisse mit nur kleinen Temperaturänderungen und symmetrische Kraftverhältnisse ergaben. Die frühzeitige Druckvorspannung der Schrägstreben erfolgte durch Teilabsenken des Überbaus an den Hilfsstützen. Der Überbau lag während der Herstellung auf



Abb. 19: Lückenschluss der Schrägstreben



Abb. 20: Absenkvorrichtung an den Hilfsstützen mit Hydraulikpressen und Elastomerlagern

Elastomerlagern und Stapelplattenpaketen (Abb. 20). Für den Lückenschluss wurden Hydraulikpressen aktiviert. Damit bestand die Möglichkeit eines Längenausgleichs der Hilfsstützen bei Temperaturänderung während des Erhärtens des Lückenschlusses. Für das anschließende kontrollierte Ablassen mit Hydraulikpressen und Stapelplattenpaketen wurden im Zuge der Tragwerksplanung strikte zeitliche und statische Vorgaben erarbeitet, die wegen der Standsicherheitsrelevanz in den Bauzuständen auch vom Prüfenieur zu prüfen waren. Die Lastumlagerung in den Achsen der Y-Pfeiler erfolgte schrittweise im Wechsel zwischen den Pfeilern unter gleichzeitiger Kontrolle der Kräfte, der Wege und des Erhärtungsfortschritts. Das Freisetzen erfolgte innerhalb von circa 18 Stunden mit ungefähr 13 Zentimeter Absenkweg.

5 Rahmenartige Verbindung zwischen Pfeiler, Schrägstreben und Überbau

5.1 Konstruktion der Y-Knoten

Die Schrägstreben der Y-Pfeiler sind sehr flach geneigt. Damit führen die Vertikallasten aus dem Überbau zu hohen Normalkräften, Verkürzungen der Bauteile aus Temperaturänderung, Schwinden und Krie-

chen des Betons zu hohen Zwangbeanspruchungen, und schließlich „wanderte“ auch noch ein erheblicher Anteil der erst nach Anschluss der Schrägstreben aufgetragenen Restvorspannung des Überbaus in die flachen Streben. Daraus ergaben sich in den Streben Normalkräfte von bis zu 180 Meganewton im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Die Schrägstreben sind biegesteif an den Überbau und an die Pfeilerschäfte angeschlossen. Asymmetrische Belastungen auf dem Überbau, bezogen auf den Pfeilerschaft, führen zu Verdrehungen des steifen Strebendreiecks um die biegeweichen Pfeilerschäfte. Damit erhält der Y-Knoten zwischen Streben und Pfeilerschaft sehr hohe Normalkräfte und gleichzeitig große Biegebeanspruchungen.

Aus der Bemessung mit Hilfe von Fachwerkmodellen ergab sich eine hohe Bewehrungsdichte mit sieben Bewehrungslagen $d_s = 32$ Millimeter oben und fünf Lagen $d_s = 32$ Millimeter und Abstand $a = 15$ Zentimeter im Schrägstrebenanschluss unten. Der Y-Knoten wurde nach dem Klettern der Pfeilerschäfte mit einer eigenen Schal- und Arbeitsbühnenkonstruktion, die Anschlussbewehrung für die Streben mit Schraubmuffen an den Enden hergestellt. Wegen des Platzbedarfs der Schraubmuffen beziehungsweise der Zugänglichkeit beim Anschließen mussten die Bewehrungslagen in der Länge gestaffelt werden und kragten bis zu fünf

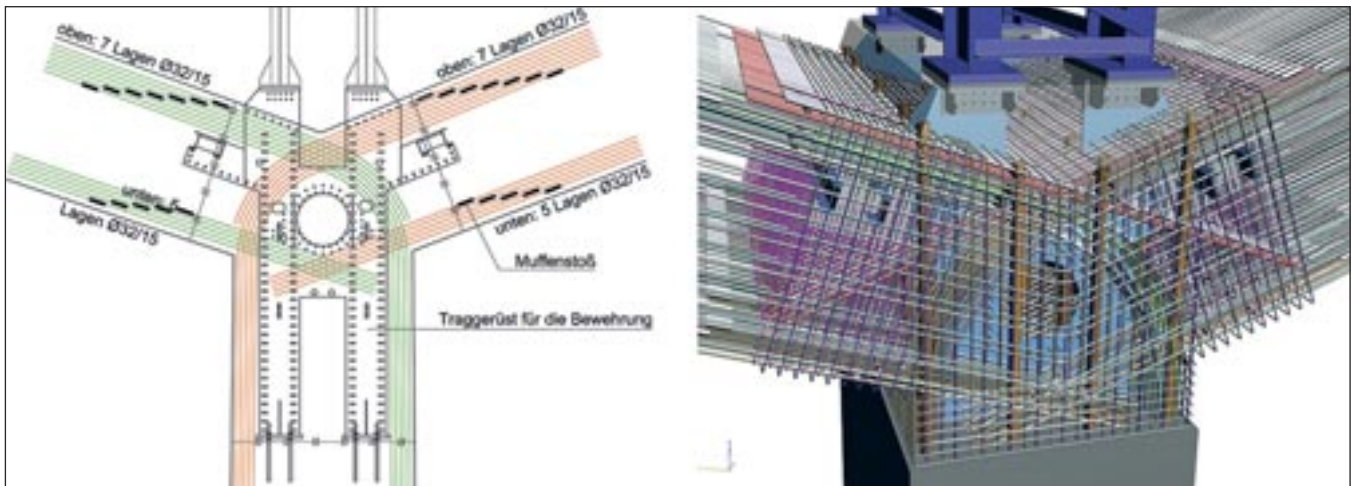


Abb. 21: Bewehrung im Y-Knoten mit integriertem Bewehrungsgerüst / aus [6]

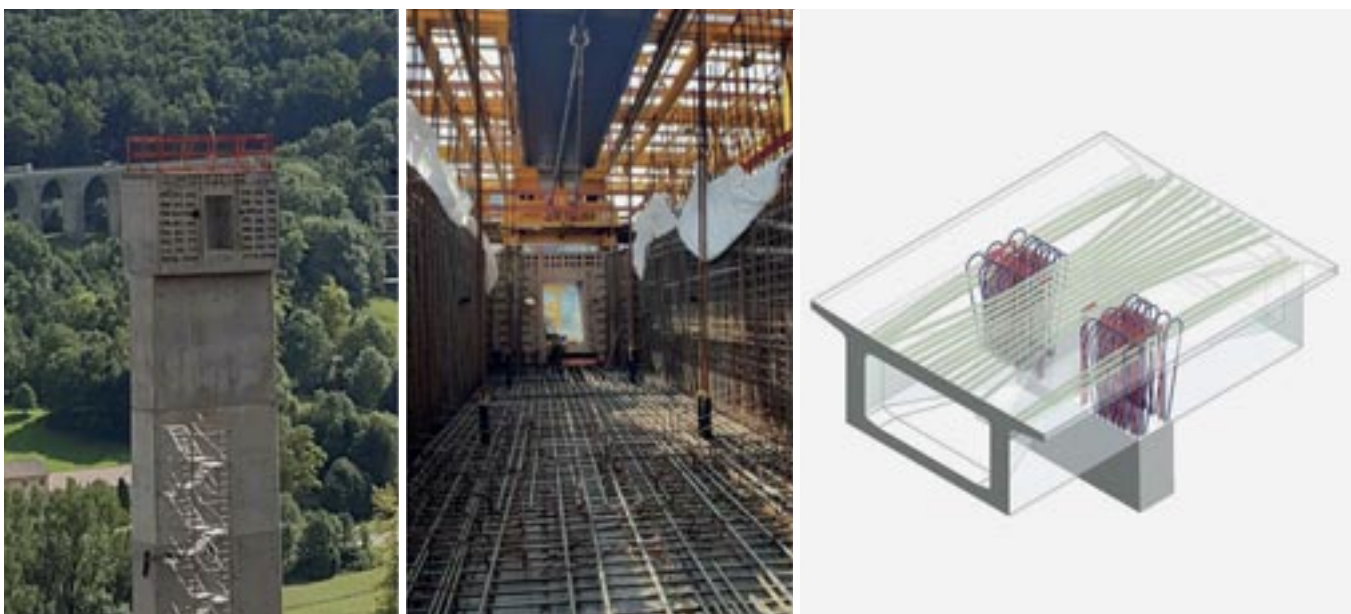


Abb. 22: Hammerkopf der Massivpfeiler und Integration in den Überbau / Grafik aus [6]

Meter über den Knotenbereich aus. Die Knoten enthalten mit der fachwerkartig ausgebildeten Hauptbewehrung und der sonstigen erforderlichen Bewehrung circa 100 Tonnen Bewehrungsstahl beziehungsweise 235 Kilogramm pro Kubikmeter Beton je Knoten. Für den Einbau der Bewehrung und der Lagesicherung zum Betonieren wurde eine geschweißte, einbetonierte Stahlkonstruktion erforderlich (Abb. 21). Die oberen Kopfpunkte dieses einbetonierten Bewehrungsgerüsts dienten zusätzlich der Verankerung der Stahlfachwerkstützen, die als Hilfsstützen zur Auflagerung des Überbaus auf den Y-Knoten aufgesetzt wurden.

5.2 Monolithische Knoten in den Achsen mit einteiligen Vollstützen

In den übrigen Achsen ohne y-förmige Ausbildung der Stützen binden diese monolithisch in den Überbau ein. Die Stützen wurden mit einer Kletterschalung inklusive des sogenannten Hammerkopfs hergestellt, der später den Querträger des Überbaukastens im Anschlussbereich bildete und bei der Herstellung des Überbaus von der Vorschubrüstung umfasst und mit einbetoniert wurde (Abb. 22). Der Anschluss des Hammerkopfs beziehungsweise des Querträgers an die im Anschlussbereich stark verbreiterten Stege des Überbaukastens erfolgte durch Profilierung der Fuge und Anspannen des Überbaus mit den durch den Hammerkopf durchgefädelten Längsspanngliedern. Auch bei diesen Knoten sind neben den Querkraften auch Biegemomente aus der Rahmenwirkung zu übertragen. Dafür musste die Bewehrung hier ebenfalls fachwerkartig ausgeführt werden. Da ein Abbiegen und Verschränken der Rahmeneckbewehrung gegeneinander bei den gedungenen Betonabmessungen nicht möglich war, wurde die Anschlussbewehrung in Form von vertikalen Schlaufen ausgeführt, die in den Zuggurt des Überbaus eingreifen.

6 Lagerungssystem der Brücke

6.1 Lagerung der Brückenenden vertikal und quer

Der aus dem Überbau und den schlanken Pfeilern gebildete Rahmen ist in Querrichtung relativ „weich“. Dadurch weicht das Bauwerk unter Wind in Querrichtung stark aus, und die Überbau-Enden verdrehen sich um die Längsachse. Das Lagerkonzept des Entwurfs und der Planfeststellung sahen zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit eine Einspannung des Überbaus um die Längsachse vor. Da die Auflagerlast am Brückenende mit der kleinen Spreizung infolge des schmalen Kastens nicht ausreichte, um ein Abheben der inneren Lager zu vermeiden, waren Kalottengleitlager mit einer sogenannten Federkalotte an den Endquerträgern unten und hydraulisch nachstellbare Punktgleitlager oben vorgesehen. Für den Abtrag der Querlasten und für die Be-

grenzung des lateralen Versatzes zwischen Überbau und Widerlager sind Führungslager in der Überbauachse vorhanden. Für die grundsätzliche Anwendung des Lagerungssystems, das inklusive der vorgesehenen Bauteile von den Regeln der Richtlinie der DB AG für Bau, Planung und Instandhaltung von Eisenbahnbrücken (und sonstigen Ingenieurbauwerken – RIL 804) abweicht, waren UiGs und ZiEs auf Basis der Entwurfsplanung mit der Planfeststellung erteilt worden; produktspezifische UiGs und ZiEs für die Verwendung der Lager waren mit der Ausführungsplanung noch einzuholen.

6.2 Längskraftabtrag des Überbaus

Der Entwurf und die Planfeststellung sahen die Anordnung von horizontal liegenden, sogenannten Hydrobremsdämpfern (HBD) zwischen beiden Überbau-Enden und den angrenzenden Widerlagern vor (Abb. 23, links). Die Blockiergeschwindigkeit sollte circa einen Millimeter pro Sekunde betragen und die Verformung unter Maximallast sollte auf ungefähr zwei bis drei Millimeter begrenzt werden.

Die Hydrobremsdämpfer übertragen nur Druckkräfte, daher waren vier von ihnen je Brückenende erforderlich. Die Auswechselung jeweils eines Hydrobremsdämpfers musste ohne Unterbrechung des Bahnbetriebs möglich sein, sodass in diesem Wartungsfall die Längskraft durch die verbliebenen drei Hydrobremsdämpfer aufgenommen werden musste. Für dieses nicht geregelte Lagerungssystem lagen ebenfalls UiG und ZiE auf Basis der Entwurfsplanung mit der Planfeststellung vor und produktspezifische UiG und ZiE zur Verwendung der Hydrobremsdämpfer waren mit der Ausführungsplanung noch einzuholen.

Die Wirkungsweise der hydraulischen Hydrobremsdämpfer erlauben langsame Bewegungen der Überbau-Enden gegen das Widerlager ohne wesentlichen Widerstand (Abb. 23, rechts). Der Verformungsruehpunkt für solche aus Temperaturänderung und Schwinden und Kriechen des Betons resultierende Bewegungen liegt etwa in der Mitte des Hauptfeldes. Der Abtrag von Zwangkräften im Rahmen erfolgt über die Pfeiler. Bei schnellen Bewegungen oberhalb der Blockiergeschwindigkeit, insbesondere aus Bremsen des Zuges, werden Längskräfte im Überbau hingegen am druckbeanspruchten Überbau-Ende über die Hydrobremsdämpfer in das Widerlager übertragen, das wiederum die Kräfte in den anstehenden Fels unterhalb des Tunnelmunds abträgt.

Bei einer Überfahrt des Zuges kommt es durch die oben erläuterte Verdrehung der Strebendreiecke an den Y-Pfeilern bei asymmetrischer Belastung auch zu einer Längsverschiebung des Überbaus. Aufgrund der hohen Überfahrgeschwindigkeit und der daraus resultierenden Längs-

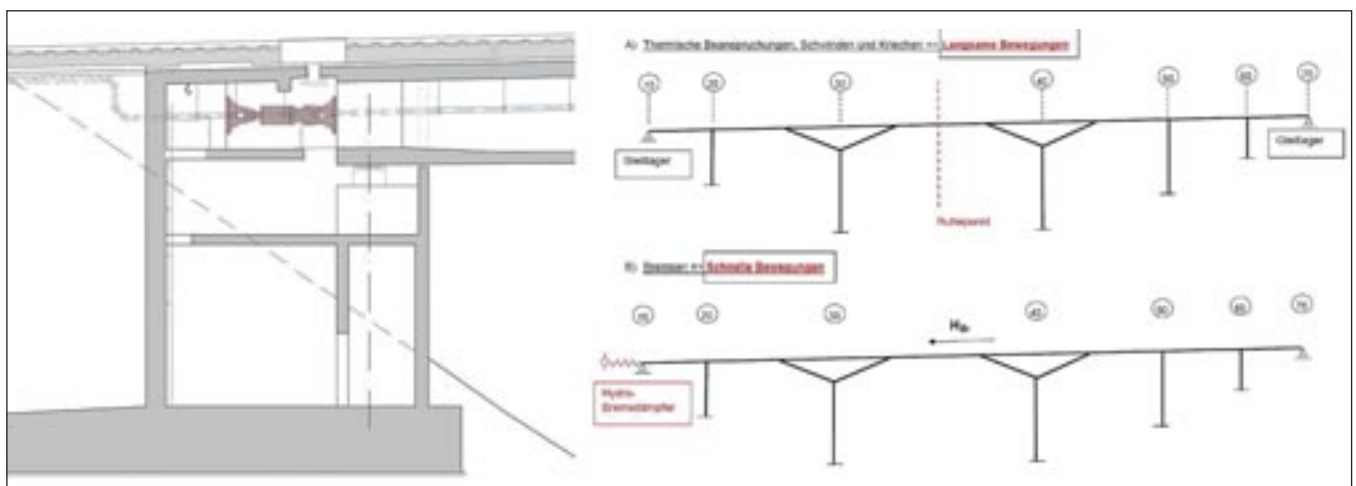


Abb. 23: Anordnung der Hydrobremsdämpfer am Widerlager und Wirkweise Festpunkt

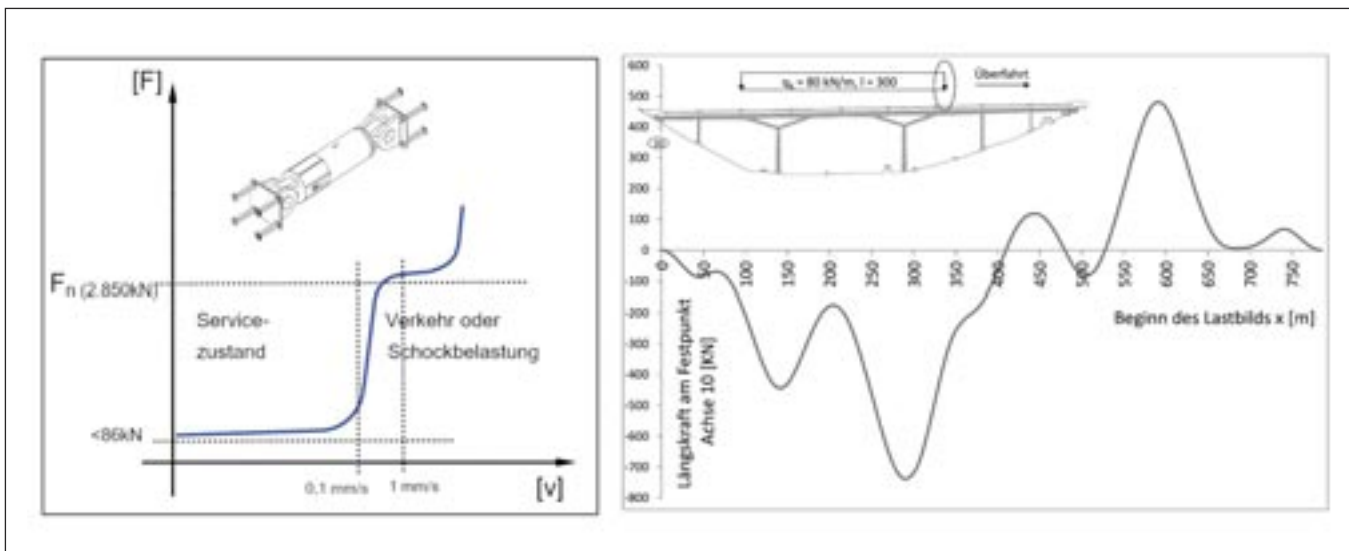


Abb. 24: Wirkweise Hydrobremsdämpfer und Normalkraftverlauf bei Überfahrt Bemessungslastbild

verschiebegeschwindigkeit war es nicht auszuschließen, dass die Hydrobremsdämpfer bei jeder Zugüberfahrt eine Belastung bekommen (Abb. 24).

Im Zuge des Prozesses zur Erlangung der produktspezifischen UiG und ZiE kam es zu Schwierigkeiten bei der Auslegung und den Nachweisen der Bauteile. Zusätzlich wurden seitens des Bauherren Risiken hinsichtlich des Überwachungs- und Wartungsaufwands und damit verbundener möglicher betrieblicher Einschränkungen mit hohem wirtschaftlichem Schaden gesehen. Infolgedessen fiel zu einem Zeitpunkt nach Baubeginn die Entscheidung für eine Systemänderung und Anpassung der bereits hergestellten Bauteile beziehungsweise der Nachweise [5].

6.3 Geänderte Längskraftabtragung mit Festpunkt in Achse 10

Die Längskraftabtragung erfolgt nunmehr durch Verbindung des Überbau-Endes in Achse 10 (Seite Boßlertunnel) mit dem Widerlager mittels einer sogenannten Federlamelle (Abb. 25). Diese Federlamelle besteht aus zwei verschränkt verschweißten Stahlblechen der Güte S 460 mit $d = 70$ Millimeter Dicke. Die Lasteintragung erfolgt über an beiden Enden angeschweißte Kopfplatten und den Anschluss an Betonblöcke im Überbau und im Widerlager mittels verbundloser vorgespannter Spannstäbe der Güte St 950/1050. Die Breite der verschränkten Stahlbleche nimmt jeweils von den Kopfplatten zum gegenüberliegenden Ende hin ab. Die Konstruktion ist damit biegeweich gegen Verdrehungen des Überbau-Endes sowohl um die Hochachse als auch um die Querachse. Eine übliche Zungenplatte aus Beton [10] wäre insbeson-

dere für die Verdrehungen um die Hochachse zu steif und damit nicht geeignet. Das Gesamtgewicht des Stahlbauteils beträgt circa 6,5 Tonnen bei ungefähr fünf Metern Länge. Für das Einbringen und einen später gegebenenfalls notwendigen Austausch oder eine Nachstellung war die Entwicklung eines Einbring-, Nachstell- und Wechselkonzepts erforderlich, das auch konstruktive Maßnahmen wie zum Beispiel einen Zugang in das Widerlager, einen Montagewagen, einen öffenbaren Schraubenstoß mit vorgespannten M56 und Futterplatten im Schraubenstoß beinhaltet.

Die bautechnische Prüfung dieses speziellen Bauteils erforderte die Einbindung von Prüfsachverständigen für Stahlbau und Schweißtechnik auf Prüferseite. Für die notwendigen UiG und ZiE waren darüber hinaus Gutachter auf der Hersteller- und Bauherrenseite und von Seiten des Eisenbahn-Bundesamt erforderlich. Das Verhalten der Federlamelle insbesondere auch hinsichtlich Ermüdung wurde in aufwendigen numerischen Simulationen untersucht.

Die Federlamelle überträgt, anders als die ursprünglich vorgesehenen Hydrobremsdämpfer, sowohl Druck- als auch Zugkräfte vom Überbau in das Widerlager. Die Bemessungslast beträgt circa 25 Meganewton und enthält Anteile aus schnellen Beanspruchungen (Bremsen) und auch aus langsam wirkenden Zwangkräften infolge Temperaturänderung und Schwinden und Kriechen des Betons. Zum Abtrag der Kräfte in den Baugrund wurde eine Rückspannung des Widerlagers gegen den Fels mit je 21 Litzenankern (12 Litzen, 140 Quadratmillimeter,

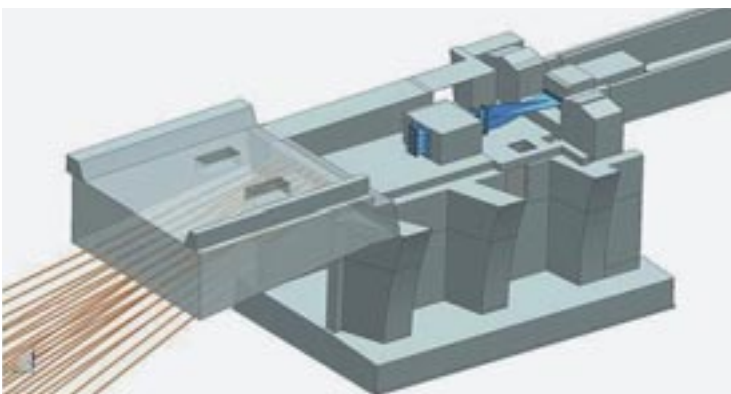


Abb. 25: Federlamelle zur Längskraftabtragung am Festpunkt Achse 10 / aus [6]

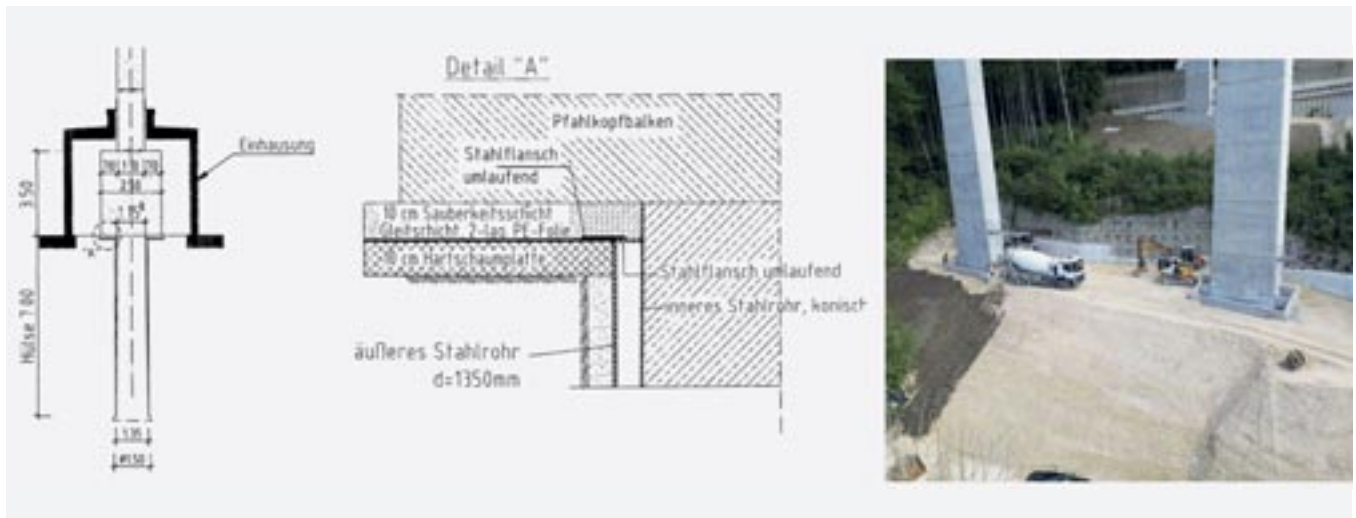


Abb. 26: Hülsenpfahlgründung in Achse 60 / aus [7]

St 1660/1860, $l = 24$ bis 34 Meter) und eine Betondruckplatte erforderlich, die die Kräfte unterhalb und neben dem Tunnelmund in den Fels einleitet.

Mit der Verlegung des Längsfestpunkts von der Mitte des Bauwerks zwischen den Hauptpfeilern zu einem Ende des Bauwerks ergaben sich wesentliche Folgen für die Beanspruchung des Tragwerks. Die Verschiebungen des abliegenden Überbau-Endes verdoppeln sich in etwa, verbunden mit einer entsprechend höheren Beanspruchung der abliegenden, biegesteif an den Überbau angeschlossenen Pfeiler und der Anschlusspunkte [7].

Zum Zeitpunkt der Änderung des Systems 2018 waren circa 60 Prozent der Ausführungsunterlagen bereits erstellt und geprüft und beim rechten Gleis das Festwiderlager A10 zu circa zwei Dritteln und die Pfeiler A20 bis A50 schon errichtet. Die Umstellung des Festpunktes erforderte damit konstruktive Anpassungen der noch zu errichtenden Bauteile und Anpassungen im Nachweiskonzept des Gesamttragwerks. Die Gründung der am weitesten vom Festpunkt entfernten Pfeiler Achse 60 wurde auf eine einreihige Pfahlgründung mit Hülsenpfählen umgestellt (Abb. 26). Die Bohrpfähle (mit $d = 150$ Zentimeter und $l = 25$ Meter) sind in den oberen sieben Metern Höhe durch eine Stahlhülse, bestehend aus einem sich nach oben im Durchmesser verjüngenden inneren Stahlrohr ($d = 1158/1330$ Millimeter) und einem äußeren zylindrischem Stahlrohr ($d = 1350$ Millimeter), vom umgebenden Baugrund getrennt. Damit kann sich die Biegelinie des Pfeilers mit den biegesteif angeschlossenen Pfählen bis unter die Geländeoberkante fortsetzen, und es resultiert eine „weichere“ Reaktion der Bauteile und kleinere Zwangbeanspruchungen im Tragwerk. Die Konstruktion wurde vom Ausführungsplaner bereits zuvor bei der semi-integralen Aurachtalbrücke erfolgreich geplant und ausgeführt [7]; auf die dort gewonnenen Erfahrungen konnte zurückgegriffen werden.

Zusätzlich wurde eine Verschiebung des Überbaus um 45 Millimeter vor Anschluss der Federlamelle, zur Erzielung einer günstigen Vorauslenkung der biegesteif angeschlossenen Pfeiler entgegen der Schwind- und Kriechverkürzung des Überbaus, vorgenommen – siehe [7]. Ferner wurde das Nachweiskonzept angepasst. Die Windbeanspruchung des Tragwerks wurde mit Hilfe eines Windgutachtens genauer ermittelt, und für die Rissbreitenbeschränkung der abliegenden Pfeiler im Bereich der Anschlussstellen an den Überbau wurden an die tatsächliche Exposition angepasste Grenzwerte vereinbart. Für eine weitere Vereinfachung des Tragwerks beziehungsweise für eine Reduktion der über-

wachungs- und wartungsintensiven Bauteile des Tragwerks konnten durch Verbreiterung der Endquerträger des Überbaus die oberen Punktkippgleitlager entfallen.

7 Herausforderungen für die bautechnische Prüfung

Die Herausforderungen für die Prüfung der bautechnischen Unterlagen für dieses besondere Bauwerk ergab sich aus folgenden Punkten:

7.1 Langer Prüfzeitraum mit vollständig geändertem Herstellkonzept und fortentwickelter Konstruktion

Die Prüfung der Entwurfsplanung als Grundlage der *Unternehmens-internen Genehmigung* und der *Zustimmung im Einzelfall* für die semi-integrale Bauweise und für die Planfeststellung erfolgte 2010 bis 2012 in unserem Büro durch den Vorgänger des Autors, Dr. Walter Streit. Die Ausführungsplanung inklusive aller Bauhilfskonstruktionen und Herstellzustände wurde von 2013 bis 2023 vom Autor dieses Beitrages geprüft.

Das Herstellkonzept und damit die Beanspruchung des Tragwerks und die Boden-Bauwerk-Interaktion aus der Herstellung wurden mit der Beauftragung der Bauleistung (wie oben beschrieben) grundlegend geändert. Damit war vor Vergabe und mit Beginn der Ausführungsplanung zunächst einmal die Realisierbarkeit grundsätzlich neu zu klären und damit die Entwurfsprüfung faktisch zu wiederholen.

Für den Beginn der Erstellung der Ausführungsunterlagen wurde, zusammen mit dem Bauherrn und dem Eisenbahn-Bundesamt, das Konzept der „80-Prozent-Statik“ entwickelt: nach erfolgreicher Prüfung der rechnerischen Nachweise für das Tragwerk inklusive aller wesentlichen Bauzustände zu circa 80 Prozent wurde die Machbarkeit vom Prüfingenieur bestätigt, und es konnte mit der Erstellung der Ausführungspläne begonnen werden.

Durch die oben beschriebene Änderung des Konzeptes des Längsabtrages der Kräfte war es erforderlich, parallel zur weiteren Prüfung der Ausführungsunterlagen und des Weiterbaus die Entwicklung der Tragwerksänderungen und der erforderlichen neuartigen Bauteile prüfend zu begleiten – quasi also eine parallele Entwurfsprüfung eines alternativen Konzeptes durchzuführen. Um damit die weitere Bauausführung nicht aufzuhalten und um die Fertigstellung der Strecke nicht zu

gefährden, fanden parallel zur eigentlichen Prüfbearbeitung regelmäßige Planungs- und Prüfabstimmungsrunden zwischen Bauherren, Planern, Bau-ARGE, Prüfern und Bauvorlageberechtigten statt. Über den Stand der Dinge hatte der Prüfer dem Eisenbahn-Bundesamt regelmäßig Bericht zu erstatten.

Nicht zuletzt das konstruktive Miteinander zwischen allen Beteiligten führte dazu, dass die Strecke mit beiden Filstalbrücken planmäßig im Dezember 2022 in Betrieb gehen konnte.

7.2 Prüfumfang

Die gesamte Eisenbahnüberführung des Filstals besteht aus zwei nicht-identischen semi-integralen Bauwerken. Es waren, wie oben beschrieben, wegen Abweichungen von der Regelbauweise und wegen Sonderkonstruktionen ohne Vorhandensein anerkannter Regeln der Technik zahlreiche *Unternehmensinterne Genehmigungen und Zustimmungen im Einzelfall* notwendig. Die zugehörigen bautechnischen Nachweise mussten überwiegend parallel zu Ausführungsplanung geprüft werden. Zusätzlich waren zahlreiche Sensitivitätsstudien zu prüfen, um die Anzahl der untersuchten Systeme und Lastfallkombinationen am Gesamtsystem sowie die Boden-Bauwerks-Interaktion an der Schnittstelle zwischen Gründung und Tragwerk einzugrenzen.

Zur Eisenbahnüberführung gehören neben den beiden Brückenbauwerken auch zahlreiche Nebenbauwerke des Konstruktiven Ingenieur-

baus, wie zum Beispiel die Überfahrbauwerke zwischen den Tunnelmündern in den Widerlagerachsen, die Haubenbauwerke, Betriebsgebäude mit Pumpenanlagen, Steuerzentralen, Löschwasserbecken und Löschwasser- und Regenwasserauffangbecken, die teils auch als Betriebsanlagen der angrenzenden Tunnel dienen. Ferner waren zahlreiche geotechnische Nebenbauwerke zu prüfen, wie zum Beispiel Umverlegungen oder die Neuanlage von Forstwegen, Aufschüttungen als Arbeits- und Bohrplanum, Schwergewichtsstützwände der Forstwege und Rettungszufahrten, Stützbauwerke neben den Widerlagern und eine verankerte Bohrpfahlwand zur Abfangung der oberhalb der Pfeiler Achse 60 kreuzenden Bundesautobahn A8 (Abb. 26). Die Prüfberichte des geotechnischen Prüfers Dr.-Ing. Marc Raithel waren vom Autor mit Mantelprüfberichten zu versehen, in denen unter anderem die Schnittstellenkompatibilität der Planung zu den Bauwerken des Konstruktiven Ingenieurbaus und dessen Prüfung selbst behandelt wurde.

Insgesamt wurden durch den Verfasser und seine Mitarbeiter circa 400 Prüfberichte im System HBD und ungefähr 300 Prüfberichte im geänderten System Festpunkt A10 erstellt.

7.3 Statisch-konstruktive Herausforderungen

Es waren semi-integrale Tragwerke unter Berücksichtigung der Boden-Bauwerks-Interaktion als auch der Interaktion des Bauwerks mit den Bauhilfskonstruktionen bei der Herstellung zu beurteilen. Das sehr schlanke Tragwerk erforderte die Untersuchung des Gesamtsystems

angepaßt am 25.10.2018

59214-592ibi/246: EÜ Filstal Übersicht Abnahme / Überwachung Einvernehmensherstellung v. 16.09.13

Nr.	Bauteil/-zustand	Abnahme	Anzahl	ges.	Abnahme		Überwachung	
					BUB	P/GA	bt. P.	gt. GA
	Gründung							
	Baugrube	Herstellung Spritzbetonvernagelung	1 × je Achse 10, 20, 50, 70 und je Aushubebene	4	x			x
		Aufnahme Trennflächengefüge	1 × je Achse 10, 20, 50, 70 und je Aushubebene	4	x	x		x
	Dauernägel	Zugversuche/Prüfungen Nägel	1 × je Achse 10, 20, 50, 70	4	x	x		x
	Flachgründung	Gründungssohle	1 × je Bohle 10, 20, 60, 70	8	x	x		x
	KPP	Ansprache Bohrgut	1 × je Gründung 30, 40, 50	6	x			x
		Herstellung Pfahl/Bewehrung	1 × je Gründung 30, 40, 50	6	x			x
		Gründungssohle	1 × je Gründung 30, 40, 50	6	x	x		x
		Pfahlkopfplatte/Bewehrung	1 × je Gründung 30, 40, 50	6	x		x	
	Bohrpfahlwand	Bohrpfähle/Bewehrung	1 × Achse 60	1	x		x	x
		Aufnahme Trennflächengefüge			x	x		x
		Daueranker Herstellung/Prüfung	3 × Achse 60	3	x	x		x
	Spundwandkasten	Spundwand	1 × Achse 30, 40	4	x			x
		Aussteifung	1 × Achse 30, 40	4	x		x	
	Hilfsstützen	Bohrpfähle/Bewehrung	1 × Achse 20.1, 30., 30.2, 40.1	8	x			x
	Widerlager	Hinterführung	1 × 1 × Achse 10, 70	2	x			x
	Brücke							
	Pfeiler	Schalung	1 × Achse 20 – 60	14	x		x ¹	–
		Bewehrung	1 × Achse 20 – 60	14	x		x ¹	–
	Wila	Schalung	1 × Achse 10, 70	2?	x		–	–
		Bewehrung	1 × Achse 10, 70	2?	x		–	–
	Überbau	Schalung	1 × BA1 – BA10	20	x		x ¹	–
		Bewehrung	1 × BA1 – BA10	20	x		x ¹	–
	Y-Knoten	Schalung	1 × Achse 30, 40	4	x		x	–
		Bewehrung	1 × Achse 30, 40	4	x		x	

Abb. 27: Festgelegter Überwachungsumfang

59214 10.05.16

statisch nach Theorie II. Ordnung und dynamisch für Zugüberfahrt und Erdbeben. Aufgrund der fehlenden Nachstellbarkeit des Überbaus der semi-integralen Brücke mussten die wahrscheinlichen Bauwerksverformungen möglichst genau bestimmt werden. Die Gleislage konnte lediglich durch ein Toleranzmaß von $\pm$ fünf Zentimetern in der Dicke der Gleistragplatte korrigiert werden. Zahlreiche Zwischenbauzustände waren zu betrachten und die bautechnischen Nachweise für alle Bauhilfskonstruktionen zur Herstellung der Brücken zu prüfen. Herausforderungen waren hier, unter anderen,

- die Fertigung der Vorschubrüstung (VSR) in China, und zwar unter Verwendung chinesischer Stähle, und daraus resultierende Schwierigkeiten mit der Qualitätssicherung und der Konformitätsfeststellung auf Grundlage der DIN EN 1090,
- Beschädigungen infolge des Mehrfacheinsatzes der Stützen- und VSR-Bauteile beziehungsweise,
- die Beurteilung der Sicherstellung der Anforderungen an die Unversehrtheit der Bauteile, ihre Schweißnähte und Verbindungen nach ZTV-ING, Teil 5, Abschnitt 1 und
- die Beurteilung von Kletterschalungen, die als Systemkonstruktion mit Regelbauteilen der Herstellerfirma meist mit sehr ausgeklügelten Rechenprogrammen und typenstatikähnlichen Berechnungen mit Berücksichtigung jeglicher Anschlusskonzentritäten und Anschlusssteifigkeiten gerechnet werden, wobei die Daten der Systemkomponenten aber meist nicht allgemein zugänglich sind.

8 Bauüberwachung durch den Prüfer

Die bautechnische Prüfung wurde 2013 auf der Basis der alten Bauaufsicht durch das Eisenbahn-Bundesamt beauftragt. Mit der Beauftragung erfolgte eine dezidierte bauwerksbezogene Festlegung der Beteiligung des Prüfers an der Abnahme und den Umfang der Überwachung der Herstellung der Bauteile durch den Prüfer (Abb. 27). Der Überwachungsplan wurde während der Herstellphase mit den Erkenntnissen aus der Überwachung fortgeschrieben und die Überwachung bedarfsweise vertieft oder gelockert. Insgesamt ergaben sich circa 110 Überwachungstermine für den Einbau der Betonstahlbewehrung, die Einrichtung der Vorschubrüstung und den Einbau des selbstverdichtenden Betons und ungefähr 100 Termine für die Beteiligung bei der Abnahme der Spannbewehrung, des Vorspannvorgangs und des Verpressvorgangs der Spannglieder.

Herausforderung bei der Überwachung waren die sehr hohen Bewehrungskonzentrationen des sehr schlanken Tragwerks und der hohen Beanspruchungen insbesondere in den fachwerkartig auszubildenden Knotenbereichen zwischen Überbau, Pfeilern und Schrägstreben (Abb. 28). Aus dem schlanken Überbau, den großen Stützweiten und den flachen Schrägstreben resultierte ein hoher Vorspanngrad mit zahlreichen girlandenförmig und gerade im Betonquerschnitt geführten Einzelspanngliedern im nachträglichen Verbund und zahlreichen Spannabschnitten, resultierend aus dem Bauablauf.

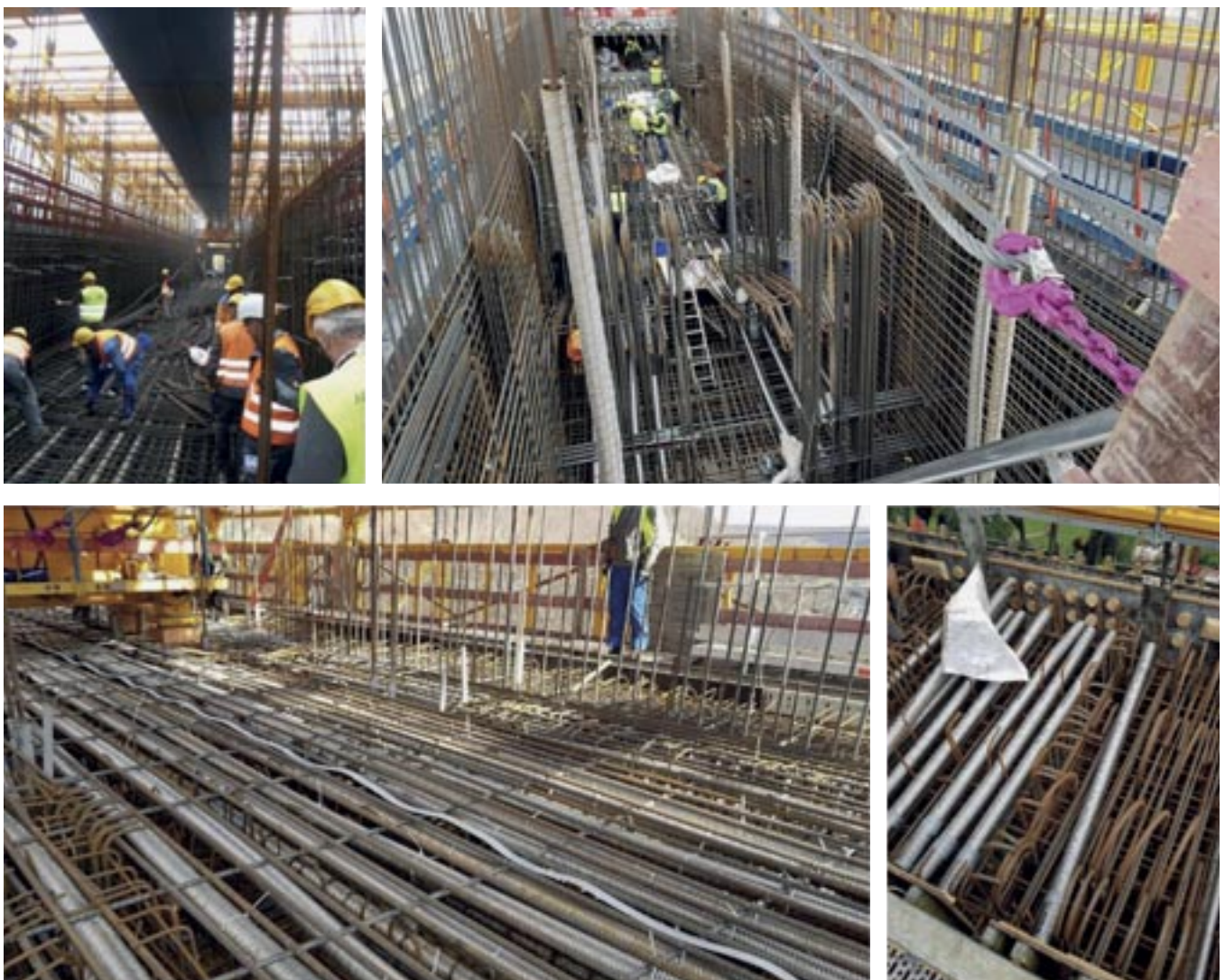


Abb. 28: Einblicke aus der Überwachung und Abnahme – dichte Bewehrung

Durch die Bauüberwachung Bahn mussten Teilabnahmen der komplexen Bewehrung erfolgen. Die Beteiligung des Prüfers an den Abnahmen und die unabhängige, stichprobenartige Überprüfung der Übereinstimmung mit den geprüften Ausführungsplänen waren erforderlich, da eine statische Bewertung der aufgrund der großen Bewehrungs- und Spanngliedichten unvermeidlichen Abweichungen nur durch den Prüfer erfolgen konnte.

Die Überwachung der Vorschubrüstung nach der Einrichtung in jedem neuen Vorbauzustand war erforderlich, da aufgrund des gevouteten Überbauquerschnitts inklusive der Ansatzkonsolen für die Schrägstreben und der variablen Stützweite die Rüstung in jedem Bauabschnitt umgebaut werden musste. Bei der Vorschubrüstung handelt es sich um ein sehr komplexes und variables, anpassbares Gerät mit vielen (gebrauchten) Einzelbauteilen und komplexer Bedienung mit den Hauptschritten: (a) Absenken des Hauptträgers, (b) Ausbau der Hänger, (c) Aufklappen der Schalpaneele, (d) Verfahren der Vorschubrüstung in den nächsten Bauabschnitten, (e) Anklappen der Schalpaneele, (f) Einbau der Hänger und (g) Umbau der Schalung.

Je nach Stützweite mussten auch Paneele entfernt oder (wieder) aufgebaut werden. Daraus resultieren immer wieder mögliche Fehlerquellen, die durch eine Überwachung im Vier- beziehungsweise Sechsenprinzip (mit der Bauüberwachung der Bahn) zu vermeiden waren.

9 Fazit

Die Filstalbrücken stellten aufgrund ihrer sehr schlanken semi-integralen Konstruktion, ihres anspruchsvollen Baugrunds, ihres komplexen Herstellverfahrens und der zahlreichen neuartigen Konstruktionsdetails- und -elemente, für die teils keine anerkannten Regeln der Technik vorhanden und für deren Bauteile erst Verwendbarkeitsnachweise erstellt werden mussten, sehr große Herausforderungen an die Planung und an die bautechnische Prüfung dar. Durch den hohen Einsatz aller Beteiligten und ein stets konstruktives Miteinander konnten schließlich alle Probleme gelöst werden. Der Einsatz hat sich gelohnt, denn es ist ein neues Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst entstanden.

11 Literatur

- [1] Richtlinie 804.9020 Rahmenplanung Talbrücken; DB Netz AG, 2003, Frankfurt am Main
- [2] Schlaich, J.; Fackler, T.; Weißbach, M.; Schmitt, V.; Ommert, C.; Marx, S.; Kröntal, L.: Leitfaden Gestalten von Eisenbahnbrücken, Veröffentlichung im Auftrag des Brückenbaubereichs der DB AG, Hrsg.: DB Netze, Berlin 2008
- [3] Raithel, M.: Anspruchsvolle Gründung (semi-)integraler Brücken – die Filstalbrücke; Vortrag beim 5. Symposium Eisenbahnbrücken und KIB, 22./23. Februar 2018, München
- [4] Boley, C.; Wilfing, L.; Raithel, M.; Zimmerer, M.; Hierl, M.; Zaidman, I.: Geotechnische Herausforderungen bei der Planung der Filstalbrücke als semi-integrales Bauwerk auf der Neubaustrecke Wendlingen-Ulm; Bautechnik 96 (2019), H. 10, S. 773-779
- [5] Müller, J.-R.: Die Filstalbrücke im Zuge der NBS Wendlingen-Ulm – ein herausragendes Bauwerk mit besonderen statisch-konstruktiven Herausforderungen; in: Förderverein Massivbau der TU München e.V. (Hrsg.): Tagungsband zum 23. Münchner Massivbau Seminar, 22.11.2019 an der TU München. München 2019, S. 75-85
- [6] Zaidman, I.; Schumm, M.; Kotz, P.; Steigerwald, T.: Außergewöhnliche Eisenbahnbrücke über das Filstal – Entwurf, Planung und

10 Beteiligte

Bauherr:

DB Netz AG vertreten durch die DB Projektbau Stuttgart-Ulm GmbH;

Entwurf:

Leonhardt, Andrä und Partner, Beratende Ingenieure VBI AG (Stuttgart);

Bauausführung:

ARGE EÜ Filstal, PORR GmbH & Co. KGaA (München), Max Bögl Stiftung & Co KG (Sengenthal);

Ausführungsplanung:

SSF Ingenieure AG (München), SRP Schneider & Partner Ingenieur-Consult GmbH (Kronach), Boley Geotechnik GmbH (München) (Gründung);

Prüfer für bautechnische Nachweise/Prüfsachverständige im Eisenbahnbereich:

Entwurfsplanung: Dr.-Ing. Walter Streit (B+S Prüferingenieure GbR, München), Ausführungsplanung: Dr.-Ing. Andreas Jähring (B+S Prüferingenieure GbR, München),

Geotechnik: Dr.-Ing. Marc Raithel (Kempfert + Raithel Geotechnik GmbH, Würzburg),

Stahlbau Federlamelle: Dipl.-Ing. Jörg Lutzens (Ingenieurbüro Lutzens, München), Schweißtechnik Federlamelle: Dipl.-Ing. Alexander Schmackpfeffer (Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe);

Gutachter:

ZiE semi-integrale Bauweise: Prof. Dr.-Ing. Reinhard Maurer (König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH, Dortmund),

ZiE Geotechnik: Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Kempfert (Kempfert Geotechnik, Hamburg),

ZiE Federlamelle: Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann (Lehrstuhl für Stahlbau und Leichtmetallbau, RWTH Aachen, Aachen);

Sachverständige:

Prof. Dr.-Ing. Christian Sodeikat (Fachgebiet Bauwerksanalyse und Instandsetzung der TU München) mit Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat (München),

Prof. Dr.-Ing. Bernd Hillemeier mit Ingenieurbüro Hillemeier & Knapp (Berlin) (selbstverdichtender Beton),

Prof. Dr.-Ing. Martin Mensinger (Lehrstuhl für Metallbau der TU München) (Federlamelle).

Ausführung des neuen Wahrzeichens von Baden-Württemberg; Bautechnik 99 (2022), H. 4, S. 262–271

- [7] Braun, A.: Die Filstalbrücken im Zuge der NBS Wendlingen–Ulm – Integrale Bauwerke mit besonderen statisch-konstruktiven Herausforderungen; in: Technische Universität Dresden (Hrsg.), Tagungsband zum 31. Dresdner Brückenbausymposium, 7./8. Juni 2022, Dresden 2022, S. 43-54
- [8] DB PSU GmbH: Ausbau- und Neubaustrecke Stuttgart – Augsburg, Bereich Wendlingen – Ulm, Planfeststellungsunterlagen PFA 2.2 „Albauftieg“, 2. Planänderung EÜ Filstal. Anlage 1.3a, Anhang 7: Erläuterungsbericht beantragte Planänderung 2014
- [9] Leger, M.; Müller, J.-R.: Das Bahnprojekt Stuttgart-Ulm – Status quo und die Filstalbrücke im Detail; Vortrag beim 5. Symposium Eisenbahnbrücken und KIB, 22./23. Februar 2018, München
- [10] Fischer, O.; Lingemann, J.; Jähring, A.; Sonnabend, S.: Massivbrücken – Aktuelle Entwicklungen und Beispiele zu Neubau und Bestand; in: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Editors), Betonkalender 2023 Wasserundurchlässiger Beton, Brückenbau; Berlin, Ernst & Sohn 2023

Anwendung und Erfahrungen mit der Nachrechnungsrichtlinie der Hamburger Hafenbehörde für Kaimauern und Uferwände

Ein spezielles Zustandsbewertungsprogramm ermöglicht die konforme Bewertung der Bauwerke und die kurz- bis langfristige Planung der erforderlichen Maßnahmen

In Hamburgs Hafen muss ein vollständiger und reibungsloser Funktionsablauf aller Einrichtungen und Anlagen dieses riesigen Infrastrukturkomplexes jederzeit gewährleistet sein. Zu diesem Zweck wird zur Zeit der Zustand der Uferwände und der Kaimauern im Hafengebiet statisch untersucht. Dafür hat die verantwortliche und zuständige Hafenmanagementbehörde, die Hamburg Port Authority (HPA), ein eigenes Zustandsbewertungsprogramm entwickelt, das drei Phasen umfasst: (1) Bauwerksinspektionen und Bauwerksprüfungen, (2) verschiedene Stufen der Nachrechnung mittels einer speziellen Nachrechnungsrichtlinie und (3) Bewertung der Ergebnisse für daraus abzuleitende Handlungsbedarfe. Eine wichtige Voraussetzung für diese Untersuchungen ist die präzise messtechnische Objekt-Überwachung, für die die HPA auf bewährte Verfahren und modernste Technik setzt. Darüber und über die Art der umfassenden Arbeiten für die Zustandsbewertung sowie über erste Erkenntnisse, die bei der Durchführung dieser Aufgabe gewonnen werden konnten, wird im folgenden Beitrag berichtet.

1 Einführung

Die Hamburg Port Authority (HPA) wurde 2005 als Zusammenschluss unterschiedlicher Behörden und Institutionen gegründet und hat circa 1800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Als Anstalt öffentlichen Rechts (AöR) betreibt sie ein zukunftsorientiertes Hafenmanagement aus einer Hand und nimmt unter anderem auch hoheitliche Aufgaben wahr. Sie ist Eigentümerin der Hafenflächen und in diesem Kontext kompetente Ansprechpartnerin für Fragen der wasser- und landseitigen Infrastruktur, der Sicherheit des Schiffsverkehrs, zu den Hafenbahnanlagen, zum Immobilienmanagement und zu den wirtschaftlichen Bedingungen im Hafen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter planen, bauen und unterhalten die Infrastruktur im Hamburger Hafen. Sie umfasst Straßen, Brücken, Gleise, Schleusen, Sperrwerke, Schiffs Liegeplätze sowie Uferwände und Kaimauern, die alle von der HPA bereitgestellt werden und stets in wettbewerbsfähigem Zustand gehalten werden müssen.



Dipl.-Ing. Frank Feindt

arbeitete nach dem Bauingenieurstudium bei den Baufirmen Ph. Holzmann und Hochtief und leitet heute bei der HPA (AöR) die Statische Prüfstelle Hafen und das Chief Quality Office; Frank Feindt hat zwei Lehraufträge an der TU Hamburg, ist in mehreren Arbeits- und

Normenausschüssen tätig und leitet den Arbeitsausschuss Ufer-einfassungen (EAU) der Hafentechnischen Gesellschaft.



Dr.-Ing. Ilka Jessen

studierte Bauingenieurwesen an der Leibniz Universität Hannover und promovierte an der Technischen Universität Braunschweig; nachdem sie in verschiedenen Ingenieurbüros tätig war, begann Ilka Jessen 2011 bei der HPA (AöR), wo sie heute im Bereich Ingenieurwas-

serbau der Statischen Prüfstelle Hafen tätig ist, die unter anderem bautechnische Prüfungen im Hamburger Hafen durchführt.

Gemeinsam mit ihren Tochtergesellschaften, der Flotte Hamburg GmbH & Co. KG, der Cruise Gate Hamburg GmbH (CGH) und der HPA Polder Hamburg GmbH, setzt die HPA bei der Erfüllung ihrer zumeist anspruchsvollen Aufgaben auf innovative Technik und intelligente Lösungen für ein richtungsweisendes Hafenkonzept mit mehr Sicherheit, Leichtigkeit und Effizienz auf allen Verkehrswegen.

Als Immobilienmanager und Auftraggeber bedeutender infrastruktureller Bauprojekte trägt die HPA zur Gestaltung des Stadtbildes bei und macht den Hafen für die gesamte Wertschöpfungskette zu einem wichtigen volkswirtschaftlichen Motor für das ganze Land.

Das Hafengebiet entspricht einer Fläche von rund 7000 Hektar. Zum Hamburger Hafen gehören:

- 300 Kilometer Gleisanlagen,
- 150 Kilometer öffentliche Straßen,
- 260 Liegeplätze für Seeschiffe,
- knapp 120 Brücken,
- 14 Schleusen oder Sperrwerke,
- drei Kreuzfahrtterminals und
- zwölf Kilometer Strand.

Der Hamburger Hafen ist der größte Seehafen und der drittgrößte Binnenhafen Deutschlands und, nach den Häfen Rotterdam und Antwerpen, der drittgrößte Hafen Europas.

2 Kaimauern im Hamburger Hafen und Kaimauerbauweisen

Im Gebiet des Hamburger Hafens gibt es rund 43 Kilometer Kaimauern. 36 Kilometer werden seit 2016 einer Kaimauerzustandsbewertung unterzogen.

Die im Eigentum der HPA stehenden Kaimauern weisen eine Altersstruktur auf, welche zum Teil bis ins 19. Jahrhundert zurückreicht. Die Konstruktionsart, die Nutzungsart und ihre Beanspruchung durch die Hafenbetriebe variieren stark.

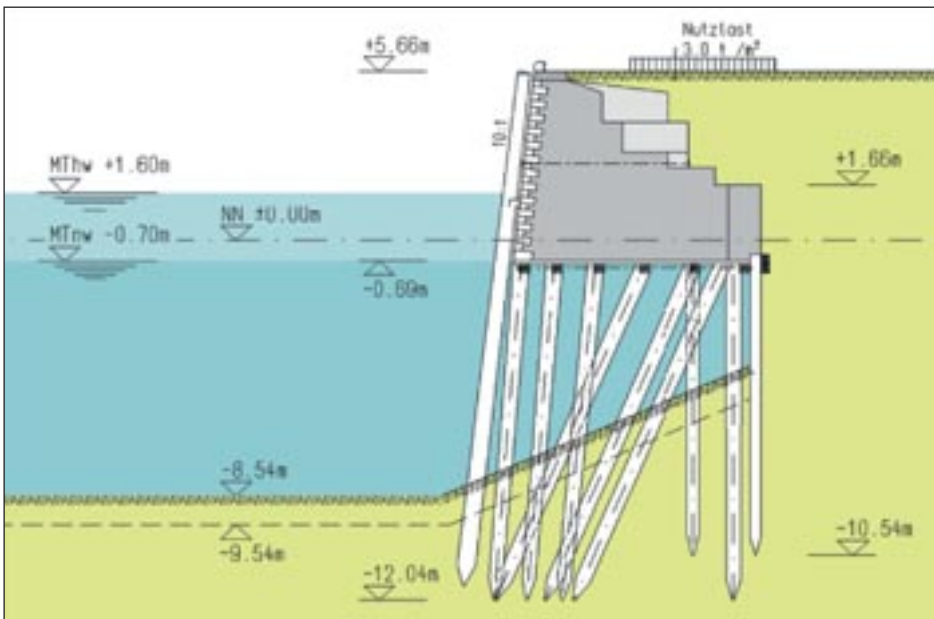


Abb. 1: Anfang des 20. Jahrhundert gebaute Kaimauern im Hamburger Hafen bestehen meistens aus einer auf Holzpfählen gelagerten Schwerkriegtsmauer: Kuhwerder Hafen (1905).

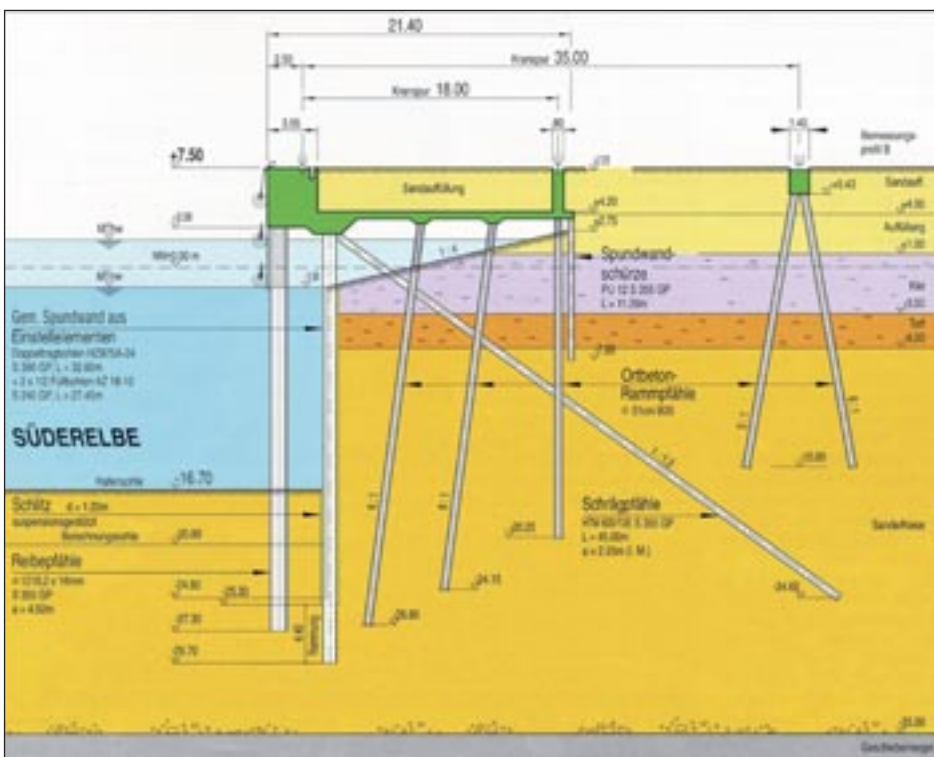


Abb. 2: Neuzeitliche Kaimauer-Konstruktionen aus Stahlspundwänden mit Stahlbetonüberbau sind in der Regel rückverankert, und der massive Überbau verfügt über eine zusätzliche Tiefgründung: Altenwerder (2003).

Im Laufe der Zeit haben sich typische Kaimauerquerschnitte im Hamburger Hafen etabliert. Kaimauern, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts gebaut worden sind, bestehen in der Regel aus einer auf Holzpfählen gelagerten Schwergewichtsmauer (**Abb. 1**). Später haben sich Konstruktionen aus Stahlspundwänden mit einem Stahlbetonüberbau durchgesetzt, die in der Lage sind, große Geländesprünge abzufangen und hohe Nutzlasten abzutragen. Solche Konstruktionen sind zudem in der Regel rückverankert, und der massive Überbau verfügt über eine zusätzliche Tiefgründung (**Abb. 2**).

Bei der Betrachtung älterer Anlagen besteht die Herausforderung darin, nachträgliche, teilweise mehrmalige Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen bezüglich ihres Gesamttragverhaltens zu bewerten, zum Beispiel vor- oder überbaute Konstruktionen, der nachträgliche Einbau einer Sickerschürze oder zusätzliche Verankerungen (Abb. 3).

3 Veranlassung

Von den rund 36 Kilometer Kaimauerlänge wurden circa zwanzig Prozent nach der neuesten Bauweise hergestellt. Der größte Anteil ist älter als dreißig Jahre, die oben beschriebenen auf Holzpfählen gelagerten Schwergewichtskonstruktionen umfassen rund zehn Prozent, wobei der Hauptanteil dieser Konstruktionen aktuell überplant wird. Zahlreiche Anlagen weisen daher bereits sichtbare Schäden beziehungsweise vereinzelte Defizite in der Standsicherheit auf.

Die Kaimauern unterliegen mit zunehmendem Alter einer Abnutzung infolge Korrosion, Witterungseinflüssen, Einflüssen aus der jeweiligen Nutzung und auch durch Mikroorganismen. Besonders negativ wirken sich ein über die Jahrzehnte stetig gewachsener Tidenhub und die Entwicklungen im Schiffsbau mit größeren und längeren Schiffen sowie

stärkeren und zusätzlichen Antrieben (Seitenstrahlruder) auf die Kaimauern aus und führen neben den zusätzlichen statischen Lasten auch dazu, dass vermehrt Kolke die Hafensohle schädigen und dadurch die Struktur der Kaimauern schwächen.

Diese Einwirkungen haben dann dazu geführt, dass die beim Bau der Kaimauer eingeplanten statischen Sicherheitsreserven im Lauf der vielen Jahre immer weiter geschwunden sind, dass die Nutzung der Anlage eingeschränkt werden muss und dass schließlich eine Sperrung

erforderlich wird und / oder dass es zu einem Versagen der Kaimauer kommen kann. Diesen Prozess kann man, wenn er rechtzeitig erkannt und bewertet wird, durch ein intensives Monitoring einige Jahre lang begleiten und bewerten, um so rechtzeitig eine Sanierung oder einen Neubau von Kaimauern zu planen. Um weiterhin einen sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des Hafens zu gewährleisten, ist seitens der HPA ein Zustandsbewertungsprogramm für Kaimauern entwickelt worden, welches das Ziel hat, eine einheitliche Bewertung der Kaimauern zu ermöglichen.

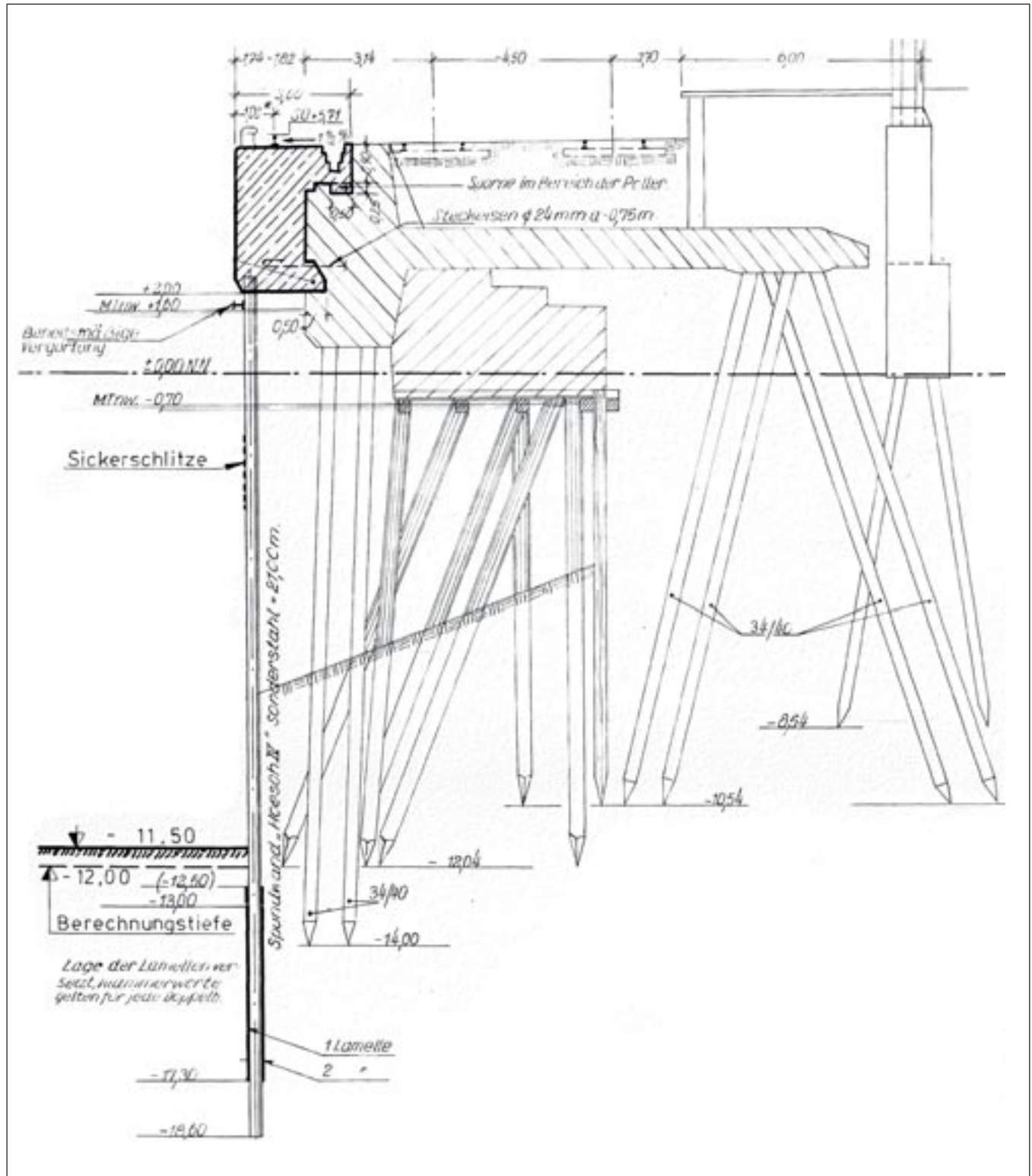


Abb. 3: Bei älteren Anlagen besteht die Herausforderung darin, nachträgliche, teilweise mehrmalige Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen bezüglich ihres Gesamttragverhaltens zu bewerten: Rosskai (1906 bis 1911, 1946/47, 1960/61)

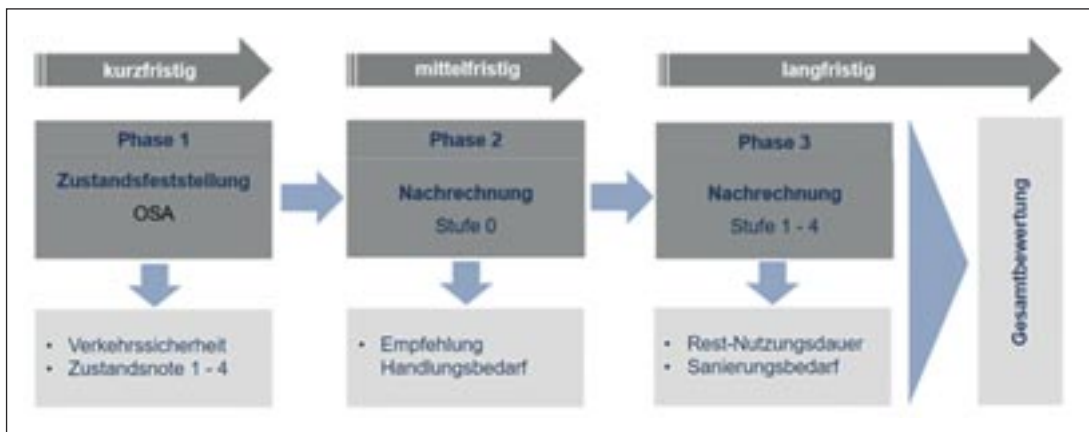


Abb. 4: Ablaufplan des Zustandsbewertungsprogramms

Stufe	Erläuterung
0	0.1 Bewertung Bestandsstatik Ehemaliges Sicherheitskonzept und Lastannahme Bestandsdaten
	0.2 Heutige Lastannahmen
	0.3 0.2 + Kolke, el-pl
1	Fiktiver Neubau Anerkannte Regeln der Technik Untersuchungen, erforderlich
2	2.1 Berücksichtigung von Schäden
	2.2 Ermittlung der Restlebensdauer
	2.3
3	Kompensationsmaßnahmen Lastreduzierung, bauliche Veränderungen Maßnahmen erforderlich
4	Wissenschaftliche Verfahren Messungen, Berechnungsmethoden

Abb. 5: Das Stufenkonzept des Zustandsbewertungsprogramms

4 Zustandsbewertungsprogramm

Im Jahr 2016 hat die HPA ein Programm zur Untersuchung des Zustands der Kaimauern im HPA-Bestand gestartet. Die Kombination aus einer Bauwerksuntersuchung und einer statischen Betrachtung der Bauwerke soll eine fundierte Aussage über den konkreten Zustand der Anlagen und der zu erwartenden Betriebs- und Restlebensdauer ermöglichen.

Im Rahmen des Zustandsbewertungsprogramms werden insgesamt mehr als 70 Kaimauern sowie über 200 Kaimauerabschnitte untersucht. Das Programm beinhaltet drei Phasen. Neben der Bauwerksprüfung und einer Zuordnung in Schadensklassen umfasst es auch eine mehrstufige statische Nachrechnung gemäß der Nachrechnungsrichtlinie der Hamburg Port Authority. Die Phasen gliedern sich wie folgt auf (Abb. 4):

- Bauwerksprüfung (Phase 1),
- Nachrechnung der Stufe 0 (Phase 2),
- Nachrechnung der Stufen 1 bis 4 (Phase 3).

Die erste Phase beinhaltet die Bauwerksinspektion, in der die Kaimauern durch Sichtprüfungen und anhand einer orientierten Schadensanalyse (OSA) begutachtet werden. Es erfolgt eine grundlegende Einstufung der Kaimauern mittels Zustandsnoten mit den Qualitätsstufen 1 bis 4, die als Grundlage für die dann nachfolgende statische Betrachtung dienen. Untersucht und bewertet werden alle sichtbaren und erreichbaren Bauteile, Flächen und Öffnungen einschließlich Wanddickenmessungen, Materialprüfungen, Peilungen sowie gegebenenfalls Wasserstandsmessungen.

Die zweite und dritte Phase schließen die Nachrechnung der Kaimauern hinsichtlich der Nachrechnungsrichtlinie ein. In diesen beiden Phasen wird die Tragfähigkeit der bestehenden Kaimauerkonstruktionen unter Berücksichtigung veränderter Beanspruchungen sowie des aktuellen Bauwerkszustands nach dem Stufenkonzept in den Stufen 0 bis 4 erfasst und beurteilt (Abb. 5). Die Nachrechnungsrichtlinie definiert die Herangehensweise an die Nachrechnung von Kaimauerkonstruktionen, wobei mit fortschreitender Stufe die Komplexität der Nachrechnungsverfahren zunimmt. Die Stufe 0 kann kurzfristig auf Basis der Bestandsdaten durchgeführt werden. Für die Stufen 1 und 2 sind weitere Untersuchungen nötig, die einen erhöhten Aufwand bedeuten. Die Stufen 3 und 4 erfordern darüber hinaus weitere Maßnahmen, gegebenenfalls auch bauliche Veränderungen. Die Stufen sind wie folgt beschrieben:

4.1 Stufe 0

Die Stufe 0 befasst sich mit der Nachrechnung und Bewertung der Bestandsstatik der betrachteten Kaimauer, die in den Schritten 0.1 bis 0.3 durchgeführt wird.

In Stufe 0.1 wird zunächst eine Nachrechnung gemäß Altstatik vorgenommen, bei der fehlerhafte Ansätze erkannt und die Bestandsstatik überprüft wird. Es werden die Schnittgrößen auf Grundlage des damaligen Sicherheitskonzeptes mit den seinerzeit angesetzten Lasten und Wasserüberdrücken unter Ansatz der ursprünglichen Bemessungsprofile, Bodenkennwerte und Berechnungssohle ermittelt.

In Stufe 0.2 werden die Nachweise mit heutigen Beanspruchungen und unter Berücksichtigung der Schäden gemäß dem Nachweiskonzept der Altstatik geführt. Zu den typischen Schäden zählen Korrosion oder Betonschäden.

Die Stufe 0.3 umfasst zusätzlich die Berücksichtigung von Übertiefen beziehungsweise die erneute Nachrechnung von Konstruktionen, für die die Standsicherheit gemäß Stufe 0.2 nicht ausreichend ist, jedoch nur noch mit charakteristischen Werten, das heißt, ohne rechnerische Sicherheiten.

Ziel der Stufe 0 ist es festzustellen, welche Lasten die bestehende Kaimauer noch abtragen kann sowie eine Empfehlung für das weitere Vorgehen abzugeben.

Nach Abschluss der Phase 02 erfolgt jeweils eine Dokumentation der Ergebnisse in Bauwerksdokumentationsblättern. Mit dieser Kombination aus Inspektion und statischer Nachrechnung wird eine einheitliche Grundlage in der Zustandsbewertung der Kaimauern der HPA geschaffen. Darüber hinaus können erstmalig Aussagen über bisher nicht kalkulierbare Aufwendungen im Zuge der Instandhaltung beziehungsweise Sanierung oder Erneuerung von Kaimauer getroffen werden.

4.2 Stufe 1

In Stufe 1 erfolgt der Nachweis der Kaimauer als fiktiver Neubau nach heutigem Stand der anerkannten Regeln der Technik. Bei diesen Berechnungen wird die Kaimauer ohne Schäden und Abrostungen betrachtet. Fehlende Angaben über Bodenkennwerte, Baustoffeigenschaften oder Wasserstände sind durch Probenentnahmen, Aufschlüsse oder Messungen zu ergänzen.

4.3 Stufe 2

In Stufe 2 wird bei der Nachrechnung der Kaimauer der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit allen festgestellten Schäden sowie am Ende der Nutzungsdauer erbracht. Dabei wird die Nachrechnung ebenfalls in drei Schritte unterteilt.

In Stufe 2.1 wird der Nachweis für den aktuellen Zustand in der jeweils nach heutiger Normung vorgesehenen Bemessungssituation geführt.

In der Stufe 2.2 erfolgt der Nachweis für den aktuellen Zustand in allen Lastfällen mit den Sicherheiten gemäß BS-A.

Die Stufe 2.3 befasst sich mit der Prognose für das Ende der Lebensdauer aus bisherigen Angaben der Schäden (zum Beispiel infolge Messung und davon ausgehender gleichbleibender Abrostung). Für diese Berechnung der Restlebensdauer werden alle Teilsicherheitsbeiwerte auf 1,0 gesetzt. Damit soll eine Feststellung der Handlungsbedarfe für zukünftige Maßnahmen erfolgen.

4.3 Stufe 3

Die Stufe 3 beinhaltet die Nachrechnung der Kaimauer infolge von Kompensations- beziehungsweise baulichen Maßnahmen. Hierzu werden die Nutzlasten in Abstimmung mit dem Mieter so weit wie möglich reduziert. Abhängig vom Defizit der Konstruktion bestehen verschiedene bauliche Maßnahmen. Beispiele hierfür sind Bodenaustausch, Vorschüttung, der Einbau einer landseitigen Schürze, Fensteröffnungen in der Spundwand, das Instandsetzen oder Nachrüsten von tragfähigkeitsrelevanten Elementen, zusätzliche Verankerungen oder das Verstärken von Anschlüssen. Die Anwendung dieser Kompensations- beziehungsweise baulichen Maßnahmen sind in der Regel mit einem Monitoring der Kaimaueranlage zu kombinieren.

4.4 Stufe 4

In der letzten Stufe werden weitergehende Untersuchungsmethoden berücksichtigt und Ergebnisse aus Messungen am Bauwerk in Kombination mit wissenschaftlichen und komplexen Methoden zum Nachweis der Standsicherheit hinzugezogen. Hierzu gehört beispielsweise

ein messtechnisches Programm in Form eines Echtzeitmonitorings und die Anwendung von numerischen Simulationen mit der Finite-Elemente-Methode.

5 Aktueller Stand

Mit Hilfe des Zustandsbewertungsprogramms konnten entscheidende Erkenntnisse zur Beurteilung der Uferwände und Kaimauern im Hamburger Hafen gewonnen werden. Hiermit ist es erstmalig möglich, alle betrachteten Bauwerke hinsichtlich zukünftiger Maßnahmen zu beurteilen.

Derzeit befindet sich das Zustandsbewertungsprogramm der HPA in Phase 2. Für eine Vielzahl der untersuchten Kaimauerquerschnitte wurden bereits weitere Maßnahmen eingeleitet. Diese umfassen ein Spektrum von Kontrollen, Kompensationsmaßnahmen und baulichen Maßnahmen.

6 Empfehlungen

Die Beurteilung des baulichen Zustands, der Standsicherheit und der Nutzbarkeit und damit auch der wirtschaftlichen Bedeutung einer Kaimaueranlage erfordert eine viele Aspekte umfassende Untersuchung. Ausgehend von den Bauwerksprüfergebnissen sollten festgestellte Schäden bereits bei der statischen Nachrechnung berücksichtigt werden. Dabei ist nicht nur die Gesamtstandsicherheit zu ermitteln, sondern es sind auch gezielt Schwachstellen aufzudecken sowie vorhandene Systemreserven zu identifizieren. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die statischen Berechnungen einer unabhängigen Prüfung zu unterziehen.

Die Abstimmung über erforderliche Sofortmaßnahmen muss darüber hinaus auch ein mögliches Versagensszenario betrachten, wobei sowohl die spezielle Konstruktionsart als auch beobachtete Verformungen beziehungsweise vorliegende Messergebnisse in die Entscheidungsfindung einfließen.

Als Sofortmaßnahmen können neben Nutzungseinschränkungen oder Sperrungen bestimmter land- oder wasserseitiger Bereiche auch kurzfristig durchführbare Baumaßnahmen, wie beispielsweise Vorschüttungen notwendig sein. Mittelfristig können durch weitergehende Bodenaufschlüsse, Pegelmessungen oder Materialprüfungen rechnerische Verbesserungen erzielt werden.

Bei Kaimauern, die rechnerisch nicht nachweisbar, jedoch aufgrund ihres Verformungsbildes nicht akut in ihrer Standsicherheit gefährdet sind, kann bei bestimmten Randbedingungen auf eine Sperrung verzichtet werden. Dies ist in der Regel mit der Auflage einer engmaschigen messtechnischen Überwachung verbunden. Damit ist sichergestellt, dass eine mögliche Zunahme von Verformungen rechtzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.

Die gesamte Durchführung erfordert eine hohe Fachkunde von allen am Entscheidungsprozess Beteiligten. Die endgültige Vorgehensweise sollte möglichst einvernehmlich erzielt werden.

7 Messtechnische Überwachung

Zur Überwachung der Uferwände und Kaimauern wurde im Rahmen des Zustandsbewertungsprogramms ein umfangreiches Messmonitoring etabliert. Dabei werden an den Kaimauern durch die Installation



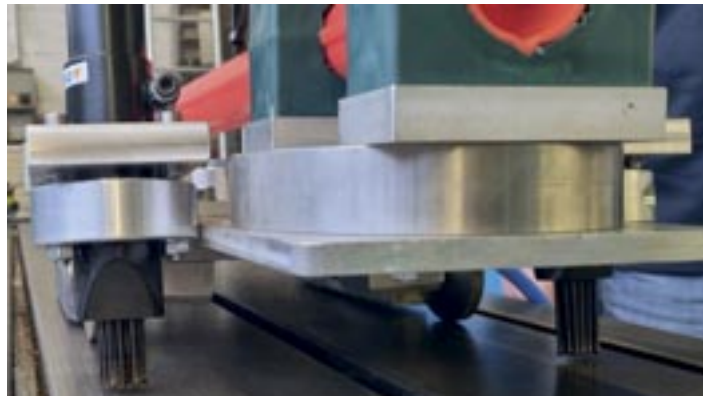
Abb. 6: Im Hamburger Hafen wird ein Inklinometerwagen eingesetzt, der Neigungen und Verschiebungen von Stahlspundwänden präzise erfasst und sie gleichzeitig gründlich reinigen kann.

verschiedener Messaufnehmer Daten gewonnen, die ergänzende Aufschlüsse über Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit geben. Hierbei kommen Stangenextensometer, Neigungsmesser, Inklinometer, Tachymeter und Pegel zum Einsatz, um Neigungen, Verschiebungen und Wasserstände zu messen und auszuwerten. Auf Basis dieser Daten können weitere Aussagen bezüglich der Standsicherheit der jeweils betrachteten Uferwand oder Kaimauer getroffen werden. Erfahrungen zeigen außerdem, dass bereits bei Neubauten die Installation von Messtechnik förderlich ist. Damit können frühzeitig Einflüsse und Beeinträchtigungen hinsichtlich statischer Aspekte erkannt und zukünftig schneller Maßnahmen ergriffen werden.

Neben den konventionellen messtechnischen Überwachungsmethoden kommt ein automatisierter Messwagen zur Erfassung der Verformung einer Kaimauer zum Einsatz, der bei der HPA in Zusammenarbeit mit einem Taucherbetrieb entwickelt wurde. Der sogenannte Inklinometerwagen (Abb. 6) dient der präzisen Erfassung von Neigungen und Verschiebungen von Stahlspundwänden und übernimmt gleichzeitig die Reinigung der Stahlspundwand, womit aufwendige und teure Tauchereinsätze vermieden werden können. Er besteht aus einer Wagenkonstruktion mit vier Rädern, zwei Magneten, einem Führungsrohr und einer Halterung für die Seilwinde (Abb. 7). Damit die Räder des Wagens auf der metallischen Oberfläche stehen und die Magneten kollisionsfrei über die Oberfläche bewegt werden können, wird im ersten Schritt die Fahrspur an der Spundwand mittels Nadelhämmern von Muschelbesatz, Bewuchs und anderen Ablagerungen gereinigt. Mittels der Seilwinde wird der Wagen dann bis zur Kaimauersohle hinabgelassen und wieder nach oben gezogen (Abb. 8). Die Messung erfolgt durch einen Inklinometer, während der Wagen entlang der Spundwand navigiert. Über einen Sensor wird die Neigungsabweichung aus dem Lot ermittelt. Die gewonnenen Messergebnisse können noch vor Ort beurteilt werden. Anschließend werden sie in das eigens von der HPA eingerichtete Monitoringportal übertragen und dort dokumentiert.

Das Monitoringportal, genannt MONI, stellt eine wegweisende Lösung zur Erfassung, Archivierung und Analyse von Messdaten für die Überwachung des Zustands von Kaimauern dar. Während bisher verschiedene Abteilungen unterschiedliche Daten aus verschiedenen Quellen für die Überwachung von Kaimauern genutzt haben, wird nun eine automatisierte, vereinheitlichte Erfassung, Auswertung und Bereitstellung der Daten im Datenportal für verschiedene Unternehmensprozesse und -bereiche ermöglicht.

Die Integration einer kartographischen Grundlage verleiht dem Messdatenportal zusätzliche Aussagekraft, indem es die Ergebnisse anschaulich visualisiert (Abb. 9). Die kontinuierliche Aktualisierung der



1. Seilwinde
2. Umlenkrolle mit Drehwinkelsensor
3. Inklinometerwagen
4. Inklinometersensor
5. Nadelhämmer für die Reinigung

Abb. 7: Der Inklinometerwagen verfügt über zwei Magneten, ein Führungsrohr und eine Halterung für die Seilwinde.



Abb. 8: Inklinometerwagen im Einsatz

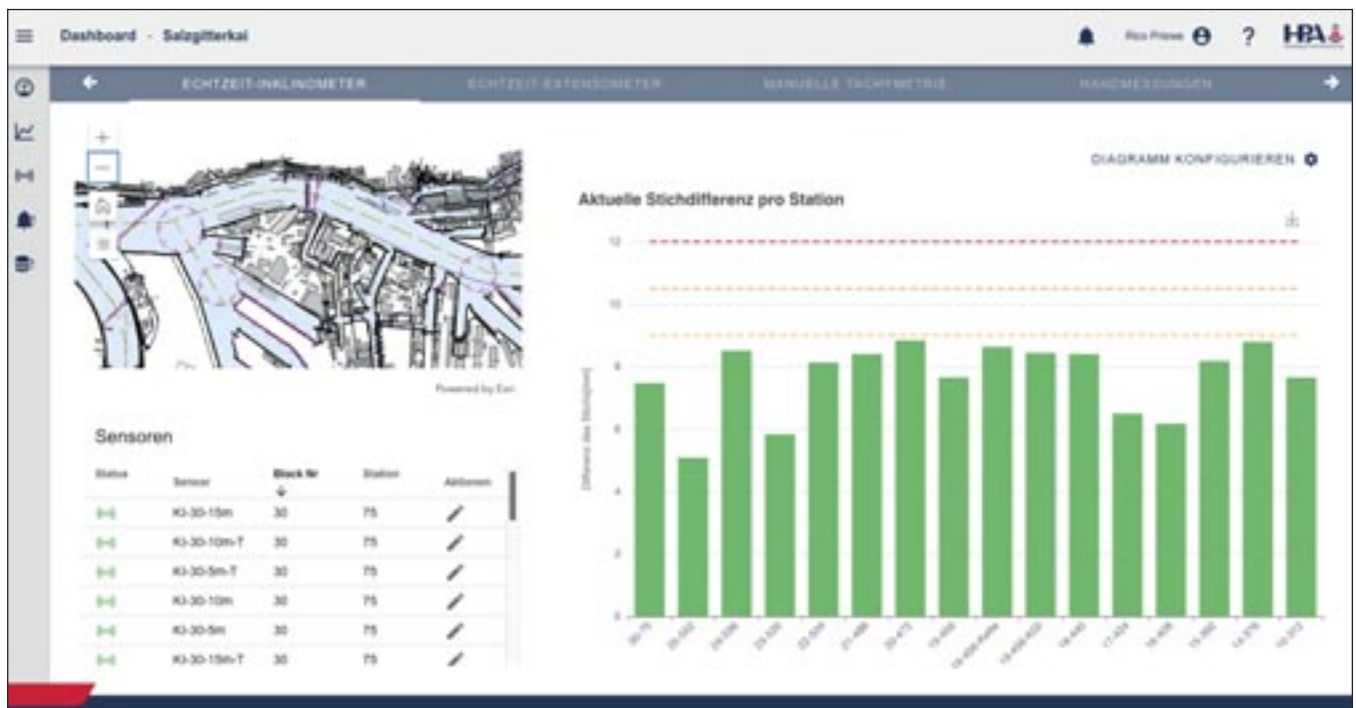


Abb. 9: Die HPA hat ein Monitoringportal entwickelt („MONI“), das auch über eine kartografische Grundlage verfügt, mit der die Ergebnisse der Untersuchungen anschaulich visualisiert werden können.

Messdaten sowie das manuelle Einpflegen ermöglichen den Benutzern, Bewegungen der Kaimauern in Echtzeit zu verfolgen. Die Visualisierung von Bewegungen und Veränderungen über die Zeit wird durch die Berechnung und Darstellung von Messdaten als Vektoren oder Biegelinien auch unter Berücksichtigung des Einflusses der Tide und der Umgebungstemperatur ermöglicht. Des Weiteren können Verantwortliche für Kaimauern festgelegt werden. Diese werden bei der Überschreitung von zuvor definierten Grenzwerten automatisch informiert.

Das Portal ermöglicht eine nachhaltige Aufrechterhaltung des Kaimauerbetriebs durch kontinuierliches Monitoring. Durch den 24/7-Betrieb werden frühzeitig mögliche Verformungen und Bewegungen erkannt und dank des Alarmplans können diese effektiv bewältigt werden. Dies trägt nicht nur zur Sicherheit bei, sondern ermöglicht auch eine datengestützte, zukunftsorientierte Planung und Wartung der Kaimauern.

Langfristig wird es so möglich, den Bauwerkszustand genauer zu überwachen und damit den Sanierungsbedarf einfacher abzuleiten und Maßnahmen im Voraus zu planen.

8 Ausblick

Nach Abschluss der Stufe 0 erfolgt eine Einstufung aller untersuchten Kaianlagen für die weitere Bearbeitung. Hierbei wird nach der Dringlichkeit unterschieden, ob ein Handlungsbedarf sofort, in den nächsten zwei bis fünf Jahren, in den nächsten sechs bis 15 Jahren oder erst deutlich später erforderlich wird.

Einer Priorisierungsmatrix folgend können kurz- und langfristig Terminpläne koordiniert und künftige Bedarfe an Personal und Investitionen eingeplant werden. Darauf abgestimmt wird ein vorausseilendes Baugrunderkundungsprogramm aufgelegt.

Die Installation geeigneter Messtechnik schafft sowohl eine Datengrundlage für die Beurteilung des Bauwerkszustands, bietet dauerhaft

eingesetzt, zudem die Möglichkeit, drohende Versagensszenarien rechtzeitig zu erkennen, um geeignete Maßnahmen einleiten zu können. Eingesetzt bei Neubauten, schafft die Installation geeigneter Messtechnik die Datengrundlage für einen digitalen Zwilling. Anhand dieser Daten können zukünftig frühzeitig Veränderungen erkannt und gebannt werden.

Darüber hinaus sind erweiterte Berechnungsmethoden (numerische, nichtlineare Berechnungen) sowie Probelastungen weitere Mittel, versteckte Tragreserven aufzuspüren.

9 Zusammenfassung

Das aktuell im Hamburger Hafen laufende Zustandsbewertungsprogramm für Kaimauern ist ein alle Aspekte umfassendes Projekt, welches das Ziel hat, eine einheitliche Bewertung der Kaimauern zu ermöglichen. Es liegen bereits zahlreiche Ergebnisse der Bauwerksuntersuchung und der statischen Nachrechnung in Stufe 0 vor. Diese ermöglichen die kurz- bis langfristige Planung von erforderlichen Maßnahmen zur Erhaltung der Kaianlagen.

Für eine Vielzahl der untersuchten Kaimauerquerschnitte wurden bereits weitere Schritte eingeleitet. Diese umfassen ein Spektrum von Kontrollen, Kompensationsmaßnahmen und baulichen Eingriffen. Begleitend kann eine messtechnische Überwachung für Bestands- sowie Neubauten durchgeführt und durch zusätzliche Innovationen in Form des Inclinometerwagens optimiert und erweitert werden.

10 Literatur

- [1] Hamburg Port Authority AöR (2021): Nachrechnungsrichtlinie für Kaimauern
- [2] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2020, 12. Auflage, Ernst & Sohn 2020

Neue Untersuchungen über die Beeinflussung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen durch Photovoltaikanlagen auf Dächern

Wenn auf bestimmten Gebäuden verschiedene technische Anlagen nebeneinander installiert werden sollen, müssen spezielle baurechtliche Prämissen erfüllt werden

Auf immer mehr Dächern werden heute Photovoltaikanlagen unweit von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen installiert. Wenn die Entrauchung nicht die Bauvorgaben erfüllt und nicht normgerecht ist, kann die Mehrfachnutzung des Daches aber einen Sicherheitsmangel und damit den Entzug der Nutzungsgenehmigung bedeuten. Deshalb werden hier unabhängige Untersuchungen über die Beeinflussung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen durch Photovoltaikanlagen vorgestellt. Ihre Ergebnisse können nicht verallgemeinert werden, sondern sind als erste Aussagen für ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zwischen natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und PV-Systemen zu verstehen. Mit der Untersuchung konkreter Projekte können akkreditierte Institute heute aber durchaus individuelle, präzise Aussagen, Empfehlungen und Nachweise für natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen erbringen.

1 Einführung

Aufgrund des neuen Klimaschutzgesetzes der Bundesregierung werden immer mehr Dächer mit Photovoltaikanlagen (PVA) ausgestattet werden müssen. Gleichzeitig müssen viele Gebäude, beispielsweise Versammlungsstätten, Verkaufsstätten, Industriebauten oder Hochhäuser, der baurechtlichen Verpflichtung zur Rauchableitung oder zur Entrauchung nachkommen. Demzufolge sind die meisten dieser Gebäude mit *Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen* (NRA) versehen. Wesentliche Bestandteile der NRA sind die *Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräte* (NRWG), die nach Norm geprüft und zertifiziert werden und in der Regel in Dächern eingebaut werden. Um Rauch effektiv und nach Norm ableiten zu können, müssen die NRWG in Kombination mit den dazugehörenden Anlagen die bauordnungsrechtlich geforderten Entrauchungsflächen erfüllen. Mit anderen Worten: Es müssen um die Geräte herum freie Mindestabstände eingehalten werden, Flächen also, auf denen solche Dachaufbauten nicht errichtet werden dürfen, die die Windströmung um die Geräte stören könnten. Genau dieser Punkt betrifft die PV-Anlagen, die aufgrund maximierter Flächennutzungen immer näher an die NRWG herangeführt werden.

2 Die Ausgangssituation

Die Prüfverordnungen der einzelnen Bundesländer schreiben vor, dass Rauch- und Wärmeabzugsanlagen wiederkehrend alle drei Jahre geprüft werden. Innerhalb dieses Zeitraums kann es aber vorkommen, dass die Belegung eines Daches stark verändert worden ist, auf dem

sich vorher nur Lichtkuppeln und NRWG befunden hatten, sodass sich nun unterschiedliche Nutzungen die Dachfläche teilen. Dabei ist wohl die häufigste Änderung eine Photovoltaikanlage, die nach der letzten Prüfung der Entrauchungsanlage auf dem Dach montiert worden ist. Manchmal werden PV-Anlagen sehr nahe bei den NRWG aufgestellt (Abb. 1 und Abb. 2).

Aufgrund der Klimaschutzziele der Bundesregierung, die eine Treibhausgasneutralität bis 2045 vorsehen, haben bereits neun der sechzehn Bundesländer eine Photovoltaikpflicht erlassen. Die einzelnen Pflichtvorgaben in den jeweiligen Bundesländern unterscheiden sich zwar teilweise, aber die Regelungen für Neubauten von Nicht-Wohngebäuden, wie zum Beispiel Gewerbe- oder Industriegebäude, sind überwiegend gleich und nehmen die Forderung im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung auf, dass *alle geeigneten Dachflächen künftig für die Solarenergie genutzt werden [sollen]. Bei gewerblichen Neubauten soll dies verpflichtend, bei privaten Neubauten soll es die Regel werden.*

3 Anforderungen

3.1 Anforderungen an die Rauchableitung

Gemäß der Muster-Verkaufsstättenverordnung (MVKVO [5]) und der Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättVO [6]) müssen Räume mit einer Grundfläche von mehr als 200 und weniger als 1000 Quadratmetern Öffnungen für die Rauchableitung an oberster Stelle (Dach) mit einer Fläche von mindestens einem Prozent der Grundfläche aufweisen. Bei Industriebauten gilt diese Anforderung bis zu einer Grundfläche von 1600 Quadratmetern [7]. Bei Gebäuden mit Grundflächen, die die oben genannten Grenzen überschreiten, müssen Rauchabzugsanlagen eingebaut werden, mit einer aerodynamisch wirksamen Fläche von mindestens 1,5 Quadratmetern pro 400 Quadratmeter Grundfläche, die auf mindestens ein Gerät pro 400 Quadratmeter Grundfläche verteilt werden. Sonderbauten mit Anforderungen an natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, die vor 2014 errichtet wurden, müssen ein solches Gerät pro 200 Quadratmeter Grundfläche aufweisen.

Die für die Rauchabzugsanlagen auf den Dächern installierten NRWG müssen die Entrauchungswirksamkeit, die durch die aerodynamisch



Dipl.-Ing. Bernd Konrath

ist seit 2006 Geschäftsführer des I.F.I. Instituts für Industrieaerodynamik, Dozent an der Bergischen Universität Wuppertal und an renommierten Weiterbildungsstätten, Mitglied des Sachverständigen-Prüfungsausschusses der Brandenburgischen Ingenieurkammer

und mehrerer Normen- und Fachausschüsse des Brandschutz- und Prüfwesens.



Foto: Fachverband Tageslicht und Rauchschutz (FVLR)

Abb. 1: Mehrfache Nutzung von Dachflächen: Manchmal werden neue Photovoltaikanlagen ...



Foto: FVLR

Abb. 2: ... sehr nahe bei den Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten aufgestellt.

wirksame Fläche ausgedrückt wird, auch unter Windeinwirkungen aus allen Windrichtungen gewährleisten. Sie werden nach DIN EN 12101-2 [8] geprüft und zertifiziert, und es wird deren individuelle aerodynamisch wirksame Entrauchungsfläche ermittelt.

3.2 Abstandsanforderungen

Waren NRW bis vor wenigen Jahren fast die einzigen Dachaufbauten auf großflächigen Gebäuden, teilen sie sich jetzt immer mehr den Platz mit PV-Modulen, die im Sinne einer möglichst hohen Stromproduktion ebenfalls großflächig auf die Dächer montiert werden.

Damit werden die Dachflächen zunehmend einer Mehrfachnutzung durch solche Anlagen ausgesetzt, die unterschiedliche Nutzungen haben und regelmäßige Prüfungen oder Wartungen erforderlich machen (Abb. 3).

Allein für ihre Zugänglichkeit, nicht zuletzt aber aus Gründen des Arbeitsschutzes, sind Abstände zwischen den Anlagen unterschiedlicher Nutzung erforderlich. Geregelt wird dies in drei Vorschriften, die hier näher erläutert werden:

- DIN 4426 – Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen – Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege [1],
- VdS 2098 – VdS-Richtlinien für natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen [2],
- VdS 3145 – Photovoltaikanlagen [3].

3.2.1 DIN 4426:2017-01

In der 2017 überarbeiteten Fassung dieser Norm wird jetzt auch für Photovoltaikanlagen und Solarthermieranlagen gem. 4.3.3 und 5.5 eine nutzbare Laufbreite für Wartungsgänge zu Geräten, die regelmäßig gewartet werden müssen, von mindestens 0,5 Metern bei der Planung und Installation gefordert.

3.2.2 VdS 2098

Die VdS-Richtlinie 2098:2022-10 hat die zuvor als Ergänzung veröffentlichte VdS 2098-S1 informativ in den Anhang aufgenommen. Hier wird ein Abstand der NRW von PV-Systemen von mindestens 2,5 Metern gefordert, wenn die PV-Elemente nicht höher über die Dachoberfläche hinausragen als die Aufsatzkränze der NRW. Übertreffen die PV-Ele-



Foto: iStock.com/bim

Abb. 3: Gemeinsame Anordnung von Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und PV

mente die Aufsatzkränze um bis zu 2,5 Meter, beträgt der Mindestabstand der NRWG von den PV-Elementen fünf Meter. Bei PV-Elementen mit mehr als 2,5 Meter Höhe oberhalb der Aufsatzkränze werden in der Richtlinie individuelle Untersuchungen empfohlen.

3.2.3 VdS 3145

Der Leitfaden VdS 3145:2017-11 (2) für Photovoltaikanlagen wurde unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) mit dem Ziel erstellt, Betriebsunterbrechungen und Sachschäden zu vermeiden, beziehungsweise zu minimieren. Im Hinblick auf die Vorbeugung einer Brandentstehung und die Verhinderung einer großflächigen Brandausbreitung im Brandfall bei der Aufstellung von PV-Modulen und anderen Anlagenteilen auf dem Dach weist der Leitfaden darauf hin, dass *die Anordnung der PV-Module mit einem ausreichenden Abstand um Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) erfolgen sollte*. Zu den notwendigen Abständen der PV-Module zu den RWA weist der Leitfaden auf die Internetseite des Fachverbandes für Tageslicht und Rauchschutz (FVLR) hin.

2021 hat Ulrich Koch vom FVLR im *Feuertrutzmagazin* [4] die Abstandsregeln der Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen zu PV-Elementen vorgestellt. Damit die aerodynamische Wirksamkeit der NRWG nicht negativ beeinflusst wird, sollen gemäß diesen Regeln PV-Elemente, die nicht über die Aufsatzkränze der NRWG hinausragen, einen Abstand von mindestens zwei Metern zu den NRWG haben. Bei den PV-Elementen, die die Aufsatzkränze der NRWG um nicht mehr als zwei Meter überragen, soll ein umlaufender Abstand von mindestens fünf Metern eingehalten werden.

Der Leitfaden ist allerdings nicht verbindlich, und es steht den Versicherern frei, im Einzelfall auch andere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Die Hübener Versicherungs AG (Hamburg) beispielsweise fordert in ihren Regeln unter anderem, dass PV-Module mit einem Mindestabstand von einem halben Meter von den Rauch- und Wärmeabzugsanlagen errichtet werden.

Die aufgeführten Regeln ergeben uneinheitliche Abstandsanforderungen von einem halben bis zu fünf Metern und es stellt sich die Frage, welche Abstände nun tatsächlich erforderlich sind. Aufgrund der Klimaschutzziele der Bundesregierung und der damit verbundenen Photovoltaikpflicht rückt diese Frage immer mehr in den Vordergrund.

4 Auswirkungen der Anforderungen auf die PV-Anlagen

Die Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege von einem umlaufenden Abstand der PV-Module zu anderen Geräten von 0,5 Metern bedeuten bei einem Lichtkuppel-Gerät mit üblichen Abmessungen von 1,8 mal 2,5 Metern, dass der Aufstellflächenverlust der PV-Anlagen circa dreizehn Quadratmeter beträgt. Diese Auswirkung gilt allerdings für die Kombination der PV-Anlagen mit Öffnungen zur Rauchableitung, an die keine Anforderungen zur Berücksichtigung des Windeinflusses gestellt sind.

Berücksichtigt man die Anforderungen hinsichtlich der aerodynamischen Wirksamkeit der NRWG, so ergibt sich bei flachen PV-Anlagen (kleiner als die Höhe des Aufsetzkranzes der NRWG) einen Verlust an Aufstellfläche von 40 Quadratmetern (nach den Regeln des FVLR), beziehungsweise 51 Quadratmetern (nach den Regeln der VdS 2098). Bei höheren PV-Anlagen ist der Verlust an Aufstellfläche für die PV-Anlagen 148 Quadratmeter je Gerät zur Rauchableitung. Bei Bestandsgebäuden von vor 2014 und bei Gebäuden, bei denen aus anderen Gründen eine

raucharme Schicht auf Basis der DIN 18232-2 nachgewiesen wurde [9], bedeutet das für die flachen PV-Anlagen einen Aufstellflächenverlust von 20 und für die höheren Anlagen einen Verlust der Aufstellfläche von 74 Prozent.

5 Ausführungen von PV-Systemen

Auf flachen und schwach geneigten Dächern findet man unter anderem sogenannte Südsysteme, das heißt, in Ost-West-Richtung verlaufende Modulreihen mit Flächen, die nach Süden ausgerichtet sind. Darüber hinaus sind die flachen Hallendächer häufig mit Systemen ausgestattet, deren Modulreihen in Nord-Südrichtung verlaufen und sowohl nach Osten als auch nach Westen ausgerichtet sind, sodass sie in der Reihenmitte einen gemeinsamen Hochpunkt aufweisen. Diese sind die sogenannten Ost-West-Systeme, wie in **Abb. 4** dargestellt. Bei Satteldächern werden vor allem dachparallele PV-Module an der Südseite der Gebäude eingesetzt, und solche dachparallele Systeme befinden sich mittlerweile auch auf flachen oder schwach geneigten Dächern.

6 Die aerodynamischen Auswirkungen der PV-Anlagen auf die Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräte

Die PV-Systeme auf den Dächern führen dazu, dass die normalerweise parallel zur Dachfläche verlaufende Windströmung angehoben und je nach System und Windrichtung stark verwirbelt wird. Geschieht dieses in der Nähe von NRWG, reicht die Höhe der Windleitwand nicht mehr aus, um den Wind über die geöffnete Klappe zu leiten. Dadurch entsteht an der Oberseite des geöffneten Gerätes über eine mehr oder weniger große Fläche ein Überdruck, der zu einer Minderung der aerodynamisch wirksamen Austrittsfläche führt (siehe **Abb. 4**). Bei höheren PV-Anlagen kann infolge von stromab der PV-Elemente entstehenden Wirbeln die Windströmung so geleitet werden, dass sie direkt in das NRWG hineinströmt, wie in **Abb. 5** schematisch dargestellt.

PV-Anlagen verändern also die Windströmungen, die auf die NRWG einwirken, und führen zu einer Minderung der aerodynamisch freien Fläche.

Um eine Beeinflussung der Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen durch die PV-Anlagen zu unterbinden und somit die im Rahmen der Zertifizierung bestätigte aerodynamisch wirksame Fläche beizubehalten, muss der Abstand der PV-Anlagen von den einzelnen NRWG so groß sein, dass sich am NRWG wieder eine dachparallele Anströmung auf die NRWG entsprechend der Zertifizierungssituation einstellt.

7 Windkanaluntersuchungen

Das I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik (Aachen) hat in den letzten Jahren diverse Windkanaluntersuchungen der Wechselwirkungen von PV-Systemen und NRWG auf Dächern durchgeführt, deren wichtigste Erkenntnisse und die Lösungsansätze hier vorgestellt werden.

Eine dieser Untersuchungen bezog sich auf eine Industriehalle mit einer Grundfläche von über 10.000 Quadratmetern. Auf dem Flachdach, das bereits mit einer Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlage ausgestattet war, sollte nachträglich eine PV-Anlage errichtet werden. Die Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlage bestand aus einem System von Lichtkuppel-NRWG mit weit verbreiteten Abmessungen und einem Öffnungswinkel von 165 Grad. Die vorhandenen

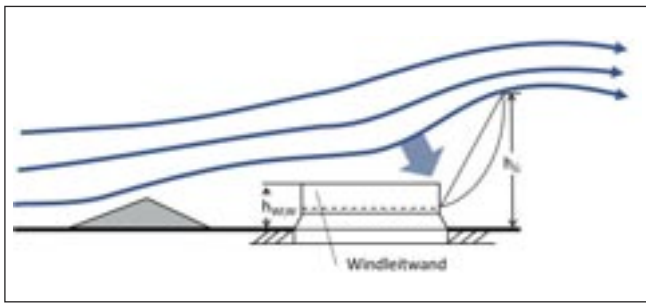


Abb. 4: Strömungsvorgänge an Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten bei flacher PV-Anlage

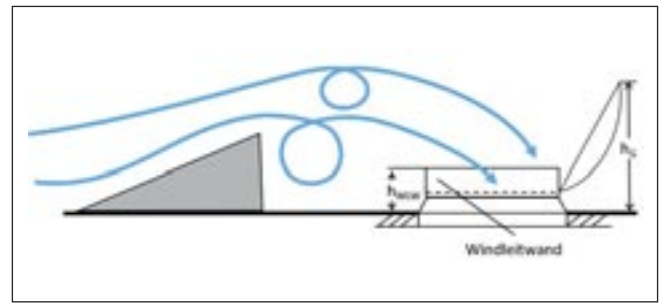


Abb. 5: Strömungsvorgänge an Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten bei einer höheren PV-Anlage

NRWG wurden nach DIN EN 12101-2 zertifiziert, und die im Bauvorhaben umgesetzte Fläche berücksichtigte Geräte mit zertifizierter reduzierter aerodynamisch wirksamer Fläche ohne Windleitwände. Das geplante PV-System war ein Ost-West-System, dessen größte Höhe die Oberkante des Aufsatzkranzes über der Dachfläche nur um wenige Millimeter überstieg.

Nach den ersten Planungsüberlegungen sollten die PV-Module bis zu einem Abstand von 1,5 Metern an die NRW herangeführt werden. Da bei der geplanten Ausführung sowohl die Anforderungen der VdS-Richtlinie als auch die des FVLR unterschritten werden würden, wurde zunächst untersucht, wie die aerodynamisch wirksame Fläche sich verändert, wenn die vorgesehene PV-Anlage in dem vorgesehenen Abstand um ein einzelnes NRW angeordnet wird.

Als Versuchsstand wurde der Prüfstand der Zertifizierungsstelle des I.F.I. zur Bestimmung der aerodynamisch wirksamen Fläche nach DIN EN 12101-2 verwendet, der ebenfalls über eine Düse zur Aufbringung der Windströmung verfügt. Die Untersuchung wurde an geometrisch verkleinerten maßstäblichen Modellen durchgeführt. Abb. 6 zeigt eine beispielhafte Anordnung der PV-Elemente im Umfeld des untersuchten NRW im Windkanal.

Die ersten Untersuchungsergebnisse zeigten, dass je nach Reihen-anordnung der PV-Elemente und bei einem Abstand der PV-Elemente zu den NRW von 1,5 Metern die aerodynamisch wirksame Entrauchungsfläche infolge der PV-Wirkung um 40 bis 45 Prozent reduziert wurde. Bei einem Abstand der PV-Elemente von 2,5 Metern war die Minderung der Entrauchungsfläche noch 21 bis 26 Prozent. Mit einer Anordnung der PV-Anlagen wie geplant, würden also die baurechtlichen Anforderungen an die NRW definitiv nicht mehr erfüllt werden.

Bei Bestandsgebäuden mit baurechtlich geforderten Entrauchungsanlagen, bei denen diese nicht mit entsprechenden Reserven ausgeführt wurden, ist also zu befürchten, dass nach der Installation von PV-Anlagen mit Abständen nach den oben genannten Richtlinien die Nutzungsgenehmigung des Gebäudes erlischt, da die baurechtlich geforderte Entrauchung nicht mehr gewährleistet ist und damit ein wesentlicher Sicherheitsmangel auftritt.

In weiteren Versuchen für das gleiche Projekt wurden die Abstände der PV-Elemente zu den NRW schrittweise vergrößert, um den Abstand herauszufinden, bei dem die vorhandene Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlage nicht mehr durch die PV-Anlage beeinträchtigt wird. Es wurden – je nach den Reihenausbildungen der PV-Anlage – erforderliche Abstände von mindestens fünf beziehungsweise sieben Metern ermittelt. Erst bei diesen relativ großen Abständen der PV-Module zu den NRW war keine Beeinflussung der aerodynamisch wirksamen Fläche durch die PV-Elemente mehr festzustellen.

Diese Ergebnisse wurden auch durch weitere Untersuchungen im Rahmen einer Masterarbeit bestätigt.

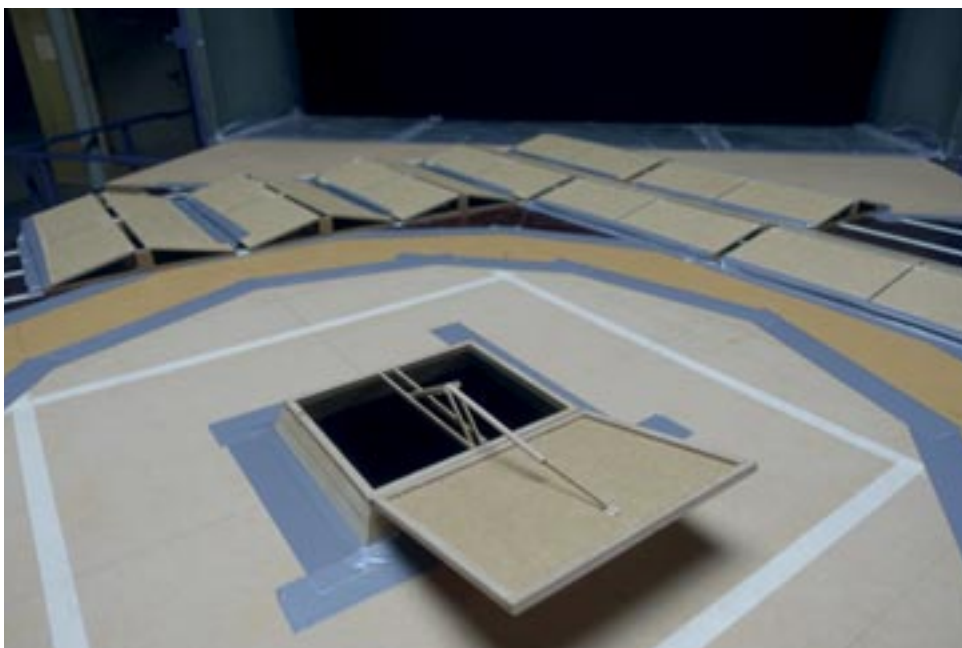


Abb. 6: Kombination von Natürlichem Rauch- und Wärmeabzugsgerät und PV-Elementen im Windkanal des I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik in Aachen

8 Reduzierung der ermittelten Abstände durch Optimierungen an den Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten

Die Strömungsverhältnisse an den bestehenden NRWG können verbessert werden, wenn die verwirbelte Windströmung durch entsprechend angepasste Windleitwände an den NRWG so abgelenkt wird, dass sie störungsfrei über die geöffneten Geräte geführt wird.

Bei NRWG mit großen Öffnungswinkeln trägt eine Verringerung des Öffnungswinkels der Lichtkuppel beziehungsweise der Klappe des NRWG zu einer Verbesserung der Windanströmung von hinten bei. Dabei müssen aber auch die Windleitwände an der Öffnungsseite angepasst werden, da nun die Klappe wieder mehr im Wind steht.

Abb. 7 zeigt die verschiedenen Anströmrichtungen auf das NRWG, die bei dem oben dargestellten Projekt untersucht wurden.

Die Untersuchung zeigte, dass bereits eine Anordnung von Windleitwänden nur an den vorderen Ecken des NRWG zu einer Reduzierung des erforderlichen Abstandes der PV-Elemente zu den NRWG auf 3,5 Meter führte, das heißt, die Hälfte der zuvor festgestellten sieben Meter. Bei der Kombination von drei Optimierungsmaßnahmen (Vergrößerung der Windleitwände umlaufend um die drei offenen Seiten, gleichzeitig deren Erhöhung auf 400 Millimeter und Reduzierung des Öffnungswinkels der Klappe) konnte der Abstand der PV-Elemente auf 1,5 Meter verringert werden.

Im Rahmen seiner Masterarbeit [10] hat Christian Metz im Windkanal des I.F.I. eine Reihe von Kombinationen von Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und PV-Systemen auf Dächern systematisch mit dem Ziel untersucht, einerseits die aktuell geforderten Mindestabstände zu überprüfen und andererseits Maßnahmen zur Maximierung der Dachflächennutzung für die PV-Systeme zu betrachten. Bestandteil der Untersuchung waren sowohl unterschiedliche Ausrichtungen (Ost-West, Süd) und Aufbauhöhen von PV-Anlagen als auch verschiedene Aufsatzkranzhöhen und Windleitwandhöhen der NRWG. Ebenfalls wurden bei den unterschiedlichen Kombinationen Durchflussbeiwerte in Windsituationen mit Durchflussbeiwerten in Situationen ohne Wind verglichen. Im Rahmen der Masterarbeit wurden die Durchflussbeiwerte der untersuchten Geräte betrachtet. Dabei handelt es sich um das Verhältnis der aerodynamisch wirksamen Fläche zur Bezugsfläche der NRWG.

Ein interessantes Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass die geringsten Durchflussbeiwerte (entspricht den geringsten aerodynamisch wirksamen Flächen) häufig nicht bei den kleinsten Abständen zwischen PV-Anlage und Natürlicher Rauch- und Wärmeabzugsanlage auftreten. Ursache dafür sind die bereits oben erläuterten Wirbel der Anströmung auf die NRWG, die sich durch die von den PV-Systemen produzierten Störungen hinter den PV-Systemen ausbilden. Als Beispiel dafür lässt sich aus **Abb. 8** entnehmen, dass bei einer Aufsatzkranzhöhe des NRWG von 500 Millimetern und einem PV-System in Ost-West-Ausrichtung mit einer Höhe von 300 Millimetern die aerodynamisch wirksame Fläche bei einem Abstand des PV-Systems von 0,5 Meter und wieder bei fünf Metern eingehalten werden kann, während bei einem Abstand dazwischen die gewünschte Wirksamkeit nicht gegeben ist. Bei einer Aufsatzkranzhöhe von mehr als oder gleich 500 Millimetern wird die Wirksamkeit der NRWG bei allen untersuchten Abständen zwischen 0,5 und fünf Metern eingehalten. Bei PV-Systemen in Süd-Ausrichtung, die mit einer Höhe von 1000 Millimetern untersucht wurden (siehe **Abb. 9**), zeigt sich, dass die aerodynamisch wirksame Fläche bei einem

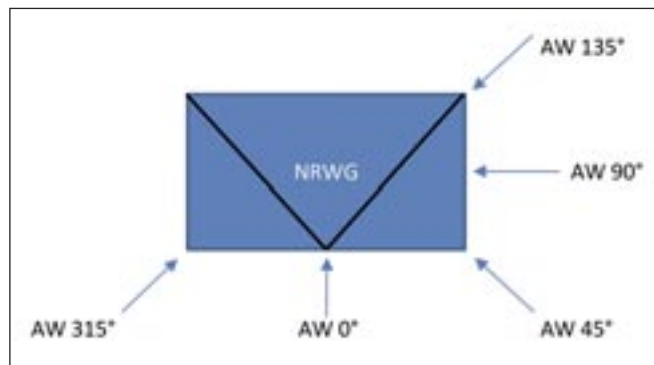


Abb. 7: Verschiedene Anströmrichtungen auf das Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgerät

Abstand von fünf Metern am meisten beeinträchtigt wird. Auf der anderen Seite kann die Abschattungswirkung der PV-Elemente bei einem niedrigeren Aufsatzkranz und einem geringen Abstand zwischen PV-Element und NRWG einen positiven Einfluss auf die aerodynamisch wirksame Fläche des NRWG haben.

Die ersten Ergebnisse aus den Versuchen für das oben dargestellte Bauprojekt deuten auf eine zusätzliche, durch auf der Dachfläche angeordnete Wechselrichter verursachte Abminderung der aerodynamischen Wirksamkeit der NRWG hin. Hierbei handelt es sich um erste Aussagen, die durch systematische Untersuchungen mit mehr Anordnungen bestätigt oder nuanciert werden müssen.

9 Zusammenfassung

Die vom I.F.I. und von Christian Metz durchgeführten Versuche zeigen deutlich, dass PV-Anlagen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen auf Dächern sich gegenseitig beeinflussen. Die Untersuchungen zeigen auch, dass die oben zitierten Anforderungen der Verbände an die Mindestabstände zwischen PV-Elementen und NRWG nicht ausreichen, um eine negative Beeinflussung der NRWG durch die PV-Elemente auszuschließen.

Bei den Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass auch die Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen erhebliche Auswirkungen auf die PV-Anlagen haben können. Im vorgestellten ungünstigsten Fall der höchsten Abstandsanforderungen ist ein Verlust der nutzbaren Dachfläche für die PV-Elemente von 260 Quadratmetern pro NRWG bei einem erforderlichen Abstand von sieben Metern ermittelt worden. Bei Gebäuden, deren Entrauchung noch nach alter Industriebaurichtlinie mit der Anforderung von einem NRWG pro 200 Quadratmeter umgesetzt wurde, wäre also in dem hier genannten Fall absolut keine PV-Anlage umsetzbar.

Gleichzeitig konnte nachgewiesen werden, dass geeignete Maßnahmen wie Optimierungen an den Windführungen zu einer Reduzierung der Abstände zwischen den PV-Systemen und den NRWG führen können, ohne dass die aerodynamische Wirksamkeit der Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen beeinträchtigt wird.

Wenn bei der mehrfachen Nutzung von Dachflächen durch PV-Systeme und NRWG bestehende NRWG angepasst werden, ist allerdings zu beachten, dass diese Maßnahmen in die Zertifizierung der Geräte eingreifen. In den letzten zwanzig Jahren wurden die NRWG auf Wunsch der Architekten und Bauherren immer mehr mit Blick auf ein sehr flaches Erscheinungsbild entwickelt, sodass fast alle am Markt verfügbaren

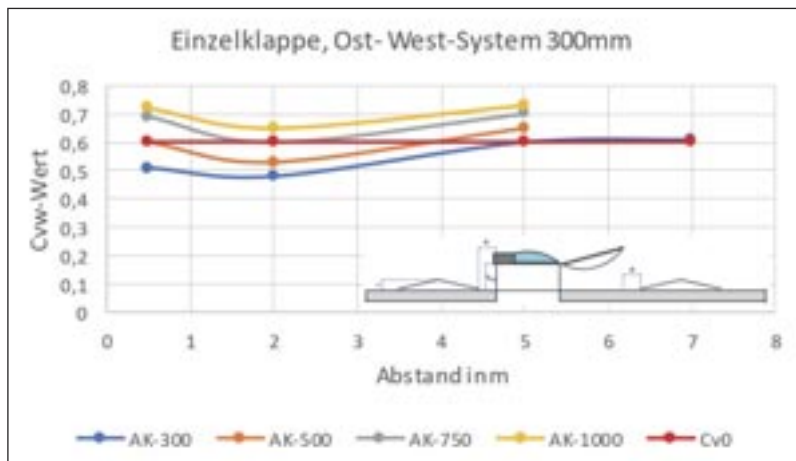


Abb. 8: Untersuchung an einer Einzelklappe bei PV-Ost-West-System aus: Masterarbeit C. Metz [10]

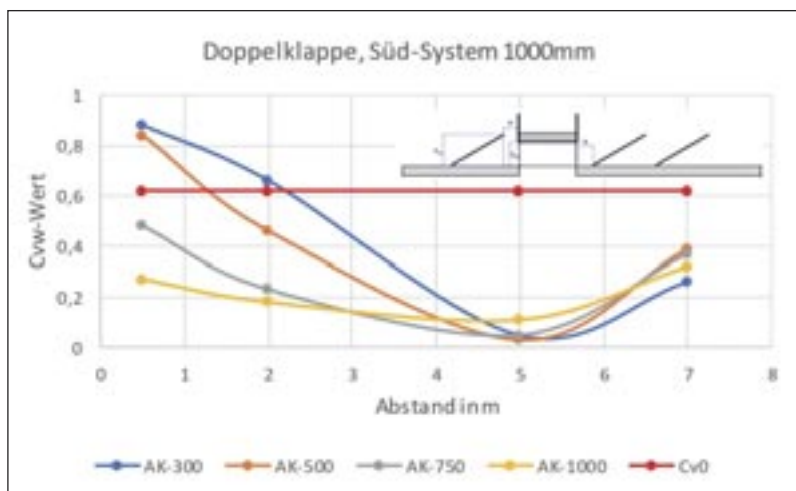


Abb. 9: Untersuchung an einer Doppelklappe bei PV-Südsystem aus: Masterarbeit C. Metz [10]

NRWG sehr große Öffnungswinkel, möglichst kleine Windleitwände und niedrige Aufsatzkränze aufweisen.

Die in dem vorliegenden Beitrag vorgestellten Untersuchungsergebnisse sind erste Schritte in Richtung eines besseren Verständnisses der Wechselwirkungen von Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und PV-Systemen auf Dächern und der Erarbeitung von Optimierungsansätzen. Es sind noch zahlreiche Untersuchungen an unterschiedlichen Konstellationen von Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsysteme-

men (Doppelklappen, Lichtbandgeräten, et cetera) und PV-Systemen (Nord-Süd-Systeme, Ost-West-Systeme, oberflächenparallele Systeme, et cetera) erforderlich, bevor belastbare allgemeingültige Aussagen getroffen werden können. Zum aktuellen Stand sind konkrete Aussagen, Empfehlungen und Nachweise für die Natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen nur durch individuelle Untersuchungen für individuelle Projekte möglich. Unter Berücksichtigung der EN 12101-2 müssen die Nachweise durch Untersuchungen in Windkanälen von akkreditierten Stellen erbracht werden.

10 Literatur

- [1] DIN 4426:2017-01 Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen – Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege – Planung und Ausführung
- [2] Vds 2098:2022-10 Vds-Richtlinien für natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (NRA) – Planung und Einbau
- [3] Vds 3145:2017-11 Photovoltaikanlagen
- [4] Ulrich Koch, Abstände von Rauchabzügen zu Photovoltaikanlagen; Feuertrutzmagazin Oktober 2021
- [5] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-Verkaufsstättenverordnung – MVKVO); Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz 2014
- [6] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO); Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz; Stand 2014
- [7] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL); Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz; Stand Mai 2019
- [8] DIN EN 12101-2:2017-08 Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte; Deutsche Fassung EN 12101-2:2017
- [9] DIN 18232-2, Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderungen und Einbau; Beuth Verlag; November 2007
- [10] Christian Metz, Einfluss von Photovoltaikanlagen auf Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen; Masterarbeit; Technische Akademie Südwest an der Hochschule Kaiserslautern, 2023

Ein zeitgemäßer Vorschlag zur Organisation der Datenbasis für die nächste Normengeneration

Könnte man nicht auf der Grundlage definierter Qualitätsanforderungen überall bestehende und gepflegte Datenpools für die Genese künftiger Regelwerke nutzen?

Moderne Normen werden heute vorwiegend auf der Grundlage wissenschaftlicher Versuche formuliert, die häufig in einzelnen Datenbanken gespeichert werden. Aus Sicht der Autoren des folgenden Beitrags sollte für die Evolution künftiger Normengenerationen dieser gewaltige Datenschatz zusammengeführt werden. Basierend auf definierten Qualitätsanforderungen und sinnvoll zweckmäßig kombiniert, könnten auf diese Weise diverse Reservoirs an Wissen und Erfahrung für die Formulierung normativer Regelungen gewichtet, algorithmisch ausgewertet, unabhängig geprüft und für die Normenarbeit adäquat genutzt werden. Diese Vorgehensweise erscheint mittlerweile dringend notwendig, denn es wächst die Gefahr, dass diese Daten für die Formulierung von Tragwerksmodellen oder ganzen Normen nicht von der wissenschaftlichen Gemeinschaft, sondern von fachfremden Firmen, Personen und automatisierten Systemen ausgewertet und verwendet werden.

1 Einführung

Die Entwicklung von Normen erfolgt unter anderem mit dem Ziel der Gewährleistung der Sicherheit der Bauwerke. Grundlage für die Normen bilden verschiedene Arten von Eingangsdaten. Die Gewinnung der Eingangsdaten unterliegt gewissen Zwängen, wie zum Beispiel den geometrischen Grenzen für Versuchskörper. Trotzdem liegen heute in einem gewaltigen Umfang Daten vor. Diese Daten sollten, basierend auf definierten Qualitätsanforderungen, zusammengeführt und deren Speicherung längerfristig sichergestellt werden. Aufgebaut auf diesen umfangreichen Daten können normative Regelungen unabhängig geprüft und angepasst werden. Gleichwohl muss auch auf die Gefahren und Grenzen einer solchen datenbasierten Bemessungen hingewiesen werden. Denn es ist vorstellbar, dass anstelle der wissenschaftlichen Gemeinschaft grosse IT-Firmen diese Daten zusammenführen, verwalten und finanziell verwerten.

In [1] sind die beobachteten Gewinne der Bauwerkssicherheit durch die Entwicklung von Normen und Bauvorschriften über die Jahrzehnte diskutiert und empirisch nachgewiesen worden. Allerdings spielen für

die Bauwerkssicherheit auch andere Einflüsse eine wesentliche Rolle, beispielsweise die Instandhaltung bestehender Bauwerke oder das Ausbildungsniveau im Baugewerbe. So lag die Einsturzhäufigkeit von Straßenbrücken unter Verkehr bei gleicher normativer Grundlage in Italien im letzten Jahrzehnt eine Zehnerpotenz höher als in anderen Industriestaaten oder bei der italienischen Eisenbahn. Dies könnte ein Indiz für die unzureichende Bauwerksunterhaltung sein. Die Einsturzhäufigkeit von neu errichteten Gebäuden liegt in Entwicklungsländern mindestens eine Zehnerpotenz über den Werten in Industriestaaten bei gleicher normativer Grundlage, aber bei einem deutlich schlechteren Ausbildungsstand [2]. Gleichzeitig gibt es auch in Mitteleuropa Indizien für eine sinkende Bauwerkssicherheit durch inhomogene, überkomplexe und sich widersprechende normative Anforderungen [3], [4]. Daher müssen Baunormen und Bestimmungen einem Abgleich mit Beobachtungen wie Einstürzen und Schäden unterliegen.

Die Berücksichtigung von Einstürzen oder Schäden für die Normen und Baubestimmungen findet allerdings nur dann unmittelbar statt, wenn dies nach reproduzierbarer Schadensursachenklärung zur Gefahrenabwehr notwendig ist [5], [6]. Häufig finden politisch motivierte Änderungen von Baubestimmungen nach Einstürzen mit besonderer medialer Beachtung statt [3]. Gleichzeitig ist bekannt, dass die Datenbanken von Brückeneinstürzen mit aller Wahrscheinlichkeit systematische Fehler aufweisen und somit nicht direkt für die Weiterentwicklung der Normen angewendet werden können.

Die Weiterentwicklung des technischen Regelwerks, neben Normen sind das auch (anerkannte) Regeln der Technik und Technische Baubestimmungen, die die Aufgabe haben, zu präzisieren, wie technisch zu verfahren ist, basiert überwiegend auf kleinteiligen wissenschaftlichen Untersuchungen in Forschungseinrichtungen und dem Bedarf, technische Innovationen aufgrund erreichter Anwendungserfahrung zu standardisieren. Diese wissenschaftlichen Untersuchungen finden aus statistischer Sicht mit einem begrenzten Stichprobenumfang statt, bieten allerdings die Möglichkeit, die aus Vorkenntnissen bekannten Eingangsgrößen beziehungsweise Effekte im Detail zu beobachten, seltener jedoch alle tatsächlichen signifikanten Eingangsgrößen auch ziel sicher zu quantifizieren. Beispielsweise existieren Untersuchungen der Eingangsgrößen einer Bauart in Abhängigkeit vom Verhältnis des vorhandenen Moments zum Bruchmoment.



Prof. (FH) Dr.-Ing. habil. Dirk Proske, MSc. war nach Studium, Promotion und Habilitation für mehrere Ingenieurbüros auf internationalen Baustellen tätig und ist seit 2018 Professor für Risikomanagement und Studiengangleiter Master Engineering an der Berner Fachhochschule für Architektur, Holz und Bau in Burgdorf (Schweiz);

zusammen mit:

Professor André T. Beck, Fakultät für Bauingenieurwesen, Universität São Paulo, Brasilien;

Dr.-Ing. Lars Eckfeldt, Referatsleiter Beton- und Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin;

Prof. Dr. Robby Caspeele, Labor Magnel-Vandepitte, Fachbereich Baustatik und Baustoffe, Universität Gent

Im Gegensatz zu den Versuchsdaten mit begrenzten Stichprobenumfängen liegen auch Datenbanken mit großen Stichprobenumfängen vor, zum Beispiel für das Kriech- und Schwindverhalten von Beton [7]. Diese Datenbank umfasst 1400 Kriech- und 1800 Schwindkurven. Auch für Querkraftversuche wurde im Rahmen der Arbeit des zuständigen Unterausschusses des Technischen Komitees 250 des Europäischen Komitees für Normung (CEN/TC250/SC2) eine Datenbank erstellt, zum Beispiel [8], [9]. Allerdings konzentrieren sich solche Datenbanken häufig, wenn nicht sogar ausschließlich, auf Geometrien, die im Labor umsetzbar sind, und nicht auf Geometrien, die in der Baupraxis vorzufinden sind. So wurde im Rahmen der Überarbeitung der EN 1992-1-1 eine Vielzahl neuer Entwurfsformeln diskutiert, deren Anwendungsgrenzen teilweise auf fehlenden experimentellen Daten basieren. Diese Anwendungsgrenzen werden aber in der Bauindustrie häufig überschritten. Realgrößenversuche werden gelegentlich für Erdbebeneinwirkungen durchgeführt.

Positiv ist herauszustellen, dass im Rahmen der Normenentwicklung teilweise eine generelle Methodik zur Bestimmung von Eingangsgrößen vorgeschlagen wurde, zum Beispiel für die Ermittlung von q-Faktoren bei Erdbebennachweisen [10].

Wünschenswert wären einheitliche Regelungen für die Entwicklung der Datenbasis für alle normativ behandelten Fragestellungen, also für alle Baustoffe oder alle Nachweise, wie Querkraft, Biegung et cetera. So könnte zum Beispiel ein standardisierter Umgang mit zensierten Daten, Ausreißern oder multimodalen Daten innerhalb aller Versuchsauswertungen für Normen anwendbar sein. Prinzipiell ist dies heute möglich, da zum Beispiel Normen für den Umgang mit Ausreißern oder zensierten Daten vorliegen. Gleichwohl werden in der Praxis solche Fragen häufig in Promotionen bearbeitet, für die sich die Bearbeiter in ein Fachthema einarbeiten und andere Aspekte auf Grund begrenzter Zeitressourcen und Finanzierungen nicht oder kaum beachten. Ähnliche Diskussionen gab es bereits bei der Erstellung der ersten Generation der Eurocodes, zum Beispiel bei der Diskussion einheitlicher Regelungen für die Bestimmung des 5%-Fraktilwertes von Baustofffestigkeiten und der Berücksichtigung der Vertrauensbereiche. Die neue Normengeneration hat diesen Pfad auch schon bei der Herauslösung der Sicherheitskonzepte aus den bauwerksspezifischen Normen beschritten, wie zum Beispiel bei der Einführung der DIN 1055-100 oder des Euro-

code 0. Insofern ist der hier vorgeschlagene Pfad eine konsequente Fortführung der derzeitigen Entwicklungen.

2 Aufgaben und Grenzen von Normen

Normen führen, gegründet auf als richtig anerkannten Kenntnissen, technische Erkenntnisse zur Regelung bestimmter Produkte und Verfahren zusammen [11]. Die Aufgaben von Normen sind zum Beispiel die Unterstützung der Konstrukteure bei Entwurf und Konstruktion von Bauwerken, die Beschreibung der allgemein anerkannten Regeln der Technik oder die Abgrenzung des Be- und Ermessungsspielraums. Eine ausführliche Beschreibung der Ziele findet sich in **Tabelle 1**.

In **Tabelle 1** sind die Punkte der Sicherheit und des Schutzes grau hervorgehoben, denn eines der wichtigsten Ziele der Entwicklung der Normen ist der Umgang mit Unsicherheiten und Risiken [12]: Normen sollen die Gefährdung der öffentlichen Sicherheit durch das Produkt, sprich Bauwerk, begrenzen [11]. Die Einschätzung der verbleibenden Unsicherheit beziehungsweise der eingeführten Sicherheitskonzepte zum Umgang mit der Unsicherheit basieren auf theoretischen Überlegungen und auf praktischen Beobachtungen. Seit mindestens einhundert Jahren werden verschiedene mathematische Formen der Beschreibung der Unsicherheit in Baunormen diskutiert. Dabei haben sich derzeit weltweit stochastische Methoden durchgesetzt. Deshalb basieren die heutigen Baunormen im Wesentlichen auf Versagenswahrscheinlichkeiten und deren Vereinfachungen in Form von semi-probabilistischen Sicherheitskonzepten.

Die Zielwerte für die damit umgesetzten Sicherheitskonzepte wurden früher auf Grund von Erfahrung bestimmt, heute können sie aus Risikoanalysen oder Analysen der Lebensqualität hergeleitet werden. Gerade für den Brandschutz wurden in Mitteleuropa zahlreiche Promotionen geschrieben, die Parameter der Lebensqualität zur Effizienzbewertung von Schutzmassnahmen verwenden und damit Grundlagen für die Normenerstellung liefern (wie zum Beispiel [13]).

Die risikobasierte Norm unter expliziter Berücksichtigung von Versagenswahrscheinlichkeiten und Versagenskonsequenzen wird vermutlich nur für aussergewöhnliche Einwirkungen, wie Erdbeben oder

Parameter	Erläuterung
Wirtschaftlichkeit	Standardisierung ist ein wesentlicher Faktor für Wettbewerb, freien Warenverkehr und wirtschaftliches Wachstum. Standardisierung ermöglicht geringe Kosten bei höheren Produktionsumfängen.
Vereinfachung	Standardisierung erlaubt die Vereinfachung von komplexen Zusammenhängen und vereinfacht dadurch die massenhafte Anwendung von Wissen.
Sicherheit	Durch die Anwendung von Normen werden eine hohe Sicherheit für Leib und Leben der Nutzer und eine hohe Zuverlässigkeit erreicht.
Austauschbarkeit	Austauschbarkeit der Produkte bei gleicher Leistungsfähigkeit verstärkt den Wettbewerb.
Kommunikation	Standards bieten eine wesentliche Kommunikationsgrundlage für Anbieter und Kunden.
Schutz	Normen bieten einen Schutz für die Interessen der Anbieter und der Kunden. Dieser Schutz kann sich zum Beispiel auf Qualitätsanforderungen beziehen.
Handelsbarrieren	Nationenübergreifende Normen, wie beispielsweise die Eurocodes oder harmonisierte Normen, führen zum Abbau von Handelsbarrieren oder technischer Handelshemmnisse (EU BauPVO, Erwägungsgrund (6))
Unterstützung	Normen können die Umsetzung politischer Ziele unterstützen, ermöglichen beziehungsweise durchsetzen, wenn sie mit nationalen oder internationalen Rechtsvorschriften verbunden sind.

Tab. 1: Ziele der Normierung nach den Standards der Internationalen Organisation für Normung (ISO) und des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) / aus [12]

Brand, sinnvoll sein. Die probabilistische, also die allein an den Versagenswahrscheinlichkeiten orientierte Norm, wird vermutlich überwiegend für die Skalierung der semi-probabilistischen Norm verwendet werden, sodass am Ende eine Kalibrierung des Sicherheitsniveaus entweder am quantifizierten Schadensniveau (Grundlage für ALARP = As Low As Reasonably Practicable = so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel) oder an der Versagenswahrscheinlichkeit erfolgt. In der Schweiz vollzieht sich zum Beispiel gerade die Entwicklung einer risikobasierten Brandschutznorm.

Die theoretisch mögliche, aber praktisch kaum umsetzbare vollständige Berechnung der Risikowerte beziehungsweise der Versagenswahrscheinlichkeiten aller Entscheidungspunkte einer Norm im Rahmen von Forschungsarbeiten reicht allerdings nicht aus, um die Qualität von Bauwerken zu bewerten. Eine Norm legt zwar die Vorgehensweise für einen baustoffspezifischen Biegenachweis fest, aber sie sagt nichts über die Aufteilung der Anzahl und Durchmesser der Bewehrung aus, sie untersagt auch nicht, mehr Bewehrung oder einen anderen Querschnitt zu verwenden, was unter Umständen nicht allein auf bauliche, sondern auf technische oder wirtschaftliche Gründe zurückzuführen ist. Das heisst: Die beobachtete Einsturzhäufigkeit von realen Bauwerken durch Biegung lässt sich nur bedingt mit der Versagenswahrscheinlichkeit durch Biegung von im Labor untersuchten Balken vergleichen, gleichwohl mögen die im Labor untersuchten Balken die Grundlage der Bemessung der realen Bauwerke sein.

Die Vielfalt und weitere Zunahme der Nachweise und baulichen Anforderungen, wie zum Beispiel die Nachweise

- der baulichen Gebrauchstauglichkeit,
- der Tragfähigkeit,
- des Schallschutzes,
- des Brandschutzes,
- der Nachhaltigkeit,
- der Recyclingquote,
- der psychologischen Gebrauchstauglichkeit und Funktionalität (Beleuchtung, Wärme, Kälte),
- der architektonischen Qualität (Stadtentwicklung, Landschaftsentwicklung),
- des Denkmalschutzes,
- des Umweltschutzes,
- des Gewässerschutzes

erschwert den Rückschluss der Qualität einer Norm auf die Qualität eines Bauwerkes. So können Nachhaltigkeitsüberlegungen zur Entscheidung führen, mehrgeschossige Gebäude allein aus Holz zu planen, aber Gebrauchstauglichkeitsnachweise zur Beschränkung der Schwingungen führen dann doch wieder zum Einbau von Betondecken. Auch können die Einsparungen an den Nachweisen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit durch erhöhte Anforderungen der Gebrauchstauglichkeit verschwinden, wobei letztere ganz andere Zielversagenswahrscheinlichkeiten besitzen, nämlich 10^{-3} statt 10^{-6} pro Jahr.

Auch eine Änderung des Sicherheitsformates einer Norm liefert keine Aussage darüber, ob die Norm besser im Sinne einer erhöhten oder wirtschaftlicheren Sicherheit wird. Vielmehr erlauben unterschiedliche Sicherheitsformate unterschiedlich feine Anpassungen des Sicherheitsniveaus an nachweisspezifische Verhältnisse.

Man kann dies sehr einfach an einem Beispiel zeigen: Eine Brücke mag durch ein konstruktives Detail einstürzen, zum Beispiel durch die Nichterfüllung des Beulnachweises mangels unterdimensionierter Beulsteifen in kritischen Bereichen bei nichtberücksichtigter Lastumlagerung,

welche zu einer lokalen Instabilität und nachfolgend zu einem Teilver-sagen führen. Eine Risikoanalyse kann aber dieses Detail in der Modellierung genauso vernachlässigen, wie ein Nachweis mittels globalen Sicherheitsfaktors. Was die Risikoanalyse unter Umständen besser zeigt, ist, dass ein Versagen dieses Details katastrophal wäre. Dies wäre dann eine Motivation, diesem Detail mehr Beachtung zu schenken. Der Nachweis mit globalem Sicherheitsfaktor kann dies nur in vereinfachter Weise erfassen, wie zum Beispiel die Wahl des globalen Sicherheitsfaktors von Stahlbeton zwischen 1,75 für Biegung und 2,1 für Stabilitätsversagen differenziert. Erfahrene Ingenieure berücksichtigen solche Effekte aber oft und wählen den Ort und den Nachweistyp eines rechnerischen Versagens im Bauwerk.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Anwendung neuer Sicherheitskonzepte, die Entwicklung risikobasierter Normen, die immer weiter steigende Nachweisedichte verschiedener Zielkriterien kein Garant für bessere Bauwerke ist [3], [4]. Man muss also sehr genau beobachten, welches Verhalten die realen Bauwerke zeigen.

3 Datengrundlage von Baunormen

Für die Bewertung von Bauwerken steht eine Vielzahl von Datenquellen zur Verfügung. Zunächst einmal werden Bemessungsverfahren im Bauwesen über Laborversuche hergeleitet. Basierend auf beobachteten und gemessenen Rissen, Verformungen, Dehnungen und Stauchungen werden Theorien der relevanten Tragmechanismen und vereinfachte Bemessungsgleichungen entwickelt. In der Regel ist die Versuchszahl in einzelnen Versuchskampagnen gering, häufig werden solche oder in einigen Parametern differenzierte Versuche zu einem späteren Zeitpunkt oder durch andere Forschungseinrichtungen wiederholt. Die Versuche werden meistens bis zum Bruch durchgeführt. Es handelt sich überwiegend um Bauteilversuche, nicht um vollständige Bauwerke. Gleichwohl gibt es gerade im Bereich des Erdbebeningenieurwesens Beispiele für die Untersuchung vollständiger Bauwerke. Dies stellt aber eine Ausnahme im Bauwesen dar.

Darüber hinaus werden an bestehenden Bauwerken eine Vielzahl von Bauwerksdaten erfasst. So unterliegen die meisten Infrastrukturbauwerke, insbesondere Brückenbauwerke, regelmässigen Inspektionen. Diese meistens visuell und handnah durchgeführten Inspektionen erfassen kleinere Schäden. Sie bilden je nach Befund die Grundlage für das kontinuierliche Brückenmanagement oder gegebenenfalls auch tiefergehende Prüfungen und Instandsetzungen. Sie können unter Umständen auch die Planung von Überwachungsmaßnahmen als Kompensationsmaßnahme im Sinne von *Structural Health Monitoring* (SHM) auslösen. SHM beschreibt die automatisierte Erfassung von Einwirkungen und Bauwerkeigenschaften durch eine Vielzahl von Technologien. Dazu gehören zum Beispiel Verformungsmessungen an als gefährdet identifizierten Bauwerksabschnitten, beispielsweise im Bereich von Biegeverformungen oder Schubfeldern. Die Einwirkungen liegen in der Regel im Gebrauchslastniveau.

Experimentelle Traglastversuche an realen Bauteilen beziehungsweise Bauwerken im Feld erlauben, bei entsprechendem Ausgang, die Identifizierung und Berücksichtigung von Überkapazitäten. Diese sind bedingt durch konservative Annahmen in Berechnungen bei den Baumaterialien, grobe Traglastmodelle, vereinfachte Sicherheitsfaktoren, linear-elastische Schnittgrößen ohne Schöpfung des Umlagerungspotentials und positive zeitabhängige Effekte. Mit den Ergebnissen dieser Versuche erfolgt in der Regel keine genaue Zuordnung zu kausalen Modellen, sondern vielmehr eine pauschale Extrapolation, basierend auf einem hinsichtlich des im Versuch exemplarisch realisierten Prüf-

Datengrundlage	Lastniveau	Element	Stichprobenumfang	Bemerkung
Laborversuche	Bruchlast	Bauteil	In der Regel wenige, häufig über Jahre und Jahrzehnte zahlreiche, allerdings unter verschiedenen Rahmenbedingungen	Grundlage für die Entwicklung von Grenzzustandsgleichungen
Inspektionen, Zustandsklassen	Gebrauchslast oder extrapolierte Mindesttraglast	Bauwerk	Alle Brücken auf Bundesstrassen, Autobahnen, bei der Bahn	Zusammenhang zwischen Zustandsklassen und Versagenswahrscheinlichkeiten
Structural Health Monitoring	Gebrauchslast	Empfindliches Bauteil (SHM), nur selten ganzes Bauwerk	Hunderte, Tausende	Unter Berücksichtigung von Verkehrslasten, Temperatur, ... Informationen über Bauwerk (Steifigkeiten etc.), häufig fokussiert auf die untersuchten Versagenszustände
Bauwerksschäden	Zugeordnete dauerhafte Gebrauchslast oder Lastniveau bei bekanntem Schadensereignis, häufig Baustoffprobleme, Beispiel [14]	Bauteil oder Bauwerk	Tausende, alle Bauwerke	Bezug zu Zustandsklassen
Experimentelle Traglastversuche	Erhöhte Gebrauchslast oder extrapolierte Mindesttraglast	Bauwerk	Hunderte	Updating der Nutzlast und der Versagenswahrscheinlichkeit
Experimentelle Traglastversuche	Bruchlast	Bauwerk	Wenige	Identifikation von Reserven in den Modellen
Einstürze	Bruchlast	Bauwerk	Alle Bauwerke	Entspricht theoretisch nicht der Versagenswahrscheinlichkeit

Tab. 2: Datengrundlagen für die Sicherheitsbewertung von Bauwerken

regimes – denn die Bauwerke werden üblicherweise nicht bis zum Bruch belastet, sondern nur auf Gebrauchslastniveau, sonst ergibt die Anwendung des Verfahrens keinen wirtschaftlichen Vorteil.

In seltenen Fällen werden einzelne verzichtbare Strukturen oder Bauwerke bis zur Bruchlast getestet. Dabei können durch den Vergleich von Rechnung und Beobachtung konservative Annahmen in den Berechnungsmodellen identifiziert werden.

In einer abstrakten Sichtweise gehören auch Einstürze von Bauwerken als unkontrollierte Bruchversuche dazu. Dabei wird oft eine große Anzahl an Bauwerken, interpretierbar als große Stichprobenumfänge, grossflächigen aussergewöhnlichen Einwirkungen ausgesetzt (Fluten, Erdbeben, Lawinen und Murenabgängen, extremen Windereignissen). Allerdings tragen auch hier Unterschiede in Standort, Höhe und Ausführung der Bauwerke eine gewisse Unbestimmtheit in die Daten ein. Nicht alle betroffenen Bauwerke stürzen ein oder versagen teilweise, sondern eine erhebliche Anzahl der Bauwerke erfährt nur Schäden.

Tabelle 2 fasst die geschilderten Datengrundlagen zusammen. Es muss darauf hingewiesen werden, dass die zahlreichen, zum Beispiel in [2] genannten Datenbanken zu Brückeneinstürzen systematische Fehler aufweisen, weil sie auf Einstürze mit Todesopfern fokussieren. **Tabelle 3** listet eine kleine Auswahl solcher Datenbanken auf. Man könnte argumentieren, dass das im Sinne der ALARP-Matrix zielgerichtet erfolgt. Es ist aber vermutlich allein auf die Verfügbarkeit der Daten zurückzuführen, denn ein Grossteil der Brückeneinstürze durch grossflächige aussergewöhnliche Einwirkungen wird kaum oder nur eingeschränkt dokumentiert.

Bauwerkstyp	Einwirkung	Land	Referenz
Brücken	Alle, Verkehr	Deutschland	[17]
Brücken	Alle, Verkehr	USA	FHWA
Brücken	Brand	Weltweit	[18]
Brücken	Hochwasser	Vermont, USA	[19]
Brücken	Alle	Weltweit	IABSE TG1.5
Brücken	Alle	Weltweit	[20]

Tab. 3: Beispiele von Datenbanken von Einstürzen beziehungsweise Schäden an Brücken

In [3] werden die Konsequenzen von medial stark wahrgenommenen Einstürzen beziehungsweise Schäden beschrieben. Der Autor stellt fest, dass in der Aufarbeitung und Reaktion oft adhoc neue und schärfere Regeln aufgestellt werden, um solche Schadensereignisse in der Zukunft auszuschliessen. Es wird aber nicht geprüft, ob solche Schadensereignisse akzeptabel oder die sich aus den schärferen Regelungen ergebenden Schutzmassnahmen effizient sind. Eine gesamtheitliche Beurteilung der langfristigen Konsequenzen des Handelns muss bei zu bedenkender Gefahr im Verzug zunächst in den Hintergrund treten.

Aber: Sind solche Beurteilungen heutzutage überhaupt möglich? In [16] wird auf den unterschiedlichen Umfang und die unterschiedliche Qualität der Datenbanken im Hinblick auf Auskolkungen an Brücken hinge-

wiesen, zum Beispiel der *National Bridge Inventory (NBI)*, einer Datenbank mit Informationen über alle Brücken und Tunnel in den Vereinigten Staaten, über die oder unter denen Straßen verlaufen, und den Brückenunterlagen des Verkehrsministeriums des US-Bundesstaates Iowa. Darüber hinaus fehlen in den Datenbanken wichtige Parameter, wie zum Beispiel die Bodeneigenschaften, die erhebliche Auswirkungen auf das Auskolkungsverhalten von Brücken und damit auf die Einsturzhäufigkeit besitzen.

Ausserdem existiert eine Vielzahl von Case-Studies an bestehenden Bauwerken mit Schäden. Leider werden aber nur in den seltensten Fällen daraus Schadens-Datenbanken erstellt. Zwar besitzen viele Infrastrukturbetreiber Datenbanken, diese sind aber oft unvollständig oder berücksichtigen nur bestimmte oder zu viele Aspekte. So beziehen sich Zustandsklassen von Brücken auch auf die Verkehrssicherheit, die nicht für die Bewertung der Tragstruktur relevant ist. Darüber hinaus unterscheidet sich die Qualität der Daten erheblich zwischen den einzelnen Bauwerkstypen, wie zum Beispiel Brücken und Stützbauwerken. Ziel muss es also sein, alle verfügbaren Daten adäquat ihrer Evidenz zusammenzuführen.

Wie bereits eingangs erwähnt, kann man den positiven Effekt von Normen auf die Bauwerkssicherheit trotz aller Unsicherheiten nachweisen. **Tabelle 4** listet Einwirkungen auf, für die prinzipiell ein Vergleich von Normen vorliegt. Dabei werden drei Einwirkungen genannt: Erdbeben, Brand und Hochwasser.

Erdbeben bilden die Hauptursache für Einstürze von Gebäuden, Hochwasser bilden die Hauptursache für Einstürze von Brücken. Für andere Bauwerkstypen könnten auch weitere Einwirkungen untersucht werden, wie zum Beispiel Wind für schlanke und leichte Tragkonstruktionen. Solche Vergleiche können insbesondere auch für die Bestimmung der erforderlichen Kosten zur Berücksichtigung dieser aussergewöhnlichen Einwirkungen in den neuen Normen genutzt werden.

Tabelle 4 enthält relativ wenige Informationen über Hochwasser. Bei Hochwassern spielen neben den eigentlichen konstruktiven Parametern zahlreiche weitere nichtbauliche Eingangsgrößen eine wichtige Rolle. Beispielsweise untersuchen [21] die maßgeblichen Eingangsgrößen für Hochwasser an 297 Brückeneinsturzstellen in den USA. Dazu werden hydraulische und hydrologische Parameter erfasst und bewert-

et. Wesentliche Parameter in dieser Referenz beziehen sich auf das Klima, den Boden, die Topografie und das Einzugsgebiet.

Menschliche Tätigkeiten besitzen ebenfalls einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Hochwassergefährdung an Brückenstandorten. Dies betrifft zum Beispiel Dämme und ihre Steuerung während Hochwassern, aber auch die Entwaldung oder die landwirtschaftliche Nutzung. Darüber hinaus werden mit wenigen Ausnahmen nicht Bauwerke direkt vor Hochwasser geschützt, sondern eher Siedlungen durch Dämme. Direkte Schutzmassnahmen an Gebäuden können flutfähige Keller, temporäre hochwasserdichte Abschlüsse von Lichtschächten und Kellerfenstern oder erhöhte Eintritte in Keller sein.

4 Schlussfolgerung

Moderne Normen werden auf Basis wissenschaftlicher Arbeiten und Erkenntnisse erstellt. Die wissenschaftlichen Arbeiten unterliegen oft bestimmten Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel Antragsritualen, Zeitgeist (man denke nur an KI), Kapazitätsgrenzen und stark veränderlichen vorhandenen Fachwissen auf Grund erheblicher personeller Fluktuationen im Hochschulbetrieb. Bei Forschungsanträgen werden die Bedeutung und der Bedarf der Forschungsprojekte durch Begutachtung geprüft.

Im Rahmen dieses Beitrages wird ein anderer Ansatz vorgeschlagen: Basierend auf der Bedeutung der Ursachen von Bauschäden und Einstürzen und den Kosten für die Verstärkung und Instandhaltung zur deren Vermeidung kann der äquivalente erforderliche Datenumfang geschätzt werden. In anderen Worten, wichtige Ursachen von Einstürzen sollten genauer untersucht werden als Ursachen, die nur einen geringen Beitrag leisten. Solche Wichtungen existieren bereits heute, zum Beispiel im Bereich des Erdbebeningenieurwesens. Auch wurden solche Vorüberlegungen im Rahmen der Vorbereitung der Überarbeitung der neuen Schweizer Brandschutzvorschrift durchgeführt. Dabei konnte auf den Datensatz der Versicherer zurückgegriffen werden.

Um diesem Vorschlag zu folgen, müssen Baustoff- oder Themenübergreifende Datenbanken vorliegen. Solche Datenbanken existieren heute zu Teilen bei grossen Infrastrukturbetreibern oder Versicherern. Allerdings zeigen statistische Auswertungen, dass nicht allein bauliche

	Erdbeben	Brand	Hochwasser
Vergleich der Bauwerke nach verschiedenen Normen	Vorhanden	Vorhanden	–
Kosten durch Verstärkungen bzw. Erhöhung der Anforderungen	0,5 bis 3% der Neubaukosten 0,5 – 30% bestehende Bauwerke	2,5 bis 4% allgemein, < 0,5% Eigenheim, 8% Einkaufszentren und Parkhäuser	Die Schutzmassnahmen erfolgen häufig am Gerinne, nicht an den Bauwerken selbst. Allerdings bestehen hier Ausnahmen, wie Schutz von Lichtschächten und Kellerfenstern. Die Wirksamkeit von Schutzmassnahmen und die Kosten wurden z.B. für Schweizer Alpine Naturgefahren untersucht.
Ursachen von Schäden bzw. Einstürzen untersucht	Ja	Ja	Ja
Schadensklassen	Ja	Ja	Ja
Auswirkung von Konstruktionsdetails	Bekannt	–	Bekannt

Tab. 4: Vergleich der Normen und deren Auswirkungen für die Bemessung der Einwirkungen Erdbeben, Brand und Hochwasser

Parameter die Schäden und Einstürze dominieren. Dies ist zum Beispiel im Brandschutz schon lange bekannt (Möbel, Wandbekleidungen, Technische Gebäudeausrüstung, Rauchen ...). Beim Einsturz von Brücken, der durch Hochwasser dominiert wird, spielen organisatorische Effekte, wie der Betrieb von Dämmen bei Hochwasser, oder wirtschaftliche Effekte, wie Entwaldung oder die Verfügbarkeit von Entlastungen und Polderflächen, eine wesentliche Rolle.

Gemeinsame Datenbanken, die unterschiedlichste Aspekte umfassen, können solche Zusammenhänge sichtbar machen. Prädestiniert für die Erkennung solcher Zusammenhänge sind natürlich die grossen IT-Firmen, sogenannte Torwächter, bei denen viele dieser Daten lagern und die über Algorithmen verfügen, die für die Erkennung von Zusammenhängen in hochparametrischen Räumen entwickelt wurden. Die heute existierenden Rahmenbedingungen zu Datenspeicherungen im wissenschaftlichen Bereich sind nicht für die hier vorgestellten Anforderungen geeignet.

So fordert die DFG, die Deutsche Forschungsgemeinschaft zur Förderung der Wissenschaft und Forschung in der Bundesrepublik Deutschland, nur eine zehnjährige Datenspeicherung.

Aus Sicht der Autoren müssen zunächst allgemeine Qualitätsanforderungen an solche Datenbanken formuliert werden. Es ist zu vermuten, dass die Datenpflege und die Qualitätsprüfung der Ergebnisse aufwendiger werden, als die Identifikation der Zusammenhänge durch Software. Dazu müssen finanzielle Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, die aber vermutlich langfristig geringer sind als die kontinuierliche Neubeschaffung von Daten durch wiederholte Versuche. Ansonsten besteht die reale Gefahr, dass zu einem späteren Zeitpunkt nicht nur Tragwerksmodelle durch fachfremde Personen oder automatisierte Systeme erstellt werden, sondern ganze Normen [22]. Das Problem fehlender fachlicher Überwachung ist schon heute bei der Übersetzung von Normen erkennbar.

5 Literatur

- [1] Proske, D. (2023): *Empirischer Nachweis der Sicherheitskonzepte im Bauwesen*, Bauingenieur, Vol. 98 (2023), Nr. 1-2, Seite 36-46
- [2] Proske, D. (2021): *Einsturzhäufigkeit von Bauwerken – Brücken – Dämme – Tunnel – Stützbauwerke – Hochbauten*, Springer Vieweg Wiesbaden
- [3] Bißwurm, A.: *Wie sicher ist sicher?* Editorial, Der Prüfenieur 56 | Mai 2020, Seite 3
- [4] Bauingenieur (2023): *Erdbebensicheres Bauen durch komplexe Normierungssituation erschwert*, 3/2023, <https://www.ingenieur.de/fachmedien/bauingenieur/wissen-bauingenieur/erdbebensicheres-bauen-durch-komplexe-normierungssituation-erschwert> / Zugriff: 15.9.2023
- [5] Birdgale, R.J.; Sims, F.A. (2009): *The effect of bridge failures on UK technical policy and practice*, in: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Engineering History and Heritage* (2009), 162, Issue EH1, Seiten 39–49, doi: 10.1680/ehh2009.162.1.39 / Zugriff 4.7.2019]
- [6] Ratay R. T. (2010) *Changes in Codes, Standards and Practice Following Structural Failures, Part 1: Bridges*, in: *Structure magazine*, Dezember 2010, Seiten 16-19
- [7] Hubler, M.H.; Wan-Wendner, R.; Bazant, Z.P.: *Comprehensive Database for Concrete Creep and Shrinkage: Analysis and Recommendations for Testing and Recording*, *ACI Materials Journal* 112(4), August 2015
- [8] Reineck, K.-H.; Fitik, B.: *ACI-DAFStb databases 2020 with shear tests on structural concrete members without stirrups - Volume 2: Part 2.6 to Part 7*, DAFSTB-Heft 635/2, 3/2022
- [9] Reineck, K.-H.; Fitik, B.: *ACI-DAFStb databases 2020 with shear tests on structural concrete members without stirrups – Volume 2: Part 1 to Part 2.5*, DAFSTB-Heft 635/1, 3/2022
- [10] Vamvatsikos, D.; Bakalis, K.; Kohrangi, M.; Pyrza, S.; Castiglioni, C.A.; Kanyilmaz, A.; Morelli, F.; Stratan, A.; D'Aniello, M.; Calado, L.; Proença, J.M.; Degee, H.; Hoffmeister, B.; Pinkawa, M.; Thanopoulos, P.; Vayas, I. (2020): *A risk-consistent approach to determine EN1998 behaviour factors for lateral load resisting systems*, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 131, April 2020, 106008
- [11] Schuppener, B.: *Warum brauchen wir Normen?* BAW-Kolloquium: *Aktueller Stand und Herausforderungen der Geotechnik im Verkehrswasserbau*, Karlsruhe, September 2009, Seite 71-84
- [12] Angelino, M., (2019) *Developing better design standards for the construction industry*, PhD dissertation, University of Bristol, Faculty of Engineering, March 2019
- [13] Albrecht, C. (2012) *A risk-informed and performance-based life safety concept in case of fire*, Dissertation, TU Braunschweig
- [14] Leemann, A.: *Reason for multibillion Euro construction damage elucidated – Brittle concrete walls: Empa researchers find the cause*, 20.12.2022, <https://www.admin.ch/gov/en/start/documentation/media-releases.msg-id-92321.html> / Zugriff: 15.9.2023
- [15] Franks, A.; Whitehead, R.; Crossthwaite, P.; Smail, L.: *Application of QRA in operational safety issues*. Research Report 025, Prepared by Det Norske Veritas Ltd for the Health and Safety Executive 2002, [https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr025.pdf#page=21/Stand 07.03.2023](https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr025.pdf#page=21/Stand%2007.03.2023)
- [16] Shahrehabaki, M.M.; Bektas, B.; Smadi, O. (2020) *Managing Network-Level Scour Risks for Iowa Bridges*, Center for Transportation Research and Education, Final Report, March 2020, Ames
- [17] Nagel L-M, Pauly M, Mucha V, Setzer J, Wilhelm F (2016) *Wettlauf gegen den Verfall*, Die Welt, <http://www.welt.de/politik/interaktiv/bruecken/deutschlandsbruecken-wettlauf-gegen-den-verfall.html>, https://docs.google.com/spreadsheets/d/1h_NKP3lvTnoQBFjCRa9gJLLOi2xtlMeNucvAUsPwt/edit?pref=2&pli=1#gid=0
- [18] Peris-Sayol, G.; Paya-Zaforteza, I.; Balasch-Parisi, S.; Alós-Moya, J.: *Detailed Analysis of the Causes of Bridge Fires and Their Associated Damage Levels*, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol. 31 Heft 3, June 2017, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\) CF.1943-5509.0000977](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000977)
- [19] Anderson, I. (2018) *Improving Detection and Prediction Of Bridge Scour Damage And Vulnerability Under Extreme Flood Events Using Geomorphic And Watershed Data*, Graduate College Dissertations and Theses. 823, <https://scholarworks.uvm.edu/graddis/823>, University of Vermont
- [20] Naser, M.Z. *Can past failures help identify vulnerable bridges to extreme events? A biomimetical machine learning approach*. *Engineering with Computers* 37, 1099–1131 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00366-019-00874-2>
- [21] Ashraf, F.; Tyrallis, H.; Papacharalampous, G. (2022) *Explaining the Flood Behavior for the Bridge Collapse Sites*. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 1241, <https://doi.org/10.3390/jmse10091241>
- [22] Naser, M.Z. (2024) *Integrating Machine Learning Models to Building Codes and Standards: Establishing Equivalence through Engineering Intuition and Causal Logic*, March 2024, *Journal of Structural Engineering* 150(5), DOI:10.1061/JSENDH.STENG-12934

Herausgeberin:**Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik e.V.**

Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, Präsident der BVPI
Kurfürstenstraße 129, 10785 Berlin
info@bvpi.de, www.bvpi.de

ISSN 1430-9084

Redaktion:**Redaktionsbüro Werwath**

Drachenfelsstraße 39 A, 53604 Bad Honnef-Rhöndorf
Tel. 0 22 24 / 9 69 79 01
redaktion@bvpi.de

Layout/Satz:**Satz-Studio Heimerl**

Scherenbergstraße 12, 97082 Würzburg

Druck:**Vogel Druck und Medienservice**

Leibnitzstraße 5, 97204 Höchberg

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

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

„Der Prüfsingenieur“ erscheint mit zwei Ausgaben pro Jahr. Bestellungen sind an die Herausgeberin zu richten.

Auflage: 5000 Exemplare

Die Redaktion des PRÜFINGENIEURS bittet ihre Leserinnen und Leser dafür um Verständnis, dass sie sich der Zeiterscheinung des grundsätzlichen, durchgängigen Genders der Texte nicht angeschlossen hat. Sie benutzt das generische Maskulinum wie gewohnt, wird die sprachliche generische Unterscheidung aber immer dann vornehmen, wenn der textliche Bezug dies nahelegt oder gebietet.

