



DER PRÜFINGENIEUR

Das Magazin der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik

- Bauen im Klimawandel: Die Physik lässt nicht mit sich handeln
- Praxis-Richtlinie des BÜV für Wiederkehrende Bauwerksprüfungen
- Die elektronische bautechnische Prüfkarte der BVPI nimmt konkrete Gestalt an
- 4 neue BÜV-Kurse für Sachkundige Planer für Betoninstandhaltung
- BVPI gründet Bewertungs- und Vergütungsstelle für den Autobahnbau
- Subtile Statik: Die Geometrie der Kelchstützen des Stuttgarter Tiefbahnhofs
- Robotische Fertigung für neue konstruktive Perspektiven
- Kann man Sicherheitsreserven am Bau risikofrei reduzieren?
- Wieviel Gewicht sollte die Feuersicherheit baugesetzlich haben?
- Fluch und Segen: Die Bauartgenehmigung des novellierten Baurechts

Die Physik lässt nicht mit sich handeln



Dr.-Ing. Markus Hennecke
Prüfingenieur für Baustatik; Vizepräsident der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik (BVPI), Vorsitzender der Vereinigung der Sachverständigen/Prüfer für Bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau (vpi-EBA); Geschäftsführender Gesellschafter der ZMH Prüfingenieure GbR (München) und der ZM-I Gruppe (ZM-I GmbH, München)

Im Dezember 2015 haben alle 195 Nationen dieser Welt anlässlich der Klimakonferenz der Vereinten Nationen im *Übereinkommen von Paris* einen völkerrechtlichen Vertrag mit dem Ziel geschlossen, die menschengemachte Erderwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf deutlich unter zwei Grad Celsius, möglichst aber auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen.

Der 6. Sachstandsbericht des UN-Weltklimarats, der vor wenigen Wochen vorgelegt worden ist, zeigt auf, dass die Erde diesen Wert in den kommenden zwanzig Jahren erreichen oder sogar überschreiten wird, wenn keine drastischen Maßnahmen ergriffen werden.

Über die wissenschaftlichen Hintergründe dieser Entwicklung hat auf der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik (BVPI) im September 2017 in Potsdam der weltweit renommierte Physiker und Klimaforscher Professor Hans-Joachim Schellnhuber, damals noch Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung, konstatiert: Die Erderwärmung folgt den Gesetzen der Physik und hängt nahezu linear mit der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zusammen. Sie seien, so sagte er, als natürliche Bestandteile der Atmosphäre der Grund dafür, dass die Mitteltemperatur der Erde etwa fünfzehn Grad Celsius beträgt. Ohne das natürliche Vorkommen der Treibhausgase läge dieser Wert bei minus 18 Grad.

Temperaturänderungen sind erdgeschichtlich nicht ungewöhnlich. Die Menschheit hat jedoch keine Erfahrungen mit Anstiegswerten von über 1,5 Grad Celsius, und die aktuelle Geschwindigkeit des Anstiegs liegt vollkommen außerhalb jedes menschlichen Erfahrungsbereichs. Der Anstieg der Temperaturen wird aber nicht nur das Erscheinungsbild der Erde verändern, sondern auch erhebliche sozio-ökonomische Auswirkungen haben.

Weil der Schlüssel zur Abwehr dieser Entwicklungen die Begrenzung der Treibhausgasemissionen ist, hat die Bundesregierung 2019 das Klimaschutzgesetz verabschiedet und 2021 nachgeschärft. Es regelt dezidiert bestimmte Reduzierungspfade für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen ist wissenschaftlich begründet und juristisch geregelt.

Angesichts aktueller politischer und wirtschaftlicher Krisen tauchen jetzt Forderungen auf, die Reduzierungspfade aufzuweichen. Die Physik lässt jedoch nicht mit sich handeln. Sie wartet nicht, bis wir Menschen bereit sind. Niemand weiß das besser als Ingenieure und Ingenieurinnen, speziell die in der Tragwerksplanung und der baustatischen Prüfung.

Der Bau- und Immobilienbereich steht für etwa 40 Prozent der CO₂-Emissionen. Sie teilen sich auf in betriebsbedingte Emissionen und solche, die dem Bauen zugeordnet werden. Die Emissionen des Bauens resultieren aus der Herstellung von Baustoffen, vornehmlich von Stahl und Zement, aber auch aus dem Transport und der Bauausführung. Betriebsbedingte Emissionen stehen schon seit der Ölkrise in den 1970er Jahren im Fokus der breiten Öffentlichkeit; zunächst aber nur, um Energie und damit Geld zu sparen. Technische Entwicklungen in der Haustechnik und bauphysikalische Maßnahmen für den Wärmeschutz haben gleichzeitig positive Wirkung entfaltet.

Die Emissionen durch das Bauen waren lange Zeit nur ein Experten-thema. Hierfür sind die in der Bautechnik tätigen Ingenieure und Ingenieurinnen verantwortlich. Sie sind deshalb jetzt aufgefordert, technische und organisatorische Lösungen zu finden, um die anstehenden komplexen und zum Teil miteinander konkurrierenden Anforderungen zu erfüllen.

Die notwendigen technischen Entwicklungen, die nun eingeleitet oder weitergeführt werden müssen, betreffen sowohl die Baustoffe als auch die Tragwerkskonzepte. Für eine zielführende Beurteilung ist der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes mit seinem Bau, seinem Betrieb, seinem Umbau und seinem Rückbau zu betrachten. Der Erhalt bestehender Bauwerke und die energieeffiziente Weiternutzung wird eine wichtige Schlüsseltechnologie.

Das Klimaschutzgesetz unterteilt das Leben in Sektoren. Die Sektoren sind jedoch nicht unabhängig. Bauen bedeutet investieren. So kann der Bau von Schieneninfrastruktur beispielsweise einen positiven Beitrag zur Mobilitätswende liefern und dort mehr Treibhausgase einsparen als der Bau verursacht hat. Es sind deshalb ganzheitliche Ansätze und Betrachtungsweisen notwendig.

Die technischen und beruflichen Ingenieurverbände sowie die Ingenieurekammern haben sich auf den Weg gemacht, zusammen mit den Unternehmen der Baubranche und den freiberuflich Tätigen für den ganzen Problemkomplex Lösungen zu entwickeln und umzusetzen. Die Bundesvereinigung der Prüfingenieure wird diese Wege auch weiterhin entschieden und entschlossen unterstützen

Die Herausforderungen sind immens. Deutschland und seine Ingenieure werden aber beweisen, dass sie Großprojekte können.



Foto: Garbe Immobilien-Projekte/Störmer Murphy and Partners

HOCHHÄUSER AUS HOLZ – wie diese in der Hamburger HafenCity – werden aus vielerlei Gründen jetzt immer häufiger geplant. Sie stellen für Brandschutzplaner und die Feuerwehr immense neue Probleme dar – insbesondere in dicht bebauten Stadträumen. Hier müssen die alten Prinzipien der Gefahrenabwehr und -vorbeugung neu gedacht werden. Wie weitgreifend dieses planerisch-brandschutztechnische neue Denken reichen kann, wird beschrieben ab **Seite 58**.



© Ingenhoven Architekten, Düsseldorf

EDITORIAL

Dr.-Ing. Markus Hennecke:

Die Physik lässt nicht mit sich handeln

3

NACHRICHTEN

Dipl.-Ing. Gunnar Jepsen: Mit der BÜV-Richtlinie Wiederkehrende Bauwerksprüfung können verbriefte Qualitätsstandards gesichert werden

6

Die elektronische bautechnische Prüfkarte der BVPI (ELBA) nimmt Gestalt an

7

Vier einwöchige Ausbildungskurse für Sachkundige Planer für Betoninstandsetzung in diesem und im nächsten Jahr

8

Dipl.-Ing. Christian Klein: Die Arbeit an der 2. Generation der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau geht fast planmäßig weiter

9

Dr.-Ing. Wolfgang Roeser: Die Gebäude-Nachhaltigkeit und die Digitalisierung am Bau standen im Fokus des 29. Bautechnisches Seminars in Ratingen

11

Dr.-Ing. Günter Timm †

13

Arbeitstagung der Prüfindgenieure Baden-Württemberg am 24./25. Juni in Baden-Baden wieder als Präsenzveranstaltung

14

Bundesvereinigung der Prüfindgenieure sagt dem Dresdener

Bauforschungszentrum LAB ihre volle Unterstützung zu

14

Arbeitstagung der BVPI im September in Berlin: Vom Bauen mit Carbon-Textilbeton und digitaler Prüf- und Bauüberwachungstechnik bis zu neuen Brandschutzregeln

15

BauProdVO vs. Eurocodes: Mit der neuen prEN1992-1-1 wird ein

Lösungsvorschlag zur Lückenschließung vorgelegt

17

BVPI und Bundesingenieurkammer gründen gemeinsame BVS

für die Gebührenrechnung im Bereich der Autobahnen

18

Die BVPI gibt Stellungnahmen in den Anhörungsverfahren

zur Änderung der Musterbauordnung und der MVV TB ab

19

Der Entwurf der Europäischen Kommission für eine

überarbeitete Bauprodukte-Verordnung liegt jetzt vor

19

TRAGWERKSPLANUNG

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek / Dipl.-Ing. Angelika Schmid: Herausforderungen bei der Planung und Realisierung des Tragwerks des neuen

Stuttgarter Tiefbahnhofs / Die Kelchform mit ihrer speziellen Geometrie

führte alle Beteiligten an die Grenzen des technisch Machbaren

20

Zum Titelbild:

DIE KELCHSTÜTZEN des neuen Stuttgarter Bahnhofs haben mit ihrer speziellen geometrischen Figur die Ingenieure an die Grenzen des technisch Machbaren gebracht (siehe dazu den Beitrag auf Seite 20).

Foto: Achim Birnbaum, Stuttgart

DIESE LICHTAUGEN sind Sinnbilder der architektonischen und ingenieurtechnischen Imposanz des Stuttgarter Tiefbahnhofs. Seine außergewöhnlich kompliziert zu bewehrenden Kelchstützen indes (siehe Titelbild) werden als Glanzpunkte ingenieurtechnischer Fähigkeiten beurteilt und detailreich beschrieben ab Seite 20.



© ICD/ITKE Universität Stuttgart



ROBOTISCHE FERTIGUNGSPROZESSE können dem Holzbau – wie dem Holzpavillon auf der Bundesgartenschau in Heilbronn – der Bauressource Holz ganz neue architektonische und konstruktive Möglichkeiten eröffnen – aber nicht etwa zu exorbitant hohen Kosten, sondern unter den üblichen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie zwei Avantgardisten dieser Technik der Universität Stuttgart darstellen ab Seite 36.

BUILDING INFORMATION MODELING

Ingo Schmidt / Inga Stein-Barthelmes / Dr.-Ing. Jan Tulke:

BIM in Deutschland: Die digitale Zukunft des Bauens ist modellbasiert, kooperativ, datengeschützt, transparent / Gemeinschaftlich agierende Teams und eine ganzheitliche Arbeitskultur müssen im Mittelpunkt der Projekte stehen 31

CO-DESIGN

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers / Professor Achim Menges:

Robotische Fertigung als computerbasierte Planung für neue architektonische und konstruktive Perspektiven / Zwei Leichtbaupavillons demonstrieren lastangepasste und feingliedrige zukunftsorientierte neue Bausysteme 36

BAUWERKSSICHERHEIT

Prof. (FH) Dr.-Ing. habil. Dirk Prose, MSc. / Rechtsanwalt Alexander Huhn:

Kann man das Sicherheitsniveau bestehender Bauwerke als Ausgleich für eine geringere Neubauquote reduzieren? / Ein Abbau von Sicherheitsreserven würde die Arbeit der Prüfengeure anspruchsvoller und risikoreicher machen 44

TUNNELBAU

Dr.-Ing. Dieter Handke:

Überprüfung der bauaufsichtlichen Voraussetzungen als Mittel zur Konfliktreduzierung bei Schildvortrieben / Eine frühzeitige Bestimmung der Überwachungsziele steigert die Qualität der Auskleidung von Tübbingtunneln 50

BRANDSCHUTZ

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Wellisch:

Urbaner Holzbau in Hamburg – wie viel Gewicht sollte die Baugesetzgebung der Feuersicherheit beimessen? / Für dicht besiedelte Stadträume müssen die alten Prinzipien der Gefahrenvorbeugung und -abwehr neu gedacht werden 58

BAUPRODUKTENRECHT

Patrick Gerhold B.Eng. M.Sc.:

Die Bauartgenehmigung des novellierten Baurechts ist für die Bauausführung Fluch und Segen zugleich / Möglichen haftungsrelevanten Dokumentationslücken stehen Vorteile bei der Bauausführung gegenüber 68

IMPRESSUM

73

Mit der BÜV-Richtlinie Wiederkehrende Bauwerksprüfung können verbriefte Qualitätsstandards gesichert werden

Unabhängige Experten beraten die Auftraggeber bei der Bauzustandserfassung und der Aufstellung von Prüfplänen

Bedauerlicherweise finden sich in den Medien immer wieder Berichte über versagende Baukonstruktionen, wie kürzlich über den Einsturz einer Parkhausrampe in Erfurt. Sie geben Anlass zu fragen, wie es um die wiederkehrenden Bauwerksprüfungen steht, die sich, anders als im konstruktiven Ingenieurbau, während der Nutzungsdauer gängiger Hochbauten nach der behördlichen Genehmigungs- und Prüfungsphase allzu häufig im Diffusen verlieren. Deshalb hatte der Arbeitskreis „Wiederkehrende Bauwerksprüfung im Hochbau“ des Berliner Bau-Überwachungsvereins (BÜV) schon 2016 eine praxisintendierte Richtlinie veröffentlicht und deren feinabstimmende Ausgestaltung betrieben. Das Ergebnis hat der Arbeitskreis auf der Website des BÜV veröffentlicht und zum Download bereitgestellt.

Die etwas sorglos erscheinende Arbeit an dem Problem, in Deutschland allgemeingültige, verpflichtende, solide definierte wiederkehrende Bauwerksprüfungen zu etablieren, ist umso erstaunlicher, wenn man bedenkt, dass der Einsturz der Eislaufhalle in Bad Reichenhall und die darauf mit Hinweisen für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer oder Verfügungsberechtigten reagierende Initiative der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) schon mehr als 15 Jahre zurückliegen.

Dabei ist die Gesetzeslage unmissverständlich: Die verpflichtende Notwendigkeit zur Vorsorge ist gegeben und in verschiedenen Vorschriften, allgemein oder auf spezielle Geltungsbereiche bezogen, zum Beispiel in den folgenden Dokumenten nachlesbar:

- ARGEBAU-Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer oder Verfügungsberechtigten: „Seit jeher trägt daher der Eigentümer/Verfügungsberechtigte die Verantwortung für die ... Verkehrssicherheit der baulichen Anlage“.
- VDI 6199 und 6200 (Bauwerksinspektionen und Standsicherheit von Bauwerken): „... vertieft und ergänzt die Hinweise der ARGEBAU ...“.
- DIN 1076 (Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen): „... regelt die Prüfung ... von Ingenieurbauwerken ... hinsichtlich ihrer Stand- und Verkehrssicherheit sowie Dauerhaftigkeit“.
- RÜV (Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes): „... ist die regelmäßige Überwachung baulicher Anlagen aus bauordnungsrechtlichen, zivilrechtlichen und wirtschaftlichen Gründen geboten“.

Gleichwohl stellen die in der Bauwerksprüfung aktiven Ingenieure fest, dass vielen Anlagenverantwortlichen die Notwendigkeit wiederkehrender, verlässlicher Bauwerksprüfungen und deren Dokumentation nicht vertraut oder dass ihnen gar die obigen Vorschriften nicht verständlich sind.

Während für Autos diverse Kauf- und Reparaturunterlagen, Kfz-Scheine und -Briefe, und vieles andere akribisch aufbewahrt werden und auch die wiederkehrende Prüfung des TÜV allgemein geläufig ist, fehlen für bauliche Anlagen im Archiv der Anlagenverantwortlichen allzu häufig nicht nur die Genehmigungs- und Umbauunterlagen und ein Bauwerksbuch, sondern auch die Dokumentation turnusmäßiger Instandhaltungen mit belastbaren Qualitätsüberprüfungen. Vorhandene Unterlagen sind oftmals unvollständig.

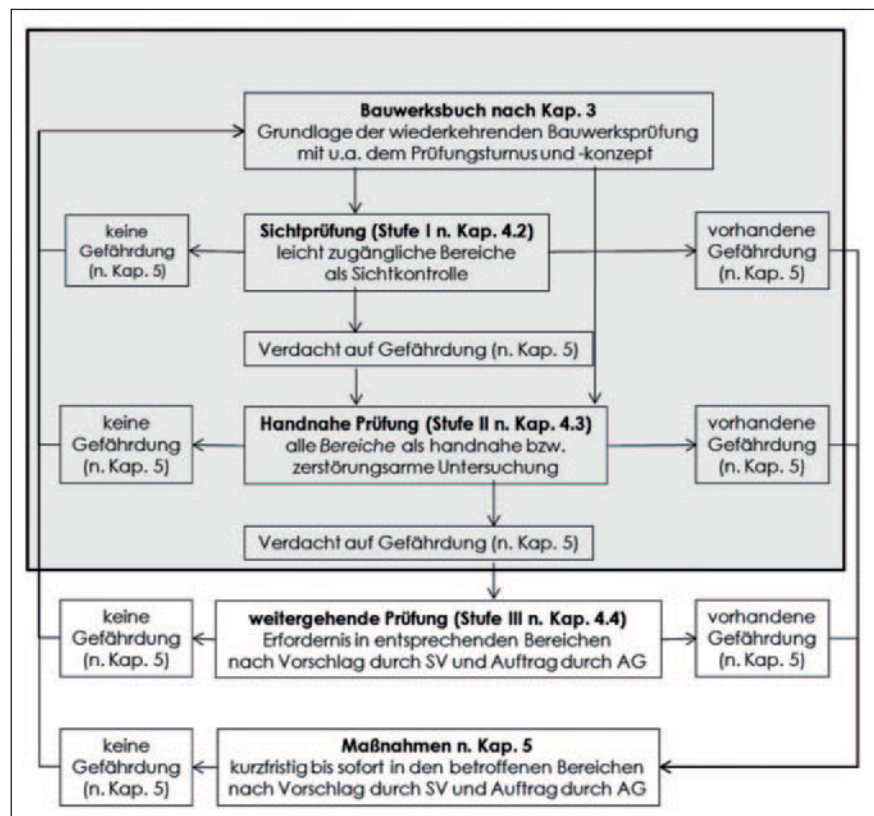


Abb.: Regelablaufschema der Wiederkehrenden Bauwerksprüfung

dig, folgen stringent keinem der oben genannten Regularien und genügen somit einer verlässlichen Qualitätskontrolle im Sinne der gesetzlichen Anforderungen nicht.

Vor diesem Hintergrund haben sich 2012 im BÜV tätige Bauwerksprüfer mit dem Ziel zusammengefunden, Anlagenverantwortliche zielgerichtet zu informieren, eine praxisgerechte Richtlinie zu erarbeiten und damit die in der Bauwerksprüfung Tätigen zu unterstützen.

Am Anfang stand eine gründliche Auseinandersetzung mit der gesetzlichen Ist-Situation, dem Geltungsbereich bestehender Regeln, den erforderlichen Unterlagen, den Verfahren für die zur Prüfung verschiedenster Aspekte und den zutreffenden und belastbaren Aussagen. Hierzu wurden mit einer Synoptik die Charakteristika der verschiedenen existenten Regularien untersucht und bewertet.

2016 veröffentlichte der Arbeitskreis „Wiederkehrende Bauwerksprüfung im Hochbau“ des BÜV seine gleichnamige Richtlinie (BÜV-RiLi-WBP). Darin werden die Anlagenverantwortlichen insbesondere über

- ihre Verantwortung,
- die erforderlichen Bestandsunterlagen,
- das Prüfverfahren im Wiederholungsrythmus,
- die Inspektionstiefe,
- die besondere fachliche Qualifikation der Bauwerksprüfer sowie über deren
- angemessene Honorierung

informiert.

Für die in der Bauwerksprüfung stehenden Ingenieure werden in dieser Richtlinie über-

- eine Richtlinie für die Gliederungen von Bauwerksbüchern,
- Checklisten für deren Vorbereitung,
- Formblätter für die Schadenserfassung und
- Verfahrenshinweise und Schadenssammlungen

als offene digitale Dokumente entwickelt, die von den Nutzern nach eigenen Schwerpunkten fortgeschrieben werden können.

Das Ablaufschema auf Seite 6 stellt die wiederkehrende Bauwerksprüfung mit ihren wesentlichen Elementen dar: dem Bauwerksbuch, den verschiedenen Prüfungstiefen in Bezug auf die Standsicherheit (visuell, handnah, weiterführend), der Verkehrssicherheit sowie der Dauerhaftigkeit der Tragkonstruktion, der Maßnahmenempfehlung zur Instandhaltung/-setzung, und dem finalen Ergebnis der nicht vorhandenen Gefährdung.

Mit dem durch die BÜV-RiLi-WBP geschaffenen Verständnis der Auftraggeber und Auftragnehmer wird eine hinreichend genaue Bestandsdokumentation gesichert, ein qualifizierter Prüfmodus etabliert und durch die Prüfer die Sorgfaltsverpflichtung der Anlagenverantwortlichen zum Gefährdungsauschluss attestiert.

Sind für dezidierte Sachverhalte Sonderfachleute erforderlich, so werden diese durch die BÜV-Prüfer fachlich koordiniert.

Die Mitglieder des Arbeitskreises des BÜV stehen den Fragen von Auftraggebern oder Auftragnehmern unabhängig und der Bauwerksprüfung verpflichtet zur Verfügung.

Diese vom BÜV benannten Bauwerksprüfer sind besonders qualifizierte Bauingenieure, die profunde Erfahrungen auf dem Gebiet der Tragwerksplanung und Konstruktion gesammelt haben, seit Jahren in der Bauwerksprüfung tätig sind und der gesetzlichen Verpflichtung zu kontinuierlicher Weiterbildung unterliegen.

Die BÜV-RiLi WBP wird von den Anlagenverantwortlichen und den Durchführenden bisher gut nachgefragt und angenommen. Mit den hier vorgeschlagenen wiederkehrenden Bauwerksprüfungen nach der BÜV-Richtlinie und zeitnahen Instandhaltungen/-setzungen lassen sich der zugesicherte Qualitätsstandard der baulichen Anlage und ihr Gegenwert wirtschaftlich sichern.

Zurzeit befindet sich der Arbeitskreis in der Novellierung der Richtlinie, um gewonnene Erkenntnisse zu integrieren, Passagen zu schärfen und unterstützende Tools zu ergänzen. Die überarbeitete Richtlinie soll 2023 erscheinen.

Dipl.-Ing. Jens Gunnar Jepsen, BÜV

*Die oben beschriebene Richtlinie steht unter <https://new.bauueberwachungsverein.de>
► Für Experten ► Veröffentlichungen*

Das ELBA-Lastenheft ist fertig: Die elektronische bautechnische Prüfkarte der BVPI nimmt Gestalt an

In der Ausgabe 59 des **PRÜFINGENIEURS** war erstmals über das im Herbst 2021 ins Leben gerufene Projekt ELBA der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik (BVPI) berichtet worden. Ziel dieses Projektes ist es, eine webbasierte Daten- und Kommunikationsplattform für bautechnische Nachweise aufzubauen, über die der Prüfprozess digital abgebildet und die Kommunikation zwischen den Beteiligten durchgeführt werden kann. Projektinitiator ist der Arbeitskreis Digitalisierung der BVPI gemeinsam mit den vpi-Landesverbänden.

Seit dem Start des Projektes ELBA (Elektronische Bautechnische Prüfkarte) sind zahlreiche Gespräche mit solchen Prüfengeieuren, Vertretern der Bauaufsichtsbehörden und IT-Dienstleistern geführt worden, die sich im Themenfeld des Online-Zugangsgesetzes (OZG) auskennen.

Dabei sind die wesentlichen Anforderungen an eine entsprechende Softwarelösung erörtert worden. Allen Gesprächen war gemein, dass der grundsätzliche Ansatz der Digitalisierung der bautechnischen Prüfung vollumfänglich unterstützt wird.

Aufbauend auf diesen Gesprächen wurde für ELBA ein sogenanntes Lastenheft entwickelt, in dem die technischen und grafischen Anforderungen (Gestaltungskonzept, Layout, Plattformstruktur, Technikansatz, User-Interface, Module) an eine zu programmierende Softwarelösung für ELBA definiert worden sind.

Das Lastenheft für die elektronische Bautechnische Prüfkarte soll dabei das Fundament und die Basis für die weitere Projektarbeit und die konkrete Umsetzung des Projektes in eine Softwarelösung darstellen.

Parallel zur Ausarbeitung des Lastenheftes wurden Möglichkeiten für die Förderung des Projektes mit öffentlichen Finanzmitteln ausgetestet sowie der Markenschutz der Wort-/Bildmarke ELBA gesichert.

Im weiteren Projektverlauf wird es nun darum gehen, wie und von wem das Lastenheft in ein Pflichtenheft und in eine konkrete Softwarelösung überführt werden kann und welche Kosten dafür anzusetzen sind. Dabei ist auch zu diskutieren, in welchem organisato-

rischen Rahmen das Projekt umgesetzt werden kann.

Eine nicht unerhebliche Rolle spielen dabei die unterschiedlichen fachlichen Kompetenzen und entsprechenden Ausstattungen der Landesverbände der BVPI mit und ohne Bewertungs- und Verrechnungsstellen (BVS) sowie die teilweise bereits vorhandenen und in Entwicklung befindlichen gleichgerichteten Softwarelösungen für digitale Prüfskizzen. Darüber hinaus müssen die unterschiedlichen

Entwicklungsstadien der Bauaufsichtsbehörden im Rahmen der Digitalisierung des Baugenehmigungsverfahrens (digitale Bauakte) berücksichtigt werden.

Bekanntermaßen hat das OZG dem Bund und den Ländern bis zum 31. Dezember 2022 Zeit gegeben, ihre Verwaltungsleistungen auch elektronisch über Verwaltungsportale anzubieten. Es muss allerdings bezweifelt werden, dass diese Vorgabe von allen Behörden fristgerecht umgesetzt werden kann.

Vier einwöchige Ausbildungskurse Sachkundige Planer für Betoninstandhaltung in diesem und im nächsten Jahr

Der Bau-Überwachungsverein konstatiert ein immer größeres Interesse an den Kursen und der Zertifizierung

Nachdem der Bau-Überwachungsverein (BÜV) seinen Ausbildungsplan Sachkundige Planer für Betoninstandhaltung um die Lehrmodule der beiden Bundesanstalten für Wasserbau und für das Straßenwesen um vier Lehreinheiten à 45 Minuten erweitert und ebenso eine Anpassung an die DIBt-TR (Technische Regeln Instandhaltung von Betonbauwerken (Teil 1 und Teil 2, Stand Mai 2020)) vorgenommen hatte, kann der Veranstalter ein immenses neues Interesse an dieser seiner Ausbildungsreihe feststellen. Dies umso mehr, als die DIBt-TR als eingeführt gilt und mit der Änderung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2020/1 (MVV TB) jetzt sukzessive in den Bundesländern in Gebrauch genommen wird. Der Arbeitskreis Bauwerkserhaltung, -instandsetzung und -überwachung des BÜV, dessen Mitglieder als Referenten und Prüfer dieser Lehrgänge fungieren, gehen davon aus, dass sich der Ausbildungsbedarf und das Interesse der Fachwelt an diesem Tätigkeitsfeld noch mehr vervielfachen wird.

Vom 20. bis 25. Juni 2022 (und zusätzlich am 17. Juni) findet an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin nun der 17. Ausbildungslehrgang zum Sachkundigen Planer für die Instandhaltung von Betonbauteilen statt. Weil nur eine limitierte Anzahl von Teilnahmepätzen zur Verfügung steht, kann der Veranstalter sie nur an zulassungsfähige Kandidaten vergeben. Zum zweiten Mal in der 16jäh-

rigen Geschichte dieser Ausbildungsreihe hat der BÜV auch dieses Jahr noch einmal ein ein-tägiges Webinar vorgesehen (nämlich am 17. Juni 2022), an dem – nach vorheriger Zurverfügungstellung von diversen Lehrvideos, die bekanntes Grundwissen auffrischen sollen – die Lehrgangsteilnehmer gezielte Fragen an die jeweiligen Referenten stellen können.

Bewerbungen können in digitaler Form eingereicht werden beim

Bau-Überwachungsverein BÜV
Kurfürstenstr. 129
10785 Berlin
Tel.: 030/3198914-13
E-Mail: vidackovic@bvpi.de

Bewerbungsschluss ist Montag, der 6. Juni 2022. Details stehen unter www.buev.eu.

Ausblick auf künftige Veranstaltungen

Der BÜV bietet seine Lehrgänge in Kooperation mit der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft, der HafenCity-Universität in Hamburg, der Hochschule München, der Bayerischen BauAkademie in Feuchtwangen, der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau sowie in Zusammenarbeit mit der Zertifizierungsstelle des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ) an, die als Personalzertifizierungsstelle nach DIN EN ISO IEC 17024 von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert ist. Die Ausbildung erstreckt sich über jeweils sechs Tage und schließt mit einer schriftlichen und mündlichen Prüfung und der Möglichkeit ab,

sich als Sachkundiger Planer zertifizieren zu lassen.

Der BÜV-Arbeitskreis Bauwerkserhaltung hat bis auf Weiteres folgenden Turnus für die künftigen Ausbildungslehrgänge festgelegt:

- Frühjahrsveranstaltungen im Februar/März im jährlichen Wechsel zwischen der HafenCity-Universität (HCU) in Hamburg und der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Berlin.
- Herbstveranstaltungen im Oktober bei der Bayerischen BauAkademie (BBA) in Feuchtwangen.

Termine der nächsten BÜV-Ausbildungslehrgänge

Folgende Termine stehen für die nächsten Ausbildungslehrgänge des BÜV bereits fest:

- 17. Ausbildungslehrgang Sachkundiger Planer: vom 20. bis 25. Juni 2022 (mit Webinar am 17. Juni) an der HTW in Berlin,
- 18. Ausbildungslehrgang Sachkundiger Planer: vom 17. bis 22. Oktober 2022 (mit Webinar am 14. Oktober) an der BBA in Feuchtwangen,
- 19. Ausbildungslehrgang Sachkundiger Planer: im Frühjahr 2023 an der HCU in Hamburg (der genaue Termin wird noch festgelegt und in Kürze auf www.buev.eu bekanntgegeben),
- 20. Ausbildungslehrgang Sachkundiger Planer: vom 9. bis 14. Oktober 2023 (mit Webinar am 6. Oktober) an der BBA in Feuchtwangen.

Bei der Zulassung zur Teilnahme werden, wie immer, jene Bewerber vorrangig behandelt werden, deren primäres Ziel die Erlangung eines gesonderten professionellen Qualitätsmerkmals in Form einer Zertifizierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17024 ist, die nach bestandem Lehrgang vorgesehen ist, und für deren Erhalt besondere fachliche Kriterien erfüllt werden müssen.

Sofern die Aufnahmekapazitäten es erlauben, sind aber auch jene Teilnehmer willkommen, die lediglich an der Vortragsreihe interessiert sind und deren Teilnahme ihren Abschluss mit einer entsprechenden Bescheinigung findet.

Es empfiehlt sich, dass zertifizierungswillige Teilnehmer im ersten Schritt dem BÜV folgende Bewerbungsunterlagen einsenden:

- einen formlosen Antrag auf Teilnahme am Lehrgang,

- einen tabellarischen Lebenslauf mit Lichtbild,
- Kopien des Diploms mitsamt Zeugnis, des 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 (hierfür empfiehlt es sich, telefonisch Kontakt zum BÜV aufzunehmen und sich hinsichtlich der Darstellungsweise beraten zu lassen).

Nach bestandener Prüfung sowie im Sinne der Zertifizierung müssen eine fachliche Unabhängigkeitserklärung und ein polizeiliches

Führungszeugnis beigebracht werden, das nicht älter als drei Monate sein darf.

Bewerbungen können bereits jetzt eingereicht werden, und zwar in digitaler Form beim

Bau-Überwachungsverein BÜV
Kurfürstenstr. 129
10785 Berlin
Tel.: 030/3198914-13
E-Mail: vidackovic@bvpi.de

Die Bewerbung alleine verpflichtet oder berechtigt den Kandidaten noch nicht zur Teilnahme. Erst nach der Auswertung der Bewerbungsunterlagen durch die Prüfungskommission erhält dieser Nachricht darüber, ob er zu Ausbildung und Prüfung, und somit auch zur Zertifizierung, prinzipiell zugelassen worden ist. Der Teilnehmer entscheidet dann im eigenen Ermessen verbindlich, ob er an der Veranstaltung teilnehmen wird.

Die Arbeit an der 2. Generation der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau geht fast planmäßig weiter Die Veröffentlichung der Entwürfe als Gelbdruck für die „Einwirkungen auf Tragwerke“ ist für 2023 in Sicht

Eigentlich war es fast schon so weit. Dann aber hat sich die Fertigstellung einiger Normenentwürfe doch wieder verzögert, weil es in einigen Fällen zu inhaltlichen Abweichungen gegenüber vorherigen Entwürfen gekommen war, die nicht innerhalb des geplanten Zeitrahmens hätten geprüft werden können. Und so wird sich die für Februar 2023 geplante Veröffentlichung der Gelbdrucke für die öffentliche Kommentierung der Entwürfe für den Eurocode 1 (Einwirkungen auf Tragwerke) in einigen Fällen auf den Spätsommer nächsten Jahres verschieben – was sich aber als nicht allzu unvorteilhaft erweisen könnte, weil jetzt wieder Zeit ist, um einige Verbesserungen einzubringen, die aus deutscher Sicht wünschenswert sind.

Am 3. und 04. Februar dieses Jahres fand die letzten Sitzung des CEN/TC250/SC1 – einer Untergruppe des CEN/TC250 „Structural Eurocodes“ – statt. Diese Untergruppe (SC = Sub Committee) ist mit europäischen Delegierten aus nationalen Normengremien und

Normungsmitarbeitern besetzt und hat die Aufgabe, die nächste Generation des EC 1 (Einwirkungen auf Tragwerke) zu erarbeiten. Zur Erstellung der eigentlichen Normentwürfe bedienen sich das SC 1 kleinerer, alimentierter Projektteams (PT) mit europäischen Experten.

Die letzte dieser Gruppen (SC1.T11) musste laut Vertrag der zugehörigen, bewertenden Arbeitsgruppe (Working Group 7) im SC1 ihre Normenentwürfe bis November 2021 vorlegen (in der **Abbildung** auf Seite 10, Spalte 2). Dies war für das Projektteam SC1.T11 keine leichte Aufgabe, da es als einziges Team vier Normenentwürfe in kürzester Zeit, nämlich:

- (EN 1991-1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau,
- EN 1991-1-6: Einwirkungen während der Bauausführung,
- EN 1991-1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen und,
- EN 1991-3: Einwirkungen infolge von Kräften und Maschinen)

mit einer nur kleinen Anzahl von Mitarbeitern (in der Regel fünf Personen) ausarbeiten musste. Dies führte dazu, dass jeder Mitarbeiter im Projektteam einen Normenteil bearbeitete. Mit zwei Experten aus dem nationalen Spiegelausschuss des SC 1 war Deutschland gut im Projektteam vertreten. Sie haben sich – als Experten auf ihrem jeweiligen Gebiet – speziell um die Entwürfe EN 1991-1-7 und EN 1991-3 gekümmert.

Da sich die Abgabe eines Normenentwurfes im Projektteam verzögerte und es zu einigen inhaltlichen Abweichungen gegenüber vorherigen Entwürfen gekommen war, die nicht im vorgesehenen Zeitrahmen geprüft werden konnten, ist die vom SC 1 für die Februarsitzung 2022 geplante Verabschiedung der Entwürfe für die öffentliche Bewertung des Gelbdruckes planmäßig nicht erfolgt (in der **Abbildung** Spalte 3). Dies führte zu einer hauptsächlich von deutschen Vertretern im SC 1 angeregten Diskussion über eine Verschiebung der Verabschiedung aller EC-1-Entwürfe um mehrere Monate (in der **Abbildung** auf Seite 10, Spalte 5). Es wurde in den

Eurocode part	SC/WG starts 1st Review (following delivery of final draft & end of PT work)	SC/WG ends Review for ENQ	DIN / AFNOR end translation for ENQ [16 weeks]	Start CEN Enquiry (theoretical date)	Start ENQ	DIN / AFNOR end translation for FV [12 weeks]	Start FV (theoretical date)
EN 1991-1-1	01.11.2021	04.03.2022	23.11.2022	24.11.2022	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-1-2	01.07.2018	15.10.2020	29.07.2021	30.07.2021	01.09.2021	15.02.2023	16.02.2023
EN 1991-1-3	01.05.2021	28.04.2022	17.01.2023	18.01.2023	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-1-4	01.05.2021	28.04.2022	17.01.2023	18.01.2023	01.03.2023	26.06.2024	27.06.2024
EN 1991-1-5	01.05.2021	28.04.2022	17.01.2023	18.01.2023	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-1-6	01.11.2021	04.03.2022	23.11.2022	24.11.2022	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-1-7	01.11.2021	04.03.2022	23.11.2022	24.11.2022	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-1-8	01.07.2020	10.05.2022	27.01.2023	30.01.2023	01.03.2023	18.09.2024	19.09.2024
EN 1991-1-9	01.05.2021	28.04.2022	17.01.2023	18.01.2023	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-2	01.07.2018	15.10.2020	29.07.2021	30.07.2021	01.09.2021	04.01.2023	05.01.2023
EN 1991-3	01.11.2021	04.03.2022	23.11.2022	24.11.2022	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024
EN 1991-4	01.07.2020	10.05.2022	27.01.2023	30.01.2023	01.03.2023	03.07.2024	04.07.2024

Quelle: Draft_publication_schedule_..._17_November_2021

Stand der Bearbeitung der prEN 1991-Pakete im CEN zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit frühestmöglichem Starttermin für die Bewertung der Gelbdrucke am 1 März 2023.

Diskussionen auch ersichtlich, dass einige Normenentwürfe, die bereits als abgeschlossenen gegolten hatten, zusätzlichen Diskussionsbedarf haben. Deshalb wird die öffentliche Bewertung der Gelbdrucke (CEN Enquiry – in der **Abbildung** die Spalten 5 und 6) in ihrer Übersetzung für einen Großteil der EC 1-Normen frühestens ab Spätsommer/Herbst 2023 zu erwarten sein.

Durch die außerplanmäßige Verschiebung war es nun möglich, für einige Normenteile national als erforderlich erachtete Vorschläge zu wiederholen beziehungsweise neu einzubringen.

So konnten zum Beispiel für den Entwurf von EN 1991-1-1 Kompromisse in Bezug auf die zukünftige Handhabung von Ballast auf Dächern und die Verwendung von Trennwandzuschlägen erzielt werden, die national notwendige Öffnungsklauseln ermöglichen, um der hierzulande gebräuchlichen Verfahrensweise gerecht zu werden.

Für den Entwurf EN 1991-1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten wurden viele Kommentare des nationalen Normenausschusses zu den Schnee- und Eislasten im Rahmen der Bearbeitung in der europäischen SC1-Arbeitsgruppe (WG1/TG1) im *Final draft EN 1991-1-3 Snow Loads: April 2020* berücksich-

tigt. Unberücksichtigt blieben bislang jedoch fundierte Einwände gegen die Einführung von Zahlenwerten für national festzulegende Parameter (*nationally determined parameter*, NDP) zur Begrenzung maximaler Schneelasten sowie für kleine Höhensprünge aneinandergrenzender Gebäude, die in der derzeitigen Version zu unrealistischen Anhäufungen von Schnee führen können. Hier wurde ergänzend zu den bestehenden Regelungen ein neues Lastmodell entwickelt, um unrealistische Schneeakkumulationen zu vermeiden. Auf europäischer Ebene wurde beschlossen, den bestehenden Normenentwurf für die termingerechte Einleitung des CEN Enquiry freizugeben. Die national erarbeiteten Verbesserungsvorschläge zu diesen Regelungen werden zunächst von den europäischen Gremien geprüft und unter Mitwirkung des nationalen Ausschusses weiterentwickelt, um dann final als Kommentare im Rahmen des CEN Enquiry in der Norm Berücksichtigung zu finden.

Im Entwurf des Eurocode 1 Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten werden weiterhin zusätzlich die Auswirkungen einzelner Regelungen der normativen und informativen Anhänge auf die Tragwerkssicherheit genauer bewertet, um die Einführung als nationale Normen abzusichern, über die die nationalen Spiegelausschüsse beraten.

Für die Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen (EN 1991-3) wird es durch die zeitliche Verschiebung nun möglich sein, auch den künftigen Anhang A5 der Grundlagen der Tragwerksplanung (EN 1990) mit Teilsicherheitsbeiwerten zu betrachten.

Das für die Kranbemessung zuständige europäische Komitee CEN/TC 147 sieht unter anderem den Anwendungsbereich von EN 1991-3 und den Anhang A5 in der Diskussion mit CEN/TC 250 als kritisch an, der über den Bereich der Brückenkrane hinaus die Unterstützungskonstruktionen für alle Arten von Kranen einschließlich Turmdrehkrane einschließen soll.

Auch für den Entwurf EN 1991-1-6 ist künftig eine striktere Regelungsabgrenzung zur Normenfamilie des TC 53 „Temporäre Konstruktionen für Bauwerke“ weiterhin in der Diskussion.

Die letzten Entwicklungen im SC1 zeigen, dass auch nach langer Entwicklungszeit eine Anpassung von Normenentwürfen möglich ist, wenn es berechnete Gründe gibt und eine überwiegend gemeinschaftlicher Änderungswille besteht.

Dipl.-Ing. Christian Klein, BVPI

Gebäude-Nachhaltigkeit und Digitalisierung am Bau standen im Fokus des 29. Bautechnisches Seminars

Scharrenbach: „Der Bausektor von NRW kann Vorreiter für die Anwendung innovativer Bautechnologien werden“

Die besondere Bedeutung der Nachhaltigkeit in der Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden und die enorme künftige Tragweite der Digitalisierung im Bauwesen standen im Mittelpunkt der Referate und Diskussionen des 29. Bautechnischen Seminars Ratingen, zu dem am 30. November vergangenen Jahres traditionellerweise das Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen, die Vereinigung der Prüfsingenieure für Baustatik NRW (vpi-NRW), der Landesverband NRW des Verbandes Beratender Ingenieure (VBI) und die Ingenieurkammer-Bau NRW eingeladen hatten. Das Seminar fand als Hybridveranstaltung statt, nachdem es im Jahre 2020 coronabedingt ausgefallen war.

Wie in den vergangenen Jahren, so hat auch dieses 29. Ratinger Bautechnische Seminar der Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüfsingenieure für Baustatik Nordrhein-Westfalen, Dipl.-Ing. Alexander Pirllet, eröffnet und aus der Dumeklemmer Halle in Ratingen die zahlreichen teilnehmenden Ingenieure und Architekten an ihren Bildschirmen in ihren Büros begrüßt. Er hat ihnen das fachliche Vortragsprogramm des Tages skizziert, das auch in diesem Jahr wieder eine Reihe renommierter Ingenieurwissenschaftler, bauamtliche Entscheidungsträger und Kollegen und Kolleginnen aus den Büros der Beratenden Ingenieure und Architekten und der Prüfsingenieure und Prüfsachverständigen zusammenführte.

Dieses Programm hat auch die Ministerin für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen (MHKBG NRW), Ina Scharrenbach, in ihrem politischen Grußwort allen Teilnehmenden sehr empfohlen und ihnen „viele nutzbare Informationen zu den neuen Möglichkeiten des Bauens und einen aktiven Erfahrungsaustausch“ gewünscht. Sie schrieb dem Bausektor ihres Landes das Potential zu, Vorreiter der Entwicklung und Nutzung innovativer Bautechnologien und -verfahren zu werden. Es seien, so die Ministerin, diese Innovationen, die die Wettbewerbsfähigkeit der nord-

rhein-westfälischen Baulandschaft für die Zukunft sicherten. Eine wichtige Säule des Erfolges sei dabei die Digitalisierung, deren Möglichkeiten von der digitalen Bearbeitung von Bauvorlagen bis zu robotikunterstützten Bauverfahren reichten. Stolz wies die Ministerin in diesem Zusammenhang darauf hin, dass in Nordrhein-Westfalen zum Beispiel das bundesweit erste Haus stehe, das ganz im 3D-Druckverfahren hergestellt worden sei.

Ganz in diesem Sinne referierte Dr.-Ing. Thorsten Timm vom Ingenieurbüro Gehlen (Düsseldorf) über die digitale Prüfung von Bauvorlagen und die diesbezüglichen aktuellen Entwicklungen in NRW. Mit der neuen Landesbauordnung NRW 2021 seien nun in der Begründung der Gesetzänderung im Paragraphen 70 authentifizierte elektronisch übermittelte Datensätze und damit *Qualifizierte Elektronische Signaturen* (QES) zugelassen, weshalb Timm auf die Möglichkeiten von gesicherten Unterschriften mit pdf, D-Trust und Moxis einging (siehe hierzu auch: „Hinweise für den Umgang mit elektronischen Signaturen bei der digitalen Prüfung bautechnischer Nachweise“, in: *Der Prüfsingenieur*, Heft 59, Seite 60).

Timm und der Vorsitzende des Arbeitskreises IT und Rationalisierung im Verband Beratender Ingenieure VBI, Dipl.-Inform. Jens Seiler von der ZPP Ingenieure AG (Bochum), stellten aus diesem Grund dann auch die Internetplattform der *Elektronischen Bautechnischen Prüfsache NRW* vor, die unabhängig und zentral von der Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsingenieure NRW (bvs-NRW) verwaltet wird. Die bautechnischen Unterlagen werden dabei digitalisiert und digital archiviert, und sie erlauben so den direkten Zugriff von Bauherren, Bauaufsicht, Planern und Prüfern auf das gemeinsame Bauvorhaben. Nach einer Pilotphase läuft der Betrieb seit Mitte 2020 planmäßig. Die Kompatibilität zu dem Standard X-Bau ist bereits vorbereitet (siehe auch: „Prüfsache NRW ...“ in *Der Prüfsingenieur*, Heft 58, Seite 33). In diesem Jahr werden, so kündigten die beiden Referenten an, Fortbildungen der Ingenieurakademie NRW stattfinden, um die bis-

herigen Erfahrungen an die Prüfsingenieurbüros weiterzugeben.

Um Erfahrungen mit der verwendeten Software und mit deren Ergebnissen ging es auch in dem Beitrag von Dr.-Ing. Kirsten Stopp, der Geschäftsführerin der connectINGs GmbH (Wuppertal), die die Datenbank EvaDAT entwickelt hat. Mit diesem Programm kann eine softwaregestützte Tragwerksberechnung anhand von Beispielen neutral verifiziert und evaluiert werden. Dabei werde, so erläuterte Stopp, unter anderem auf Beispiele aus der VDI-Richtlinie 6201 und aus der Beispielsammlung des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins zurückgegriffen, um Statiksoftware mit den analytischen Ergebnissen zu vergleichen. Die Grundidee von EvaDAT ist, so erklärte Kopp, dass sich, nachdem Evaluierungsbeispiele von der Fachöffentlichkeit eingestellt worden sind, über die Plattform drei unabhängige Nutzer mit drei unterschiedlichen Softwareprogrammen zusammenfinden, die jeweils ein Beispiel bearbeiten und nach Diskussion, gegebenenfalls auch nach einer Überarbeitung und Bewertung der Ergebnisse, dieses Beispiel freigeben, das heißt: es qualifizieren. Die Beispiele sollen dabei ein Merkmal besonders herausstellen (zum Beispiel: Wird der Schubanteil bei dicken Bauteilen berücksichtigt?), damit Differenzen identifizierbar bleiben. Vom Charakter her könne, so Stopp, alles enthalten sein: von einfachen FEM-Benchmarks bis hin zu diskussionswürdigen Fragen aus der Praxis. Vom Studenten bis zum Experten auf einem Gebiet könne jeder Interessent wertvolle inhaltliche und programmspezifische Informationen entnehmen. Die Nutzung der Plattform EvaDAT ist kostenlos. Um uneingeschränkt auf alle Inhalte zugreifen zu können, müssen die Interessenten sich aber registrieren und eingeloggt sein (www.evadat.com).

Zu den fortschrittlichsten Baumethoden dieses Jahrzehnts gehören zweifelsohne die robotikunterstützten Bauverfahren (siehe auch den Artikel „Robotische Fertigung als computerbasierte Planung für neue architektonische und konstruktive Perspektiven“ in diesem Heft). Über den Stand dieser Technik in

NRW berichtete den Teilnehmern des 29. Bautechnischen Seminars in Ratingen Arnim Spengler, M. Sc., der in der Projektgruppe Innovatives Bauen des MHKBG NRW tätig ist. Spengler berichtet von diversen Pilotprojekten, bei denen mit Hilfe von Robotern in NRW Bauvorhaben realisiert werden, die auch vollständig genehmigt sind. Es sei zwischen Roboter-Plattformen und den daraus resultierenden Bauverfahren zu unterscheiden. In Beckum sei, so teilt Spengler mit, erst kürzlich erstmals ein Gebäude vollständig auf der Baustelle gedruckt worden. Zu den neuen Bauverfahren gehören allerdings auch, wie er darstellte, der 3D-Druck, das Contour Crafting, automatisches Mauern sowie weitere innovative Verfahren. Beim Contour Crafting werde der Beton von einem Portalkran in Schichten gedruckt, wobei es sich gezeigt hat, dass Rundungen günstiger in der Herstellung als Ecken sind. Auch über die Erfahrungen bei der Automatisierung im Mauerwerksbau berichtet Spengler, macht aber darauf aufmerksam, dass beim Bauen mit Robotern alle Bauverfahren und Bauabläufe grundsätzlich neu zu überdenken seien. Ziel sei es, die Geschwindigkeit des Bauens zu vergrößern.

Um neue Verfahren, die das Bauen im Bestand, das ja eine immer größere Bedeutung gewinnt, ging es auch Dr.-Ing. Stefan Maack vom Fachbereich II (Zerstörungsfreie Prüfmethoden für das Bauwesen) der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM). Maack behandelte sein Thema mit Beispielen aus dem Massivbau und aus dem Holzbau.

Zu den Verfahren, die er vorstellte, gehörten unter anderem das Radar, der Ultraschall und das Impakt-Echo und das Wirbelstromverfahren. Mit dem sogenannten LIBS-Verfahren könnten, wie Maacks erläuterte, sowohl Karbonatisierung als auch Chloride festgestellt werden. LIBS ist ein Akronym für die laserinduzierte Plasmaspektroskopie (Laser Induced Breakdown Spectroscopy). Dabei handelt es sich um ein Analyseverfahren zur Bestimmung der Elementzusammensetzung von Materialien. LIBS-Handgeräte nutzen einen hochfokussierten Laser zur Ablation der Oberfläche einer Probe.

Oft müsse aber, so vertiefte Maacks seine Erläuterungen dieser Methode, geklärt werden, ob das Bauwerk überhaupt gemäß den Bestandsunterlagen ausgeführt wurde. In einer Sensitivitätsanalyse können dazu kritische Bereiche identifiziert werden, um dort gezielt eine genauere Untersuchung durchzuführen. Oft bestehende Schwierigkeit



AUS DEM 3D-DRUCKER können mittlerweile auch ganze Gebäude gebaut werden – wie in Beckum in Nordrhein-Westfalen geschehen, wo im Sommer letzten Jahres deutschlandweit das erste Einfamilienhaus aus dem 3D-Drucker entstanden ist.

dann darin, vom Qualitativen auf das Quantitative zu schließen, wobei statistische Methoden zur Bewertung herangezogen werden können.

Mathematik zum Anfassen präsentierte Prof. Dr. A. Beutelspacher vom *Mathematikum Gießen*, dem ersten mathematischen sogenannten Mitmachmuseum der Welt, das Beutelspacher selbst gegründet hatte. Es präsentiert ungefähr 200 Exponate, die dem Besucher und „Mitmacher“ eine neue Tür zur Mathematik öffnen können. Besucher jeden Alters und jeder Vorbildung können hier – auch online – mit mathematischen Problemen und Phänomenen stundenlang spielen und experimentieren. Seinen Zuhörern und Zuschauern, die dem Seminar in Ratingen mit ihren Computern und Laptops zuhause zugeschaltet waren, erläuterte Beutelspacher anhand von regelmäßigen Körpern die Ursprünge geometrischer Regeln in der Antike, und er stellte seinen Zuhörern die Frage: „Aus wieviel Fünfecken f besteht ein Fußball?“

Seine Antwort und der Weg dahin finden sich auch auf seiner Website: Die Eulersche Polyederformel sagt, dass die Summe der Anzahlen von Ecken und Flächen bei jedem konvexen Polyeder um genau 2 größer ist als die Anzahl der Kanten ($e + f = k + 2$). So kann man auch die Anzahl der Kanten des klassischen Fußballs ausrechnen. Dieser besteht aus 12 Fünfecken und 20 Sechsecken, somit ist $f = 32$. Da keine zwei Fünfecke des Fußballs eine Ecke gemeinsam haben, ist die Anzahl e der Ecken gleich $12 \times 5 = 60$. Mit der Eulerschen Polyederformel erhält man nun: $k = e + f - 2 = 60 + 32 - 2 = 90$. Beutelspacher drang in seinem Vortrag auch tief in die Ge-

schichte der Mathematik ein und führte einige erstaunliche Rechenricks vor. Und er schloss seinen Vortrag mit einem ganz persönlichen Bekenntnis: „Mathe macht glücklich!“

Ratingen hatte in diesem Jahr aber nicht nur jeden Ingenieur faszinierende Rechenkünste zu bieten, sondern auch handfest Fachliches. Dieses bot Prof. Dr.-Ing. Christoph Butenweg, der Geschäftsführende Gesellschafter des Herzogenrather Ingenieurbüros für statische und dynamische Strukturanalysen im Bauwesen SDA-Engineering GmbH. Butenweg berichtete über die neuen Entwicklungen beim Eurocode 8 für die Bemessung und Konstruktion von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus in Erdbebengebieten. Schwerpunkt seiner Ausführungen war die seismische Auslegung von Mauerwerksbauten nach dem neuen *Nationalen Anhang* zum Eurocode 8, der mittlerweile im Weißdruck vorliegt. In den neuen digitalen Erdbebenkarten, so erläuterte Butenweg, gibt es die Erdbebenzonen nicht mehr, sondern es wurden kontinuierliche Karten entwickelt. In den bisherigen Karten wurden die Bodenbeschleunigungen wiedergegeben, nunmehr werden direkt die maximalen Beschleunigungen als Spektralbeschleunigungen angegeben, woraus ein Umrechnungsfaktor von etwa 2,5 resultiert. Die neuen Erdbebenkarten können bereits aus dem Internet mit Hilfe von GPS-Koordinaten abgerufen werden. Dazu kommt der Einfluss vom Baugrund, der belastungsabhängig über den Untergrundparameter S eingeht. Über diese Details hinaus stellte Butenweg Konstruktionsregeln für tragendes und nichttragendes Mauerwerk vor: Im neuen Eurocode-Konzept können Kraftumlagerungen im Mauerwerks-

bau besser genutzt werden als bisher, und die Rahmenwirkung zwischen Decke und Wandscheiben wird verfeinert berücksichtigt. Zukünftig werden bevorzugt nichtlineare Berechnungen mit der Push-Over-Methode zu erwarten sein, in denen die Verformungen und nicht mehr die Kräfte nachgewiesen werden, oder es werden verfeinerte Verhaltensbeiwerte q berechnet.

Nach so viel Normentechnik gab der Geschäftsführende Gesellschafter seines gleichnamigen Gerüstbauunternehmens in Stadtlohn, Josef Teupe, Auskunft über Hilfseinrichtungen für die statische Sicherung von Bauzuständen, die nach aktueller Landesbauordnung NRW nicht mehr genehmigungsfrei sind. Bei der Bemessung sei sowohl der Vertikale Lastabtrag als auch die Horizontalkraft aus Wind für die temporäre Nutzung während der Bauzeit nachzuweisen. Dabei werden die DIN EN 12811 (Arbeitsgerüste) und DIN EN 12812 (Traggerüste) sowie Euro-

code 1 (Einwirkungen auf Tragwerke) und Eurocode 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten und Stahlbauteilen) herangezogen. Für die Windlast auf hintereinander liegende Fachwerkgerüste wird auch nach wie vor die DIN 1055-4 benutzt. Aus seinem reichen Erfahrungsfundus als Unternehmer und Praktiker schöpfend stellte Teupe in seinem Vortrag aber auch fest, dass die Lastannahmen und die bauaufsichtlichen Regelungen in den einzelnen Normen nicht ganz widerspruchsfrei seien.

Wie üblich schloss auch das 29. Bautechnische Seminar in Ratingen mit den Hinweisen der Obersten Bauaufsicht NRW, vorgetragen von Andreas Plietz, dem Leiter des Referats Bautechnik/Bauphysik im MHKBG NRW. Plietz ging vor allem auf den Umsetzungsstand der technischen Bauvorschriften ein. Aktuell gilt in NRW die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen NRW (VV TB), Stand Juli 2021, die auf der MVV-TB

2020 aus Januar 2021 basiert. Neu ist in der Landesbauordnung NRW 2021, dass die Bauaufsichtsbehörde Aufgaben auf den in NRW neu geschaffenen Prüflingenieur für Brandschutz übertragen kann. Weiterhin ging Plietz auf Neuerungen im Gebäudeenergiegesetz (GEG) ein und auf die Gefährdung der Standsicherheit bei Nagelplattenbindern, bei denen teilweise die Nägel im Laufe der Zeit aus dem Holz herausgewachsen sind.

Das Schlusswort dieses 29. Bautechnischen Seminars hielt der Hauptgeschäftsführer der Ingenieurkammer-Bau NRW, Christoph Spieker, M.A. Er stellte heraus, dass vor dem Hintergrund der Flutkatastrophe an der Ahr und der Corona Pandemie eine Neuausrichtung gesellschaftlicher Werte erforderlich sei – und dass dabei der Ingenieurbaukunst eine ganz besonders wichtige Rolle zukomme.

Dr.-Ing. Wolfgang Roeser, Aachen

Von 1991 bis 2006 war er der Präsident der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik

Dr.-Ing. Günter Timm †

Am 30. Januar 2022 ist nach kurzer schwerer Krankheit Dr.-Ing. Günter Timm verstorben. Er hat der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI), deren Präsident er von 1991 bis 2006 war, die Grundlage für jene öffentliche Geltung und berufspolitische Richtung erarbeitet, die ihr heute Profil und Bedeutung geben.

1938 in Hamburg geboren und aufgewachsen, trat Günter Timm nach Studium und Promotion bei Prof. Franz in Karlsruhe 1969 als Juniorpartner in das Büro Peters-Windels in Hamburg ein. Das Unternehmen verließ er nach 36 Jahren als Seniorpartner von Windels-Timm-Morgen (heute: WTM Engineers GmbH).

In seiner beruflichen Laufbahn engagierte sich Timm sowohl auf dem Gebiet der Objekt- als auch auf dem der Tragwerksplanung. Eng verbunden sind mit ihm viele Projekte von Hafenanlagen, Industriebauten, Silos und Getreidemöhlen sowie Tunneln und Brücken sowohl im In- als auch im Ausland. Im Hochbau machte sich Timm in Hamburg ebenfalls einen Namen. Hier

wurde er 1975 als Prüflingenieur für Baustatik anerkannt.

Von 1991 bis 2006 war er Präsident der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik, nachdem er bereits seit 1981 Landesvorsitzender der Prüflingenieure in



GÜNTER TIMM, wie ihn viele kannten. Am 31. Januar ist er im Alter von 83 Jahren nach kurzer schwerer Krankheit gestorben.

Hamburg war. Außerdem gründete er diese Zeitschrift und engagierte sich maßgeblich für die Integration der Kollegen und Kolleginnen aus den neuen Bundesländern.

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

Seit seinem Ausscheiden im Jahr 2005 hielt Timm engen Kontakt zu seinem Büro und war weiterhin interessiert an aktuellen Projekten und denen, die er mit seinem Engagement ursprünglich initiiert hatte.

Das umfangreiche Wirken Günter Timms als Bauingenieur wurde schon früher – nicht nur in dieser Zeitschrift – ausgiebig in diversen Fachzeitschriften gewürdigt, so beispielsweise mehrfach in der *Bautechnik*, im *Beton- und Stahlbetonbau* und im *Stahlbau*.

Stefan Ehmman, WTM Engineers GmbH

Arbeitstagung der Prüffingenieure Baden-Württemberg als Präsenzveranstaltung am 24./25. Juni in Baden-Baden

Vorträge über Holzbau, Brückensanierung, Leichtbau, EC-Sicherheitskonzept und BIM-Nachhaltigkeitsanalysen

Nach zwei Jahren Corona-Pause wird die Vereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik in Baden-Württemberg in diesem Jahr, und zwar am 24. und 25. Juni in Baden-Baden, wieder eine zweitägige Arbeitstagung als Präsenzveranstaltung veranstalten. Die geplanten Vorträge stellen eine attraktive Mischung aus Fach- und Projektvorträgen dar und werden am Nachmittag des ersten Tages von einem Festvortrag abgerundet: Der Neurowissenschaftler Dr. Henning Beck wird einen tiefen Blick in die Ordnung und Organisation der fehlerhaftesten und doch innovativsten Struktur der Welt werfen: nämlich in die unseres eigenen Gehirns, und er wird dabei dessen natürliche Produktivität mit den Fähigkeiten der künstlichen Intelligenz vergleichen.

Wie bei den Arbeitstagungen der Prüffingenieure in Baden-Württemberg üblich, findet

am Ende des ersten Tages ein Gesellschaftsabend mit musikalischer Unterhaltung im Kurhaus Baden-Baden statt, sodass die in Corona-Zeiten vermissten persönlichen Gespräche und der fachliche und kollegiale Gedankenaustausch abseits der Fachvorträge auf dieser Tagung nicht zu kurz kommen werden.

Zu den Themen der beiden Vortragstage gehören unter anderen Vorträge über

- die Aussteifung mehrgeschossiger Holzbauten gegenüber Einwirkungen aus Erdbeben (Prof. Dr.-Ing. Werner Seim, Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau, Universität Kassel),
- die Sanierung der Rheinbrücke Karlsruhe-Maxau (Dr.-Ing. Dietmar H. Maier, Ingenieurgruppe, Karlsruhe),

- Ressourceneinsparung durch Adaptivität und Leichtbau (Dipl.-Ing. Roland Bechmann, Architekt und Vorstand der Werner Sobek AG, Stuttgart),

- das Sicherheitskonzept des Eurocode 0 (Dr.-Ing. Frank Breinlinger, Breinlinger Ingenieure, Tuttlingen),

- BIM-gestützte Nachhaltigkeitsanalysen (Dr.-Ing. Tim Zinke, Hochtief ViCon GmbH, Essen).

Zu der Tagung lädt die Landesvereinigung Baden-Württemberg der Prüffingenieure alle Kollegen und Kolleginnen auch außerhalb der Landesgrenzen ein. Auch fachlich oder beruflich Interessierte Nicht-Mitglieder sind ihr als Gäste herzlich willkommen. Anmeldungen oder Auskünfte bitte per Mail über:

vp@ingenieurgruppe-bauen.de

Bundesvereinigung der Prüffingenieure sagt dem Dresdener Bauforschungszentrum LAB ihre volle Unterstützung zu

Kalleja: „Nun muss alles darangesetzt werden, dass das LAB auch die Hürde zur zweiten Förderphase überspringt“

Die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) hat dem geplanten Bauforschungszentrum *Lausitz Art of Building* (LAB) die volle Unterstützung für seinen weiteren strukturellen und substanziellen Auf- und Ausbau zugesagt. Dies hat der Präsident der BVPI, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, dem Direktor des Instituts für Massivbau der TU Dresden, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, mitgeteilt, der die Idee für dieses Forschungszentrum der TU hatte, nachdem bekannt geworden war, dass die Projektskizze für das LAB in die erste Förderphase der Initiative „Wissen schafft Perspektiven für die Region“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) aufgenommen worden

ist. Nun müsse, schreibt Kalleja, alles darangesetzt werden, dass das Konzept des LAB „auch die Hürde zur nächsten Förderphase des BMBF überspringt“.

Das LAB Curbachs und der TU Dresden ist eines von mehreren Bewerbungsprojekten bei den Bestrebungen des BMBF, des Freistaats Sachsen und des Landes Sachsen-Anhalt in der sächsischen Lausitz und im mitteldeutschen Revier in den nächsten Jahren zwei neue Großforschungszentren aufzubauen, um den Strukturwandel in den traditionellen Braunkohlerevieren dieser Landstriche zu befördern. Diesen Regionen des mitteldeutschen Reviers sollen durch die geplanten Großforschungszentren auch neue wirtschaftliche Perspektiven eröffnet werden.

Unter den vorliegenden Projektvorschlägen führen das BMBF, Sachsen und Sachsen-Anhalt einen zweistufigen themenoffenen Wettbewerb („Wissen schafft Perspektiven für die Region!“) durch, an dem sich Curbach und sein Bauforschungszentrum in der Bewerbungsstufe für die erste Förderphase erfolgreich beteiligt haben. Die hochrangig besetzte Perspektivkommission, hat, wie das BMBF dazu mitgeteilt hatte, aus den eingereichten Anträgen die sechs überzeugendsten ausgewählt und dem BMBF für die Aufnahme in die erste Förderphase empfohlen, in der die Konzepte zur Umsetzungsreife ausgearbeitet werden sollen. Danach findet erneut eine Überprüfung der Konzepte statt, bevor der eigentliche Aufbau der zwei geplanten Großforschungszentren beginnt.

Die Mission des LAB ist, wie es auf seiner Website mitteilt, die Umsetzung des größten bisher dagewesenen Paradigmenwechsels im Bauwesen, der darauf abziele, das gesamte Bauen und die Nutzung der gebauten Umwelt in eine klima- und ressourcenneutrale, langlebige, variable, ästhetische und Werte schaffende Bauweise zu transformieren. Das Lab verkörpere diesen Paradigmenwechsel im Bauwesen: neue, ressourceneffiziente und klimaneutrale Werkstoffe sowie modular geplante, hochflexible und lange nutzbare Bauwerke sollen den enormen Ressourcenverbrauch im Bauwesen mindern. Das Konzept integriere, heißt es in den Erläuterungen des LAB, die modernsten Ansätze der Materialforschung, der Produktionstechnologien und der Digitaltechnologien, sodass sich die Lausitz als arbeitsplatzwirksame europäische Modellregion für nachhaltiges Planen und Bauen entwickeln könne.

Für die derzeit immer stärker in den Vordergrund rückenden Diskussionen über die Anforderungen an solche neuartig geplante und

errichtete Bauwerke hält das LAB die Realisierung des Bauforschungszentrums in der Lausitz für eine zukunftsweisende und für den Bereich der Bauingenieurwissenschaften fachlich hochgradig attraktive und nahezu alternativlose Lösung.

Um die rasche Verwirklichung dieses anspruchsvollen Plans nach Kräften zu unterstützen, steht die BVPI bereit, so hat BVPI-Präsident Kalleja daher Curbach zugesagt und ihm „neben der grundsätzlichen Unterstützung“ ganz konkrete Möglichkeiten der Kooperation mit dem LAB angeboten. Vorbehaltlich einer genaueren Abstimmung könnten dies, schreibt Kalleja, beispielsweise sein:

- Öffentlichkeitsarbeit für das LAB-Forschungszentrum und Information über seine Aktivitäten in den Medien der BVPI (Homepage, Newsletter, Fachzeitschrift *Der Prüflingenieur*),
- Nutzung aller nationalen Kommunikations- und Informationskanäle sowie des internationalen Netzwerkes der BVPI zur

- Verbreitung wissenschaftlicher Ausarbeitungen und sonstiger Aktivitäten des LAB,
- Zurverfügungstellung des Expertenwissens der Prüflingenieurinnen und Prüflingenieuren im Rahmen von Vorträgen, Workshops oder Kolloquien,
- Unterstützung bei der Einrichtung neuer Studiengänge und bei der Berufung hochqualifizierter Professoren,
- Nutzung der allgemeinen Infra- und Forschungsinfrastruktur des LAB für Verbandsveranstaltungen und Gremiensitzungen der BVPI.

Diese Auflistung bezeichnet Kalleja „als erste Ideenliste“, sie könne „selbstverständlich je nach Bedarf angepasst und vervollständigt werden“. Mit dieser Liste möchten der Vorstand der BVPI und seine Gremien aber ihr „großes Interesse an einer Kooperation mit dem LAB unterstreichen“. Je nach gesellschaftsrechtlicher Ausgestaltung des LAB könne sich die BVPI darüber hinaus auch eine Mitgliedschaft vorstellen, vorzugsweise eine Gründungsmitgliedschaft beim LAB.

Vom Bauen mit Carbon-Textilbeton und digitaler Prüf- und Bauüberwachungstechnik bis zu neuen Brandschutzregeln Die Arbeitstagung der Prüflingenieure verspricht wieder ein sehr reichhaltiges und informatives Vortragsprogramm

Mit einem Vortrag über das nachhaltige Bauen mit Carbon-Textil-Beton, jenem innovativen Verbundwerkstoff, der den Ingenieuren und Architekten ebenso schlanke wie leichte und dauerhafte Betonbauteile von enormer Tragfähigkeit ermöglicht, erreicht die diesjährige Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) einen ihrer fachlichen Höhepunkte. Sie wird am 16. und 17. September 2022 mit einem anderthalbtägigen fachlich hochinformativen Vortrags- und Diskussionsprogramm und mit der BVPI-Mitgliederversammlung am Nachmittag des 15. September, bei der turnusmäßig auch der Bundesvorstand der BVPI gewählt werden wird, im Steigenberger Hotel am Kanzleramt in Berlin stattfinden. Beide Veranstaltungen sind wieder als Präsenzveranstaltung geplant.

Der Schlussvortrag – und einer der Höhepunkte der ganzen Arbeitstagung – wird am

Samstag, dem 17. September, ein Referat des BVPI-Mitgliedes und Prüflingenieurs Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Johann-Dietrich Wörner sein, der als Hochschullehrer und Präsident der TU Darmstadt 2007 zum Vorstandsvorsitzenden des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt berufen wurde und von Juli 2015 bis Februar 2021 Generaldirektor der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) war. Sein Thema: „Bauen im Weltall“ – ein Zukunftsthema, das für die Teilnehmer und Teilnehmerinnen von ähnlichem Interesse sein dürfte, wie der erste rein ingenieurfachliche Vortrag des ersten Tages dieser Arbeitstagung. Er wird unter dem Titel „Einwirkungen auf Tragwerke“ den Weg zu tragfähigen Bauwerken in Europa beschreiben und speziell über die neuesten Entwicklungen berichten, die sich im Sub Committee 1 (SC1) von CEN/TC 250 ereignet haben. Über sie wird der Leiter der sächsischen Landesstelle für Bautechnik, einer Behörde der obersten Bauaufsichtsbehörde im Freistaat Sachsen, Dr.-Ing. Alexander Biegholdt (Leipzig), berichten.

Diese Beiträge umrahmen ein Programm, dessen andere Themen auch von hochrangigen und ausgesprochen kenntnisreichen Referenten behandelt und mit den Teilnehmern diskutiert werden. Im Einzelnen stehen bis jetzt Vorträge fest über:

- Aktuelles aus dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) (dem alljährlichen Bericht des Präsidenten des DIBt, Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft),
- die Methoden des Brandschutzingenieurwesens nach DIN 18009 – Konsequenzen für die Zusammenarbeit zwischen Brandschutz und Standsicherheit (von dem Prüflingenieur Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Geburzig aus Ribnitz-Damgarten),
- den Einschubvorgang des Stahlüberbaus der Hochmoselbrücke (von Dr.-Ing. Thomas Klähne, dem Geschäftsführenden Gesellschafter der KLÄHNE BUNG Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH (Berlin),
- die Überwachung von Brücken mit digitalen Methoden (von Dr.-Ing. Ronald Schnei-



Foto: shutterstock

MITTEN IN BERLIN, in einem Hotel in direkter Nähe zum Kanzleramt und zum Hauptbahnhof, findet am 16. und 17. September die diesjährige Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (BVPI) statt, und zwar wieder als Präsenzveranstaltung.

- der vom Fachbereich Ingenieurbau der Abteilung Bauwerksicherheit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM),
- die Gründungshistorie, die Aufgabenbereiche, die Verantwortlichkeiten, die Usancen der Auftragsvergabe und der Auftragsabrechnung der Bundes-Autobahngesellschaft (von Rainer Siegel, der bei der Autobahn GmbH des Bundes die Abteilung Bau leitet, die für die Planung jeglicher Ingenieurbauwerke zuständig ist),
- die Auswirkungen der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) auf das Planen und Prüfen (von Dipl.-Ing. (FH) Bernd Stark, Prüfengeur für Standsicherheit und Brandschutz/vorbeugenden baulichen Brandschutz und Geschäftsführender Gesellschafter der oemig + stark Ingenieurgesellschaft mbH in Kiel),
- die Neuerungen, die sich nach diversen Überarbeitungen der Eurocodes auf die Brandschutznachweise auswirken werden (von dem Prüfengeur für Brandschutz in Schleswig-Holstein, Professor Dr.-Ing. Jochen Zehfuß, dem gleichzeitigen Leiter des Fachgebiets Brandschutz am Institut

- für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der TU Braunschweig),
- die Brandschutzregeln für Hochhäuser in England, und zwar im Vergleich mit den einschlägigen deutschen Vorschriften (von Boris Stock, bft Cognos GmbH Köln, und Karl Wallasch, Trigon Fire Safety London),
- die Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) für Betondecken und -dächer aus Fertigteilhohlplatten (von Dr.-Ing. Christoph Alfes, dem Leiter der Abteilung Betontechnik und Carbonbeton beim Deutschen Ausschuss für Stahlbeton),
- verschiedene Aspekte des digitalen Prüfens (von dem Beratenden Ingenieur und Prüfengeur für Brandschutz vpi Dipl.-Ing. Martin Hamann, Berlin),
- Mörtelverbindungen für den Abtrag von Biegebeanspruchungen und axialen Lasten im Stahlbau (von Dr.-Ing. Michael Schwedler vom Ingenieurbüro Jörss – Blunck – Ordemann (JBO) in Hamburg),
- über die Verlängerung der Berliner Stadtautobahn (BAB 100) (von Dipl.-Ing. Oliver Schmidt von der Ed. Züblin/Strabag AG).

Für dieses Fachprogramm hofft die Bundesvereinigung der Prüfengeure mindestens ebenso viele Mitglieder und Gäste interessieren zu können, wie sie vor der Pandemie regelmäßig begrüßen konnte; zumal auch dieses Jahr wieder ein Rahmenprogramm für die Begleitpersonen offeriert wird, dessen Vielfältigkeit und Reichhaltigkeit dem der fachlichen Agenda in nichts nachsteht.

Und am Abend des 16. September sieht das Programm der diesjährigen Arbeitstagung auch wieder den bei den BVPI-Mitgliedern und ihren Gästen sehr populären Landesabend vor, diesmal im legendären Metropal am Nollendorfplatz in Berlin-Schöneberg.

Informationen zum Programm und zur Anmeldung unter:
arbeitstagung.bvpi.de/arbeitstagung_2022_berlin

Übrigens: Die Arbeitstagung 2023 der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (BVPI) ist am 15. und 16. September in Hamburg, und die 2024er Tagung ist für den 20. und 21. September in Wiesbaden geplant.

BauPVO und Eurocodes: Mit der neuen prEN1992-1-1 wird ein Lösungsvorschlag zur Lückenschließung vorgelegt

Er würde allerdings zu einer deutlichen Verschiebung der Verantwortlichkeiten auf die Planung und Prüfung kommen

Durch eine Anpassung der normativen Anhänge A und C der neuen prEN1992-1-1 wird für den Betonbau eine vorläufige Lösung für die Regelungslücke zwischen Bauprodukteverordnung (EU-BauPVO) und Bemessungsregelungen angeboten. Die Regelungslücke könnte, so der Vorschlag einer Arbeitsgruppe des Europäischen Komitees für Normung (CEN), durch eine Anpassung der normativen Anhänge A und C (Anpassung von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe, Anforderungen an Baustoffe) im Entwurf des Eurocode 2 geschlossen werden. Sofern sich dieser Lösungsvorschlag für den Betonbau durchsetzt, muss allerdings gefragt werden, welche Auswirkungen diese Lösung auf den Bauablauf haben und welche neuen Haftungsfragen für Planer und Prüfer entstünden. Denn diese Lösung würde eine Verschiebung der Verantwortlichkeiten von den Herstellern auf die Planer bewirken – zumal auch noch eine als künftiges europäisches Prinzip zu wertende Übertragung dieses Lösungsvorschlages auf alle anderen Eurocodes droht.

Mit Erscheinen des europäischen Normenentwurfes zur DIN EN 1992-1-1:2021-10 (Be-

messung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1) zeigen nach der Umstellung von der früheren EU-Bauproduktenrichtlinie (BauproduktenRL) auf die heutige EU-Bauprodukteverordnung (EUBauPVO) unterschiedliche Lösungsversuche für dieses Problem.

Die Auswirkungen der Umstellung von der EU-Richtlinie zur EU-Verordnung sind seit spätestens 2014 bekannt und führten unter anderem zum Wegfall des bekannten Ü-Zeichens für Bauprodukte. Dies hatte zur Folge, dass Produkteigenschaften, die in den Eurocodes für Bemessung gefordert werden, nicht in den harmonisierten europäischen Produktnormen (hEN) und in anderen Quellen vorkommen, für die die Bauprodukteverordnung relevant ist. Dass eine solche Regelungslücke unbedingt geschlossen werden müsse, ist in den beteiligten Kreisen unbestritten. Allein der Weg zur Lückenschließung ist umstritten beziehungsweise zumindest diskutabel.

Auf europäischer Ebene wurde in diesem Zusammenhang im CEN/TC250, dem Ausschuss des CEN, der die Gesamtverantwortung für die Erarbeitung der Eurocodes trägt, eine horizontale Gruppe (AHG Interface) gebildet, die Lösungsansätze für dieses Problem lie-

fern sollte. Eine Analyse der unterschiedlichen Konstellationen bei nicht vorhandenen und vorhandenen Regelungslücken zeigt die **Abb. 1**.

Mit Erscheinen des Eurocodeentwurfs prEN1992-1-1:2021 liegt nun für den Bereich Betonbau ein Lösungsvorschlag durch Anpassung der normativen Anhänge A (Anpassung von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe) und C (Anforderungen an Baustoffe) vor.

In Anhang C sollen danach die Anforderungen an Baustoffe aufgeführt werden, die unter dem Gesichtspunkt der Verwendbarkeit nach Eurocodebemessung von den Herstellern nicht benannt werden können, dürfen oder wollen.

Im Anhang A des Eurocodeentwurfs soll zusätzlich eine Verknüpfung von Anforderungen an Bauprodukte, deren Herstellungsprozess und an das zu erwartende Zuverlässigkeitsniveau mithilfe anpassbarer Teilsicherheitsbeiwerte eingeführt werden. Dabei wird zum Beispiel in der Tabelle A.1b der Teilsicherheitsbeiwert für die Fertigteilherstellung teilweise direkt mit dem in der Bauprodukteverordnung verankerten sogenannten AVCP-

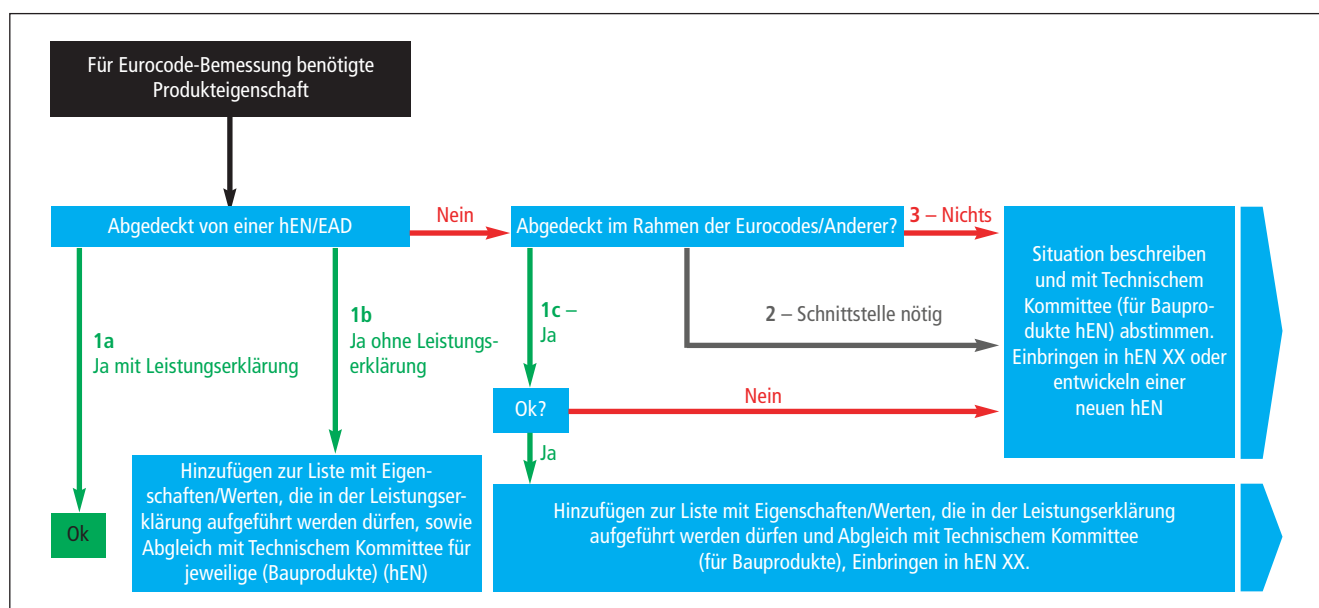


Abb. 1: Vorschlag für eine langfristige Problemlösung für harmonisierte Europäische Produktnormen CEN/TC250/N2632

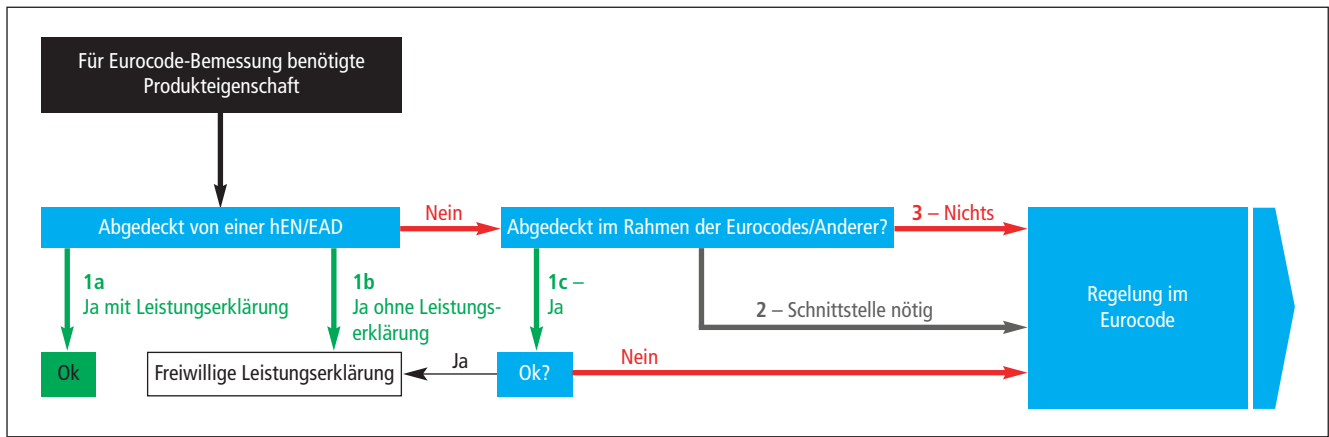


Abb. 2: prEN1992-1-1:2021 als umgesetztes Beispiel für einen Vorschlag für eine kurzfristige Problemlösung über Eurocodes CEN/TC250/N2328

System (Assessment and verification of constancy of Performance, System für die Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit von Bauprodukten) verknüpft.

Auch wenn die vorgeschlagene Lösung für den Bereich des Betonbaus gangbar erscheint und akzeptiert werden könnte, muss hinterfragt werden, welche konkreten Auswirkungen die vorgeschlagenen Änderungen auf den Bauablauf und damit auf damit entstehende Haftungsfragen für die Planer und Prüfer haben werden, weil der vorgeschlagene Weg unzweifelhaft zu einer deutlichen Verschiebung der Verantwortlichkeiten von den Herstellern auf die Planer und Prüfer führt.

Gleiches gilt für die Einführung der anpassbaren Teilsicherheitsbeiwerte, denn ausreichende und belastbare wissenschaftliche Grundlagen für den vorgeschlagenen Verfahrensweg liegen aktuell (noch) nicht vor.

Eine Übertragung dieses Lösungsvorschlages für den Betonbau auf alle Eurocodes und die Verankerung dieser Lösung als grundsätzliches Prinzip in prEN1990 (Eurocode 0, Grundlagen der Tragwerksplanung) und dessen Anhang B ist vor diesem Hintergrund besonders kritisch zu sehen, zumal diesem Thema auf europäischer Ebene derzeit eine eher untergeordnete Bedeutung zuerkannt wird und dieses deshalb nicht mit besonderer Aufmerksamkeit behandelt wird.

Nicht aus dem Fokus verloren werden sollte darüber hinaus aber, dass das eigentliche Problem in der Bauprodukteverordnung liegt die solche Regelungslücken begünstigt. Die Argumentation, dass die in prEN1992-1-1 für den Eurocode 2 (Abb. 2) angestrebte Vorgehensweise lediglich eine Zwischenlösung bis zur Überarbeitung und Komplettierung der hEN darstelle, ist mit äußerster Vorsicht zu genießen, denn einmal in die Eurocodes aufgenommene Formulierungen wieder zu streichen, dürfte einer Herkulesaufgabe gleichkommen.

Syndikusrechtsanwalt Henning Dettmer, BVPI
Dipl.-Ing. Christian Klein, BVPI

BVPI und Bundesingenieurkammer gründen gemeinsame BVS für die Gebührenrechnung im Bereich der Autobahnen

Weil die Zuständigkeit für Planung, Bau, Betrieb, Erhaltung, Finanzierung und die vermögensmäßige Verwaltung der Autobahnen in Deutschland 2018 von den Bundesländern auf die dafür gegründete Autobahn GmbH des Bundes übergegangen ist, haben die Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) und die Bundesingenieurkammer eine Bewertungs- und Vergütungsstelle für den Bereich der Autobahnen (BVS Autobahn GmbH) gegründet.

Aufgabe der neuen Gesellschaft ist es, die gut funktionierenden Arbeitsabläufe und Strukturen, die für den Eisenbahnbau in den vergangenen Jahren von der Bewertungs- und Vergütungsstelle (BVS-EBA, Mainz) etabliert worden sind, nun auch auf den Bereich

des Autobahnbaus zu übertragen. Damit können jetzt auch für den Autobahnbereich die komplette Abwicklung der Vergütungsermittlung, der Rechnungslegung und des Zahlungsverkehrs zentral abgewickelt und die stringente Einhaltung der Vergütungsordnung gewährleistet werden.

Ziel der Verlagerung der Zuständigkeiten für die Autobahnen von den Bundesländern auf die Autobahn GmbH des Bundes waren eine schnellere und effizientere Planung, Finanzierung und Umsetzung von Bauvorhaben sowie die Hebung von Effizienzgewinnen durch die zentrale organisatorische Aufstellung der Autobahn GmbH.

Auftraggeber der Prüferingenieure und Prüsachverständigen für Prüfaufträge im Bereich

der Autobahnen ist seither die Autobahn GmbH mit Sitz in Berlin. Abrechnungsgrundlage ist die Richtlinie für die Vergütung für die statische und konstruktive Prüfung von Ingenieurbauwerken für Verkehrsanlagen (RVP, Ausgabe 2019).

Die Rechts- und Fachaufsicht hinsichtlich der hoheitlichen Aufgaben der Autobahn GmbH liegt bei dem ebenfalls neu gegründeten Fernstraßenbundesamt. Damit liegt eine vergleichbare Situation wie im Eisenbahnbereich mit dem Eisenbahnbundesamt und der DB Netz AG vor.

Die BVPI und die Bundesingenieurkammer haben gleich nach der Gründung der Autobahn GmbH des Bundes diese zum Anlass genommen, um die Übertragbarkeit der etab-

lierten und gut funktionierenden Arbeitsabläufe und Strukturen im Eisenbahnbereich auf den neu aufgestellten Autobahnbereich zu prüfen. Im Fokus stand dabei insbesondere die im Eisenbahnbereich für alle Beteiligten äußerst effektiv und verlässlich arbeitende Bewertungs- und Vergütungsstelle (BVS-EBA) in Mainz. In mehreren Gesprächen mit dem Fernstraßenbundesamt, dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sowie der Autobahn GmbH konnten die wesentlichen Vorteile einer solchen Bewer-

tungs- und Vergütungsstelle auch für den Bereich der Autobahnen herausgearbeitet und die Beteiligten von der Sinnhaftigkeit des Aufbaues einer solchen Abrechnungsgesellschaft für den Bereich der Autobahnen überzeugt werden.

Nach Durchlaufen der jeweiligen Verbands- und Kammergremien konnten daraufhin Anfang April 2022 die förmlichen Beschlüsse zur Gründung der Bewertungs- und Vergütungsstelle getroffen werden. Ende April 2022 wur-

de der Gründungsvertrag der Gesellschaft unterzeichnet und die Eintragung ins Handelsregister beantragt. In den kommenden Wochen wird es darum gehen, die BVS Autobahn GmbH arbeitsfähig einzurichten.

Wesentlicher Erfolgsfaktor der neu gegründeten BVS wird sein, dass die Gesellschaft zukünftig von allen Prüffingenieuren und Prüfsachverständigen bei der Erstellung von Angeboten und der Abrechnung von Prüfhonoraren genutzt wird.

Die BVPI gibt Stellungnahmen in den Anhörungsverfahren zur Änderung der Musterbauordnung und der MVV TB ab

Ende 2021 hatte die Bauministerkonferenz (ARGEBAU) ein Anhörungsverfahren zur Anpassung der Musterbauordnung der Länder (MBO) im Bereich des Abstandsflächenrechts sowie im Brandschutz eingeleitet. Die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) hat sich gründlich mit den vorgelegten Änderungsvorschlägen auseinandergesetzt und zahlreiche eigene Vorschläge ausgearbeitet und fristgerecht bei der Fachkommission eingereicht.

Parallel zum MBO-Anhörungsverfahren hatte das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) im Januar 2022 ein Anhörungsverfahren zur Anpassung und Überarbeitung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) angestoßen. Auch an diesem Anhörungsverfahren hat sich die BVPI beteiligt.

Besondere Herausforderung war dabei, die im Anhang 14 der MVV TB an zahlreichen Stellen aufgenommene sehr pauschale For-

mulierung wieder aus dem Dokument zu streichen, nach der (bezüglich der Anlagentechnik) alle notwendigen Angaben im Brandschutznachweis darzustellen sind. Begründung: Die Brandschutznachweise können nach Ansicht der unabhängigen Experten in der BVPI diese Anforderungen nicht erfüllen.

Die beiden Stellungnahmen sind im Wortlaut auf der Homepage der BVPI unter www.bvpi.de ► *Aktuelles* zu finden.

Der Entwurf der Europäischen Kommission für eine überarbeitete Bauprodukteverordnung liegt jetzt vor Sie soll auch einen Rahmen für die Bewertung der Umwelt- und Klimabedingungen von Bauprodukten bieten

Ende März 2022 hat die Europäische Kommission einen Vorschlag für eine überarbeitete BauprodukteVO (Construction Products Regulation – CPR) vorgelegt. Der Verordnungsentwurf ist seit kurzem auch als deutsche Ausgabe verfügbar, wie der Verfahrensablauf für die Bewertung dieses Vorschlages der Kommission in den Mitgliedstaaten aber sein wird und, vor allem, wann eine finale Fassung der Verordnung in Kraft treten soll, ist derzeit noch offen.

Ziel des EU-Vorschlages ist insbesondere, die aktuelle, seit 2011 geltende, BauprodukteVO zu stärken und zu modernisieren. Nach Angaben der Kommission soll die neue Verord-

nung einen harmonisierten Rahmen für die Bewertung und die Kommunikation der Umwelt- und Klimabedingungen von Bauprodukten bieten. Neue Produkthanforderungen sollen sicherstellen, dass die Konstruktion und Herstellung von Bauprodukten auf dem aktuellen Stand der Technik basieren, damit diese unter anderem langlebiger und wiederverwertbarer werden.

Außerdem soll die neue Verordnung es den Normungsgremien erleichtern, gemeinsame europäische Normen zu entwickeln.

Wie bereits die aktuelle BauprodukteVO soll auch die neue Verordnung Hemmnisse für den freien Verkehr im Binnenmarkt beseiti-

gen. Darüber hinaus soll sie digitale Lösungen zur Verringerung des Verwaltungsaufwands, eine Datenbank für Bauprodukte sowie digitale Produktausweise ermöglichen.

Die zuständigen nationalen Gremien und Interessensvertreter werden sich in den nächsten Wochen und Monaten intensiv mit den konkreten Inhalten des Verordnungsvorschlages auseinandersetzen. Inwieweit eines der Kernprobleme der bisherigen BauprodukteVO, nämlich das Zusammenspiel von europäischen Produkt- und nationalen Bauwerksanforderungen mit dem neuen Verordnungsvorschlag einer Lösung zugeführt wird, kann zum aktuellen Stand noch nicht abschließend beurteilt werden.

Herausforderungen bei der Planung und Realisierung des Tragwerks des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofs

Die Kelchform mit ihrer speziellen Geometrie führte alle Beteiligten an die Grenzen des technisch Machbaren

Es gibt weltweit nur wenige Bauwerke aus Stahlbeton, die in Planung und Ausführung so hohe Anforderungen stellen wie der neue Tiefbahnhof in Stuttgart. Sein wesentliches Gestaltungselement sind die Kelchstützen, deren Geometrie ein ästhetischer und technisch-konstruktiver Glanzpunkt der Ingenieurskunst ist. Die Kelchstützen und die 447 Meter lange, fugenlose Bauweise der Bahnhofshalle bilden die Herausforderung, vor die sich die Tragwerksplaner und die Prüfengeure gestellt sahen, die mit diesem Bauwerk zu tun haben. Sie hat ihnen eine sehr enge Zusammenarbeit und technisch-konstruktiven Einfallsreichtum abgefordert. Nur die enge und frühe Abstimmung der Planer mit Gutachtern, Prüfern und Ausführenden hat diese noch nie ausgeführte Konstruktion ermöglicht. Im folgenden Beitrag* werden die Besonderheiten dieser Planung beschrieben. Er behandelt die Bedingungen der Tragwerksplanung, der Formfindung, für die baustatische Berechnung und für die Ausführung dieser einzigartigen Konstruktion. Ein Schwerpunkt liegt auf den Last- und Bemessungsansätzen, die oft jenseits des regulären Normenkontextes festgelegt wurden. Die hier beschriebenen Planungsmethoden wurden aus den Nischen von Sonderprojekten herausgehoben und erfolgreich für eines der größten europäischen Infrastrukturprojekte angewandt.

** Der vorliegende Beitrag ist eine deutlich erweiterte und aktualisierte Fassung eines Artikels, der in Heft 5/2019 der Zeitschrift „Beton- und Stahlbetonbau“ erschienen ist.*



Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek

ist Architekt und Beratender Ingenieur, Professor am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) der Universität Stuttgart, Initiator des Sonderforschungsbereichs „Adaptive Hüllen und Strukturen für die gebaute Umwelt von morgen“, Gründer eines weltweit tätigen Planungsbüros mit mehr als 350 Mitarbeitern, mit dem er das Ziel verfolgt, eine gebaute Umwelt zu schaffen, die höchsten ästhetischen Ansprüchen genügt und die den Interessen kommender Generationen gerecht wird.



Dipl.-Ing. Angelika Schmid

hat von 1995 bis 2002 an der Universität Stuttgart und an der Universität Trondheim (Norwegen) das Bauingenieurstudium absolviert und fing 2002 als Projektingenieurin bei der Werner Sobek AG in Stuttgart an, wo sie seit 2008 als Projektleiterin tätig ist, davon mehrere Jahre in New York; seit 2013 ist Angelika Schmid Teamleiterin Tragwerk und Prokuristin der Werner Sobek AG.

1 Einführung

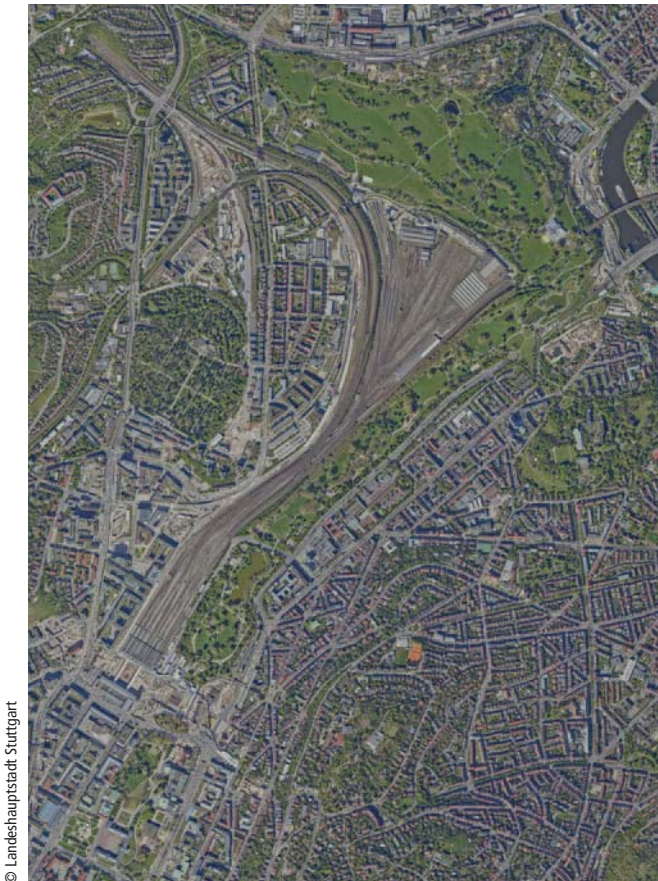
Das Bahnprojekt Stuttgart Ulm (S21) ist das größte Ausbauprojekt für den öffentlichen Schienenverkehr in Baden-Württemberg seit dem 19. Jahrhundert. Es umfasst neben dem Neubau zahlreicher Tunnel und Trassen auch eine komplette Umgestaltung des Eisenbahnknotens Stuttgart: Der alte Kopfbahnhof wird durch einen unterirdischen Durchgangsbahnhof ersetzt. Das Herzstück des alten Bahnhofs (der sogenannte Bonatz-Bau) bleibt erhalten und verbindet auch weiterhin die Innenstadt mit den Gleisanlagen. Durch die neue Streckenführung können künftig aber umfangreiche Gleisflächen im Zentrum Stuttgarts rückgebaut und durch Parkanlagen beziehungsweise ein neues Stadtquartier ersetzt werden. Insgesamt handelt es sich um eine Fläche von rund 100 Hektar. S21 ist somit nicht nur verkehrstechnisch, sondern auch hinsichtlich der Stadtentwicklung von großer Bedeutung für Stuttgart (Abb. 1a und Abb. 1b). Wesentliches Gestaltungselement der neuen Bahnsteighalle sind die sogenannten Kelchstützen. Diese tragen nicht nur das Schalendach, sondern dienen auch der natürlichen Belichtung und Belüftung des Innenraums.

Die Architektur des neuen Stuttgarter Bahnhofs wurde vom Düsseldorfer Architekten Christoph Ingenhoven mit Unterstützung des Pritzker-Preisträgers Frei Otto entwickelt. Zusammen konnten diese 1997 den internationalen Wettbewerb für sich entscheiden. Ingenieurtechnisch wurden Ingenhoven und Otto im Rahmen des Wettbewerbes vom Ingenieurbüro Happold unterstützt, später auch vom Büro Leonhard, Andrä und Partner [1], [4]. 1999 begann das Team mit den Vorplanungen zum Projekt. Werner Sobek übernahm ab dem Jahr 2009 die Tragwerks- und Fassadenplanung, Teile der Objektplanung für den neuen Tiefbahnhof sowie für den Umbau des Bonatz-Baus und den Neubau der angrenzenden Stadtbahn-Haltestelle Staatsgalerie [2], [3] (Abb. 2). Als Prüfengeure wurden Dr. Bernd-Friedrich Bornscheuer und Prof. Frank-Ulrich Drexler (beide aus Stuttgart) beauftragt.

Im Rahmen dieser Planung wurden die Entwurfsplanung technischen Anforderungen angepasst und die Genehmigungs- und Ausführungsplanung erstellt. Neben der im Folgenden detailliert beschriebenen Massivbaukonstruktion wurden auch die Stahlkonstruktionen wie Lichttaugen, Gitterschalen, Verteilerstege, Aufzugschachtgerüste und Treppen durch Werner Sobek geplant.

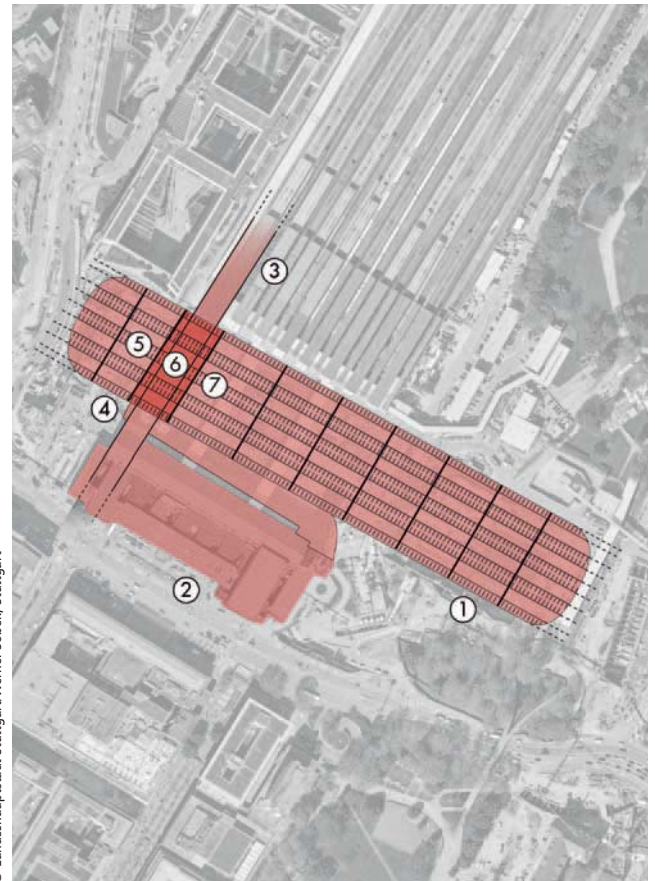
2 Der neue Tiefbahnhof

Der neue Tiefbahnhof wurde als unterirdische Bahnsteighalle mit einer Länge von 447 und einer Breite von 80 Meter konzipiert. Hauptcharakteristik des Entwurfs von Christoph Ingenhoven und Frei Otto ist ein doppelt gekrümmtes Schalendach (Abb. 3a), das stufenlos in 28 Kelchstützen mündet. Diese Stützen stehen versetzt zueinander auf den Bahnsteigen. In ihrem Zentrum befindet sich jeweils ein circa



© Landeshauptstadt Stuttgart

Abb. 1a: Luftbild der Stuttgarter Innenstadt mit dem Gelände rund um den Hauptbahnhof



© Landeshauptstadt Stuttgart/Werner Sobek, Stuttgart

Abb. 2: Die im Artikel erwähnten Bauwerke: ① Tiefbahnhof, ② Stadtbahn-Haltestelle Staatsgalerie, ③ Bonatz-Bau



© Landeshauptstadt Stuttgart/Werner Sobek, Stuttgart

Abb. 1b: Die durch den neuen Tiefbahnhof frei werdenden Flächen

15 Meter großes Lichteauge aus Glas (**Abb. 3b**), das für eine natürliche Belichtung des Bahnhofs sorgt. Die Kelchstützen sowie die Ränder des Schalendachs stehen auf dem Trogbauwerk. Dieses besteht aus der Bodenplatte und den seitlichen, 1,0 Meter dicken Trogwänden. Die Dicke der Bodenplatte variiert in Querrichtung des Bahnhofs zwischen 0,9 und 2,5 Meter. Die Bodenplatte gründet auf Ortconrammpfählen. Im nordwestlichen Teil der Bahnhofshalle kreuzt das Trogbauwerk den darunter liegenden S-Bahn-Tunnel. An dieser Stelle ist die Bodenplatte als ungefähr 30 Meter freitragende Spannbetonplatte konzipiert, welche zusätzlich zur Belastung aus dem Zugverkehr auch zwei Kelchstützen (und somit auch Teile des Schalendachs und der Erdüberdeckung) abtragen muss [8]. Die Trogwände überspannen das S-Bahn-Bauwerk in diesem Bereich als dreiecksförmige Hohlkastenträger.

In der Untersicht ist das Schalendach eine doppelt gekrümmte Fläche aus speziellem Weißbeton in Sichtbetonqualität (SB4); die Bauteilstärken variieren entsprechend der Beanspruchung zwischen circa 0,45 Meter in den Bereichen zwischen den Kelchen und 1,30 Meter in den Randbereichen. Die aus einem Hängemodell abgeleitete Form leitet das Eigengewicht näherungsweise als Druckbeanspruchung in die Auflagerbereiche ab. Aufgrund von vielen anderen Lastfaktoren, wie zum Beispiel bereichsweise hohen Aufschüttungen, den seitlichen zum Teil stark variierenden Erddrücken und nicht zuletzt den Zwängungen aus Baugrundsetzungen sowie Temperatur-, Schwind- und Kriecheinwirkungen, entstehen jedoch auch deutliche Biege- und Zugbeanspruchungen in der Schalenkonstruktion, welche letztendlich zu einer hohen Bewehrungsmenge führen. Weitere Informationen hierzu sind in [3] zu finden.



© Ingenhoven Architekten, Düsseldorf

Abb. 3a: Untersicht der Stahl-Glas-Schale, die den Sonderkelch (Eingangsbauwerk) überspannt



© Ingenhoven Architekten, Düsseldorf

Abb. 3b: Aufsicht auf eines der Lichtaugen im erweiterten Stuttgarter Schlosspark

Das gesamte Bauwerk ist als fugenlose Massivbaukonstruktion ausgelegt. Erst an den Übergängen zum Nord- und Südkopf befinden sich Raumfugen. Verbunden mit einer Konstruktion, die durch Pfähle mit dem Baugrund vernagelt ist, kommt den Zwängungen, die zum Beispiel aus Temperaturschwankungen oder Schwindeinwirkungen des Betons hervorgerufen werden, eine hohe Bedeutung zu. Diese werden durch die Sichtbetonanforderung des Schalendachs als auch der WU-Konstruktion mit einer Rissbreitenbegrenzung auf 0,15 Millimeter des im Grundwasser liegenden Trogbauwerks weiter verschärft. Um eine schrittweise Abfolge des Planungs-, Genehmigungs- und Bauprozesses zu ermöglichen, wurde die Bahnhofshalle in zehn Bauabschnitte unterteilt. Die in diesen Bauabschnitten vorzufindenden Bauteile wurden wiederum in mehrere Planungspakete gegliedert.

3 Berechnung und Bemessung der fugenlosen Massivkonstruktionen

3.1 Grundlagen

Der Tiefbahnhof besteht aus einem Trog aus Normalbeton und dem darauf fugenlos aufsetzenden Schalendach aus Weißbeton. Das gesamte Bauwerk ist als fugenlose Massivbaukonstruktion ausgelegt. Erst an den Übergängen zum Nord- und Südkopf finden sich Raumfugen. Die Anforderungen an den Massivbau sind durch die WU-Konstruktion des Troges und die Sichtbetonanforderungen (Sichtbetonklasse SB4) an die Weißbetonoberfläche des Schalendachs sehr hoch.

3.2 Rolle der FE-Modelle und Abstimmungen mit dem Prüfingenieur

Für die Berechnung dieser komplexen und großen Struktur mussten verschiedene FE-Modelle erstellt werden (Abb. 4). Dazu wurde die FE-Berechnungssoftware SOFISTIK eingesetzt. Wesentlich für die Berechnung und Bemessung des Stahlbetons auf Basis des Eurocode 2 ist das Gesamtmodell der Bahnhofshalle. Für den Aufbau des FE-Modells des Schalendachs wurde auf das architektonische 3D-Modell zurückgegriffen. Das Modell im Übergabeformat .3dm (Rhino) beschreibt exakt die Außen- und Innenflächen des Schalendachs. Aufgrund der ständigen Änderung der Krümmungen und Bauteilstärken über die Fläche musste im ersten Schritt eine geeignete Mittelfläche generiert werden. Dazu wurden eigene Skripte entwickelt; mit Hilfe dieser Skripte konnte die Fläche dann in Rhino erzeugt werden, dieser 3D-Software für das rechnergestützte Konstruieren, die beliebige Kurven und Flächen sehr präzise darstellen kann. In einem zweiten Schritt

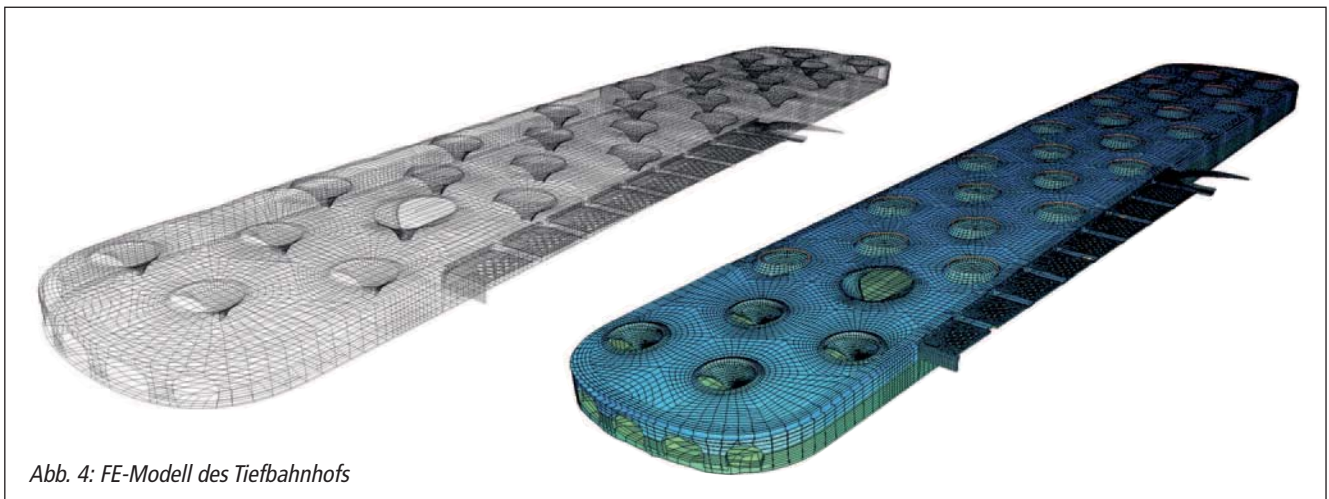


Abb. 4: FE-Modell des Tiefbahnhofs

wurde ein geeignetes FE-Netz auf dieser Fläche entwickelt. Im letzten Schritt wurden jeweils die Bauteildicken an den Knotenpositionen ermittelt und dem FE-Netz zugeordnet. Der notwendige Eingabecode für das Berechnungsprogramm wurde wiederum mittels Skripten direkt im 3D-Programm erzeugt.

Dabei konnten die Fähigkeiten von SOFiSTiK bei der Steuerung über den textbasierenden Code effektiv genutzt werden. Auch alle weiteren Schritte, wie Lasteingabe, Überlagerungsregeln und Berechnungsschritte, wurden direkt programmiert. Im FE-Gesamtmodell wurden die vorgesehenen Bewehrungsrichtungen bei der Definition der Koordinatensysteme bereits berücksichtigt. Zur Berechnung der Erdbebenlastfälle, welche auch komplexe Bauwerk-Boden-Interaktionen beinhalten, mussten speziell gelagerte Szenarien am Modell berechnet werden. Die Schnittgrößen dieser Sonderberechnungen wurden direkt in die Datenbank des Hauptmodells eingelesen und konnten auf diesem Weg mit überlagert werden.

Das Gesamtmodell liefert im Wesentlichen die bemessungsrelevanten Ergebnisse für die Lastkombinationen mit Effekten in der Längsrichtung, wie Schwinden und Temperatur. Um insbesondere die Gründungsdetails und die strukturierte Bodenplatte ausreichend genau zu erfassen, wurden für jeden Bauabschnitt zusätzliche Teilmodelle erstellt. Diese reichen jeweils über drei Bauabschnitte und weisen im Bereich der Bodenplatten eine feinere Vernetzung auf; sie enthalten zusätzlich Pfahlelemente zur Simulation der Gründungspfähle. Diese Teilmodelle können insbesondere zur detaillierten Bemessung der Trogkonstruktion herangezogen werden. Eine weitere wesentliche Aufgabe der jeweiligen Teilmodelle war der notwendige Abgleich mit dem zugehörigen geotechnischen Modell. Die anspruchsvollen Bodenverhältnisse, deren Veränderungen über die Bauwerkslänge und nicht zuletzt der Schutz der mineralwasserführenden Schichten erforderten ein aussagekräftiges Halbraummodell. Dieses Modell, das vom Geotechniker CDM Smith (Bochum) betreut wurde, enthält neben den Pfählen und dem Trog auch ein vereinfachtes Schalendach. Für die Ermittlung von Bettungen und Pfahlfederwerten erfolgte eine Berechnung aller setzungsrelevanten Bauschritte, inklusive Aushub und Wasserhaltungsschritten. Im Anschluss wurde ein iterativer Abgleich mit dem jeweiligen Tragwerksmodell durchgeführt. Mit den Prüfstanzen wurden die Kriterien hierfür festgelegt. Dabei müssen die Bodenplattenverschiebungen übereinstimmen, und zugleich dürfen die Pfahlkräfte nur circa zehn Prozent voneinander abweichen. Die komplexe Gründung und deren Berechnung zusammen mit dem an-

spruchsvollen Iterationsprozess werden in [5] und [9] detailliert beschrieben.

Um die schrittweise Herstellung richtig zu erfassen, wurde durch weitere Unterteilung aus dem Gesamtmodell ein separates Bauphasenmodell erstellt, sodass die jeweiligen Herstellungsschritte mit dem CSM-Modul von SOFiSTiK gesteuert werden konnten [6]. Im Modell werden die tragwerksrelevanten Bauphasen mit den jeweils vorhandenen Baubehelfsstützen abgebildet. Dabei wirken im Wesentlichen Eigenlasten, bauzeitliche Verkehrslasten und Temperaturlasten. Es zeigte sich, dass ein freistehender Kelch ein deutlich vom Endzustand abweichendes Tragverhalten hat. Aufgrund der Masseverteilung wechselt das Anschlussmoment am Fußpunkt im Bauzustand das Vorzeichen im Vergleich zum Endzustand.

Neben den Modellen der Bahnhofshalle wurde ein zusätzliches FE-Modell für die Berechnung der im Bereich der vorhandenen S-Bahn-Tunnel erforderlichen Überbrückung erstellt. Es erlaubt die Berechnung der stark gegliederten Konstruktion in Form einer Spannbetonplatte mit zahlreichen Spanngliedern. Der Schwerpunkt der Berechnung liegt in der schrittweisen Vorspannung im Laufe des Herstellungsprozesses des Schalendachs, vor allem, weil zwei Kelche direkt auf der Brückenkonstruktion angeordnet sind, die jeweils eine Last von circa 60 MN in diese einleiten.

Die vorgestellten Modelle erlaubten eine umfassende Berechnung der komplexen Tragstruktur im Rahmen der Genehmigungs- und Ausführungsplanung. Hierbei wurden zum einen bereichsweise Modellannahmen mit dem Prüfer diskutiert, um Randbedingungen möglichst realistisch beziehungsweise genau genug abzubilden. Zum anderen wurden FE-Berechnungen durch Stabwerkmodelle ergänzt und untermauert und eng zwischen Tragwerksplaner und Prüfer abgestimmt, um sicherzustellen, dass die errechneten Bewehrungsmengen auch effektiv im Bauwerk angeordnet werden. Hierbei wurden durch Tragwerksplaner und Prüferingenieur durchaus auch unterschiedliche Ansätze gewählt und die Ergebnisse dann verglichen. Letzteres wurde in erster Linie für den Bereich der hochbeanspruchten Trogwandstützen am Übergang zur Lounge für Bahnreisende durchgeführt und in regelmäßigen Besprechungen mit dem Prüferingenieur diskutiert. Ähnliche Abstimmungsprozesse erfolgten für den Bereich der S-Bahn-Überbrückung, wo durch die Kreuzung von Längs- und Querspanngliedern komplexe dreidimensionale Stabwerkmodelle zu diskutieren waren.

3.3 Normenumfeld

Aufgrund der Besonderheiten der Bahnhofshalle in Bezug auf die Geometrie- und Nutzungsanforderungen ergab sich ein komplexes Normenumfeld. Die eindeutige Zuordnung zu einem einzelnen Normenwerk war nicht möglich. Im Rahmen der Genehmigungsplanung wurde die Normensituation für alle relevanten Lastfälle analysiert; hieraus wurden dann gemeinsam mit dem Bauherrn ingenieurmäßige Lastansätze entwickelt. Das Bemessungskonzept wurde mit den beteiligten Prüfinstanzen abgestimmt und war Grundlage der Genehmigungsplanung. Beispiele für solche wichtigen Lastansätze sind unter anderem eine wirklichkeitsnahe Bauwerk-Boden-Interaktion sowie die Temperaturlasten oder der Erdbebennachweis, die im Folgenden detaillierter erläutert werden. Für den Nachweis des konstruktiven Brandschutzes erfolgte ein Großbrandversuch in Anlehnung an die RIL 853 (Richtlinie der DB Netz AG: Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten). Ein Probekörper mit typischer Krümmung und einer mittleren Belastung wurde mit der IEBA-Brandkurve beaufschlagt. Durch diesen Brandversuch wurde nachgewiesen, dass durch den Zusatz von circa zwei Kilogramm PP-Fasern pro Kubikmeter Weißbeton im Brandfall nur relativ geringe Abplatzungen zu erwarten sind.

3.4 Erdbeben

Bei der Bahnhofshalle handelt es sich im baurechtlichen Sinne um einen Hochbau. Tragwerksplanerisch liegt die Bahnhofshalle allerdings unterhalb der Geländeoberfläche. Da hierdurch keine eindeutige Regelung vorlag, wurde für den rechnerischen Ansatz des Lastfalls Erdbeben die Stellungnahme eines Sachverständigen eingeholt. So konnten vereinfachte quasi-statische Lastansätze (drei Lastmodelle) zur Berücksichtigung der Bauwerk-Boden-Interaktion im Erdbebenlastfall festgelegt werden.

Im Lastmodell 1 wurde die Biegung um die Längsachse und die daraus resultierenden Scherkräfte untersucht. Für jeden Bauabschnitt wurde ein separates Verformungsmodell betrachtet. Dabei wurde angenommen, dass sich der Bahnhof mit der Erdbebenwelle und dem Boden gemeinsam verformt. Da die Schnittgrößen immer an der Stelle, an der die Auslenkung am größten ist, maximal und damit maßgebend werden, wurde für jeden Bauabschnitt ein eigenes Modell erstellt. Die Berechnung erfolgte unter Ansatz einer Wellenlänge von 900 Meter. Dieses vereinfachte Modell sollte die phasenverschobene Anregung der einzelnen Punkte des langgestreckten Bauwerks abbilden. Die Berechnung der anzusetzenden Wellenlänge war sehr komplex. In der Fachliteratur fanden sich nur wenige Angaben; zudem fehlten Angaben über Wellengeschwindigkeiten im Grundgebirge und im Sediment. Eine Abschätzung konnte aber anhand von Werten erfolgen, die an Tunnelbauwerken in Japan gemessen wurden. In den Modellen wurde die Plattenbettung der Bodenplatte ausgeschaltet und das Modell stattdessen durch einzelne Lagerpunkte an den Nulldurchgängen der Welle gehalten. Es wurde eine horizontale Last aufgebracht, sodass sich eine maximale Verformungsamplitude von drei Zentimeter einstellt. Da die Wellenlänge mit 900 Meter länger als die Bahnhofshalle ist, mussten die Lagerbedingungen mit Federn abgebildet werden.

Im Lastmodell 2 wurde die Quertragfähigkeit des Bahnhofgebäudes untersucht. Hierfür wurden vier typische Bewegungsformen im Erdbebenfall betrachtet. Vom Geotechniker (Smolczyk & Partner, Stuttgart) wurden die auf die Bahnhofshalle einwirkenden pseudo-statischen Erdrücke ermittelt. Bei der Ermittlung wurde eine relative Verschiebung zwischen Boden und Bauwerk von drei Zentimeter angenommen. Da die Querschnittsparameter über die Bahnhofslänge hinweg hinsichtlich Geometrie und Bodeneigenschaften variieren, mussten diese Berech-

nungen an mehreren Querschnitten durchgeführt werden. Die ermittelten pseudo-statischen Erdrücke wurden dann bereichsweise in den verschiedenen Rechenmodellen der Bahnhofshalle angesetzt.

Beim Lastmodell 3 wurde angenommen, dass das Bauwerk frei steht und nicht durch den umliegenden Baugrund in seinen Schwingungen behindert wird. Hier konnte das vereinfachte Antwortspektrenverfahren nach DIN 4149 angewandt werden. Da die Erdbebenwellen unter einem beliebigen Winkel auf den Bahnhof treffen können, wurden acht unterschiedliche Beschleunigungsrichtungen untersucht. Die Hauptrichtungen ergaben sich aus der Quer- und Längsachse des Bahnhofs. Zusätzlich wurden Achsen untersucht, die in Winkeln von 45 Grad von diesen Hauptachsen abweichen.

Alle Erdbeben-Lastmodelle wurden in separaten Ersatzmodellen berechnet. Dies war erforderlich, da die Schnittkräfte in den Erdbebenmodellen unter angepassten Lagerungsbedingungen ermittelt werden mussten. Die in den Ersatzmodellen generierten Schnittkräfte sollten jedoch zur Weiterverarbeitung in die Tragwerksmodelle integriert werden. SOFiSTiK stellt hierfür das Modul MERGE zur Verfügung, einen Datenbankmanipulator, der Ergebnisse aus einer CDB-Datenbank in eine andere CDB übertragen kann. Hierfür ist wichtig, dass in beiden Modellen die Elementnummerierung exakt gleich ist, damit die Schnittkräfte auch dort integriert werden, wo sie vorgesehen sind.

3.5 Zwangseinwirkungen

Aufgrund der fugenlosen Bauweise bei gleichzeitiger Vernagelung von Bauwerk und Baugrund durch die Pfähle wurde die erforderliche Bewehrung zur Minimierung der Rissweite im Beton maßgeblich durch Zwangseinwirkungen bestimmt. Die Risse waren dabei auf eine Breite von 0,15 Millimeter für die Trogkonstruktion (WU-Konstruktion) beziehungsweise 0,2 Millimeter für das Schalendach (Festlegung für Sichtbeton) zu begrenzen. Die Zwänge werden in erster Linie durch Temperatur- und Schwindeinwirkungen hervorgerufen.

3.5.1 Temperatur

Für die Bahnhofshalle als großräumiges, im Untergrund eingebettetes Tragwerk lagen keine einschlägig anwendbaren Regelungen für Temperaturansätze vor. Es waren daher objektspezifische Festlegungen erforderlich, welche zuerst durch eine *Unternehmensinterne Genehmigung* (UiG) der Deutschen Bahn zu klären und im Weiteren durch eine *Zustimmung im Einzelfall* durch das Eisenbahnbundesamt (EBA) zu bestätigen waren.

Die Festlegung der Temperaturen im Endzustand erfolgte auf Basis eines thermodynamischen Gutachtens des Instituts für Industrieaerodynamik GmbH (I.F.I.), eines Instituts der Fachhochschule Aachen. Für den Innenraum der Bahnhofshalle wurden hieraus die maximalen Lufttemperaturen im Endzustand von plus 23 Grad Celsius für die Sommersituation und 0 Grad Celsius für die Wintersituation festgelegt. Abhängig von den Bauteildicken und dem mittleren Grundwasserstand sowie unter dem Ansatz einer mittleren Aufstelltemperatur von 10 Grad Celsius wurden hieraus die konstanten und linear veränderlichen Temperaturanteile in den Bauteilen (getrennt in Bodenplatte, Trogwände, Schalendach und Kelche) der Bahnhofshalle abgeleitet.

Während des Bauzustandes wurden für die Trogkonstruktion Temperatureinwirkungen in Anlehnung an die *Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten* (ZTV-ING, Teil 5: Tunnelbau) für erdberührte Flächen angesetzt. Für die Temperaturbeanspruchung des Schalendachs und der Kelche wurde im Bauzustand eine

Umgebungstemperatur von minus 10 bis plus 35 Grad Celsius herangezogen. Hierbei war es wichtig, auch Belastungszustände abzudecken, die aufgrund der späteren Einschüttung des Tragwerks im Endzustand nicht auftreten (zum Beispiel Sonnenbestrahlung der Schalendachoberfläche).

3.5.2 Schwinden

Bei den Berechnungen der FE-Modelle wurde das Schwinden des Betons in Form von Dehnungen angesetzt. Die Schwindwerte basierten auf dem Ansatz einer relativen Luftfeuchte von 75 Prozent für das Schalendach und 80 Prozent für die Trogkonstruktion. Die abschnittsweise Herstellung des Bauwerks und deren zeitliche Abfolge wurden dabei durch den Ansatz von Differenzschwindmaßen berücksichtigt, wodurch sich in Bahnhofslängs- und Querrichtung unterschiedliche Werte ergaben. Zur Berücksichtigung des Relaxationsverhaltens des Betons wurde bei der Ermittlung der Schwindlasten ein Abminderungsfaktor von 0,65 angesetzt.

3.5.3 Nachweiskonzept Zwangsbeanspruchung

Die Schnittkraftermittlung und Bemessung der Stahlbetonbauteile erfolgte im Zustand I (ungerissener Querschnitt). Dabei wurden die Einwirkungen aus Last mit den Zwangseinwirkungen aus Temperatur und Schwinden auf Basis der mit den Prüfinstanzen abgestimmten Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten für die Nachweise im *Grenzzustand der Tragfähigkeit* (GZT) überlagert. Gemäß DIN EN 1992-1-1/NA kann im *Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit* (GZG) beim Nachweis der Rissbreite auf die Überlagerung von Last- und Zwangseinwirkungen verzichtet werden, solange die Zwangsdehnungen unter 0,8 Promille liegen. Um dies nachzuweisen, wurden die maximalen Zwangsspannungen unter Temperatur- und Schwindeinwirkung am Gesamtmodell ermittelt und mithilfe des E-Moduls des Betons in Dehnungen umgerechnet. Es zeigte sich, dass die Dehnungen der Bahnhofshalle in Längsrichtung bei maximal circa 0,3 Promille liegen und dementsprechend auf eine Überlagerung von Last und Zwang im GZG verzichtet werden konnte.

Zur Nachweisführung der Bahnhofshalle wurde die erforderliche Bewehrung in mehreren Berechnungsläufen bestimmt. Die Mindestbewehrung wurde für späten Zwang in Bahnhofslängsrichtung sowie für frühen Zwang in Bahnhofsquerrichtung ermittelt und als Grundbewehrung festgelegt. Im GZT wurde das FE-Modell für Last- und Zwangsbeanspruchungen bemessen. Im GZG (häufige Kombination) erfolgte die Bemessung hingegen für die Last- und Zwangsbeanspruchungen jeweils getrennt unter Einhaltung der festgelegten Rissbreiten. Die Bewehrungswahl erfolgte dann für die maßgebende Bewehrungsmenge aus diesen fünf Berechnungen.

Wird eine Bewehrung zur Einhaltung der Rissbreite für Zwangsbeanspruchung auf Grundlage von Schnittkräften im Zustand I (ungerissen) ermittelt, so kann dies bei stark schwankenden Bauteilquerschnitten auf der unsicheren Seite liegen. In diesem Fall wird nicht berücksichtigt, dass sich Dehnungen in den dünnen Querschnittsbereichen aufkonzentrieren können, wenn in den dicken Querschnittsbereichen die Risschnittkraft nicht überschritten wird und sich somit dort keine Risse einstellen. Die Risse in den dünnen, gerissenen Querschnittsbereichen müssen in diesem Fall auch die Zwangsdehnungen aus den ungerissenen Querschnittsbereichen aufnehmen.

Da die Bauteildicken, wie bereits beschrieben, vor allem im Schalendach der Bahnhofshalle stark variieren, waren weitere Untersuchungen über eine mögliche Aufsummierung von Rissen notwendig. Hierzu

wurde in einem ersten Schritt die Zugkraft aus der angesetzten Mindestbewehrung in den dünnen Bauteilbereichen unter einer reduzierten, charakteristischen Stahlspannung ermittelt; anschließend wurde geprüft, welche maximalen Bauteildicken hiervon aufgerissen werden können. Es zeigte sich, dass auch beim Ansatz einer erhöhten Betonzugfestigkeit im Endzustand die Zugfestigkeit in den Bereichen mit Bauteildicken von bis zu 1,10 Meter überschritten wird. Da sich jedoch nur an den lokalen Übergängen zu den Kelchen und den Trogwänden Bauteildicken von $h > 1,10$ m ergeben, wurde die gewählte Mindestbewehrung als ausreichend betrachtet, um die Effekte einer Aufsummierung von Rissen kompensieren zu können.

In einem zweiten Schritt wurden materiell nichtlineare Berechnungen am FE-Modell durchgeführt, um die maximalen Rissweiten unter Zwangsbeanspruchung rechnerisch zu erfassen.

4 Weitere Grundlagen für die Umsetzung

Neben der Geometrie stellte vor allem die vom Architekten geforderte Weißfärbung des Betons besondere Herausforderungen an Planer und ausführende Unternehmen. In typischen Bauteilen des Hochbaus würde ein klassischer Weißzement zum Einsatz kommen. Solche Portlandzemente (CEM I) sind gut verfügbar, haben aber eine vergleichsweise hohe Wärmeentwicklung im Hydratationsprozess. Diese Eigenschaft ist aber aufgrund der stark variierenden Bauteildicken und insbesondere in Bauteilen mit großen Abmessungen (wie zum Beispiel den Kelchfüßen) problematisch. Die Temperaturentwicklung von reinem CEM I würde das geplante Maß von circa 65 Grad Celsius im Kern deutlich übersteigen. Zur Senkung der Temperatur wurden verschiedenste Rezepturen entwickelt und mit allen Beteiligten bewertet und diskutiert. Die Wahl fiel schließlich auf eine Mischung aus CEM I und CEM III. Die Zugabe eines Hochofenzementes mit geringer Wärmeentwicklung wegen hoher Anteile an Hüttensandmehlen führte zu einer Begrenzung der Kerntemperatur auf das gewünschte Maß. Ein negativer Begleiteffekt ist die mögliche Blauverfärbung der Oberflächen unter Luftabschluss – dem wird durch ein schnelles Ausschalen begegnet.

Die komplexe Form der Kelche erforderte in den gesamten Kelchinnenflächen großflächige Deckschalungen (trotz teilweise geringer Restneigung in den oberen Bereichen). Die Kelchform führte so alle Beteiligten an die Grenzen des technisch Machbaren. Eine besondere Herausforderung war die Entlüftung der Oberflächen bei der Betonage. Die Bildung von Hohlräumen wurde im Wesentlichen durch eine fließfähige Konsistenz F5 der eigens entwickelten Rezeptur und einen mäßigen Rüttlereinsatz verhindert. Auf dem Weg zur Betonrezeptur wurden zahlreiche kleine und große Probekörper betoniert und bewertet.

5 Ausführungsplanung und Herstellung der Kelchstützen

5.1 Die Bedeutung der 3D-Modellierung

Aufgrund der hohen geometrischen Komplexität des Schalendachs musste dieses komplett in 3D geplant werden. Für die Erstellung der Rohbauplanung wurde das Programm Rhinoceros eingesetzt, mit dem sich alle komplexen Freiformflächen in 3D abbilden ließen. Dieses 3D-Modell wurde von den Architekten und den Tragwerksplanern gemeinsam entwickelt. Das Modell enthält neben der Geometrie auch alle

TRAGWERKSPLANUNG

weiteren Rohbauinformationen. Auf einzelnen Layern sind die Schalhautfugen und Koordinaten von Einbauteilen integriert. Das Modell ist auch Grundlage der gut 600 Rohbaupläne des Schalendachs. Die Rohbaupläne sind achsweise sowie in einzelne Bauteile wie Kelchstütze oder Schwindgasse unterteilt. Sie beinhalten ein Abbild des 3D-Modells sowie Koordinaten im Gauss-Krüger-System. Das Abbild wird mittels mehrerer Schnitte durch die Bauteile erzeugt. Die Koordinaten beschreiben die komplexe Geometrie eindeutig und sind maßgebend für die Herstellung des Schalendachs. Es wird nicht, wie sonst im Hochbau üblich, mit Maßketten gearbeitet. Das 3D-Modell wird ebenso zur Entwicklung der Schalungskonstruktion durch die ausführende Firma verwendet. Die Schalungskörper werden aus der 3D-Geometrie hergeleitet und dann in 3D gefräst.

Das 3D-Modell diene darüber hinaus als Grundlage der Bewehrungsplanung. Die hohe Komplexität der Bewehrungsplanung des Schalendachs (Abb. 5) äußert sich im Wesentlichen in folgenden Randbedingungen:

- Komplexe Geometrie mit ständig variierender Bauteildicke, synklastisch und antiklastisch gekrümmten Bereichen sowie Kombination von kreisförmigen (im Bereich der Kelche) mit orthogonalen (im Bereich der Decken und Wände) Bewehrungssystemen; dies führt zu komplexen Übergangs- und Übergreifungsbereichen mit mehrfachen Kröpfungen und Krümmungen (Abb. 6).
- Hohe Anforderungen an die sichtbare Oberfläche und damit Erfordernis geringer Abweichungen in der Betondeckung und hoher Anspruch an die Genauigkeit der Biegeformen.
- Fertigungstechnisch bedingt eine begrenzte Genauigkeit bei der Herstellung komplexer Biegeformen der Bewehrungsseisen (Abb. 7).

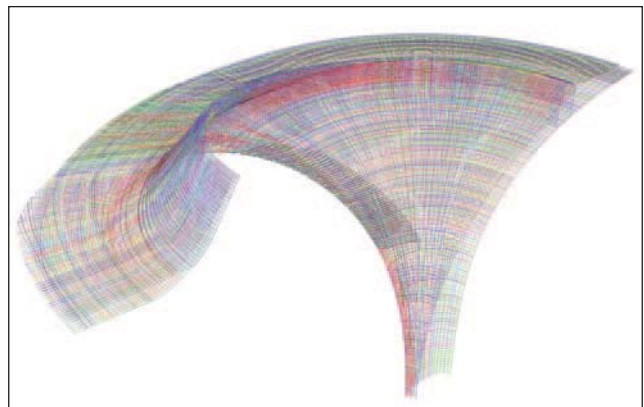
Anhand des 3D-Modells wurden aufgrund der oben genannten Randbedingungen parallel zur Oberfläche sogenannte Spuren (das heißt, Bewehrungsachsen) erzeugt und modifiziert. Hierfür wird das Programm Rhinoceros in Kombination mit Grasshopper und der Programmiersprache C# verwendet (Abb. 8). Die Ausgangsspuren bestehen aus Splines und wären in dieser Form nicht wirtschaftlich herstellbar. Insofern musste im ersten Schritt eine Vereinfachung der Geometrie erfolgen.

Die mit der ausführenden Firma abgestimmten Biegeformen sind Bogenzüge mit bis zu drei Bögen und Polygonen. Mithilfe eigens entwi-



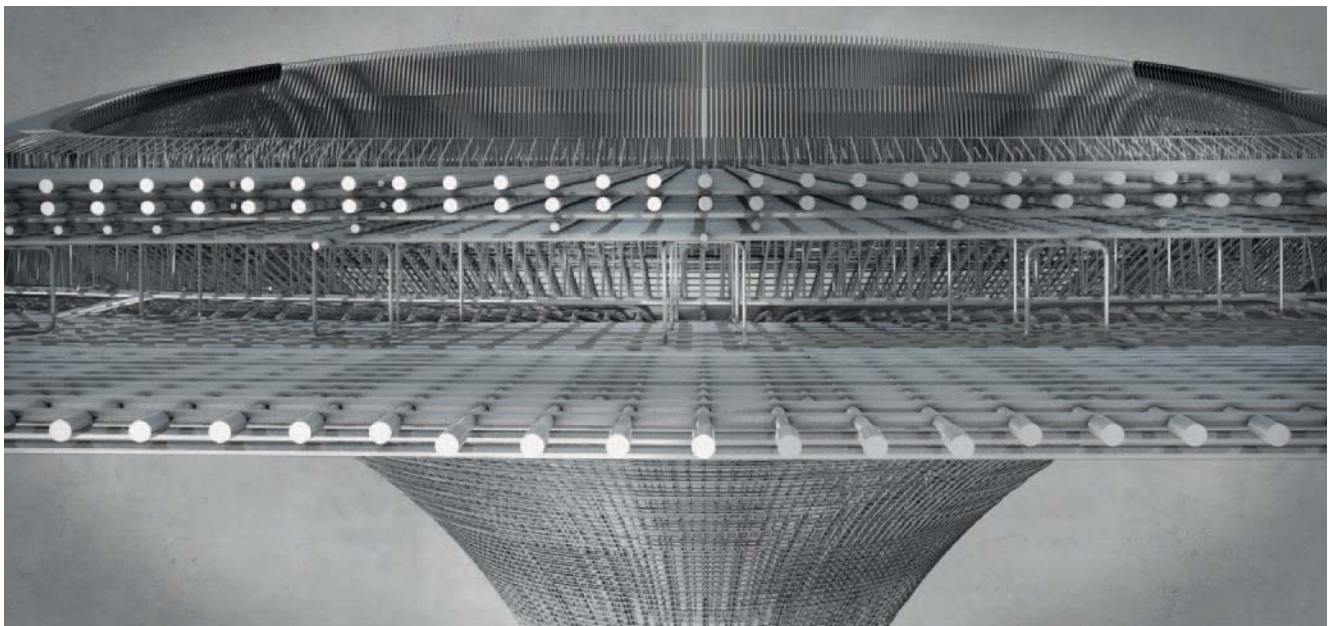
© Werner Sobek, Stuttgart

Abb. 5: Schematische Darstellung der Bewehrung einer Kelchstütze samt Fuß



© Werner Sobek, Stuttgart

Abb. 7: Darstellung der Bewehrungsspuren im Rhinoceros-Modell



© Werner Sobek, Stuttgart

Abb. 6: Blick in die Bewehrung am oberen Rand einer Kelchstütze



© Achim Birnbaum, Stuttgart

Abb. 8: Aufsicht auf die Bewehrungsarbeiten an einem Regelkelch

ckelter Skripte erfolgte eine parametrisierte Vereinfachung und Gruppierung von Stabformen.

Die Software-Werkzeuge ermöglichen auch eine Visualisierung in 3D. Die finalen Spuren wurden dafür in das 3D-Bewehrungsprogramm Allplan von Nemetschek eingelesen und dort zu einem Gesamt-Bewehrungsmodell inklusive aller Stabeigenschaften, bewehrungsrelevanter Einlegeteile sowie Betonier- und Rüttelwendeln verarbeitet.

5.2 Bewehrung – von der Planung zur Produktion

Bei der Generierung der einzelnen Stäbe mussten hinsichtlich der Herstellbarkeit sowohl das elastisch-plastische Verhalten des Bewehrungsstahls als auch die Eigenschaften der Biegemaschine beim Biegeprozess berücksichtigt werden. Es galt, nicht herstellbare Biegeformen in der Planung auszuschließen und komplexe Biegeformen (zum Beispiel Stäbe, die in zwei verschiedene Richtungen gebogen sind) generell auf ein Minimum zu beschränken. Hierfür wurden zwischen Tragwerksplaner und ausführender Firma die Machbarkeit der Herstellung solcher Formen beziehungsweise mögliche Vereinfachungen anhand von umfangreichen Versuchen abgestimmt. Hierzu zählten zum Beispiel Versuche, ab welchem Krümmungsradius ein Stab bestimmter Dicke überhaupt vorab gebogen werden muss oder bis wann er bei Bedarf vor Ort händisch in seine Sollgeometrie gebracht werden kann. Es wurden Toleranzen abgestimmt, innerhalb derer die Bewehrungsseisen variieren dürfen. Hierfür wurden mit dem Biegebetrieb Folgen an Radien und Knicken der Betonstahlbewehrung abgestimmt, die mit hinreichend geringen Toleranzen herstellbar sind.

Anhand dieses ausgeklügelten 3D-Bewehrungsmodells erfolgt eine Kollisionskontrolle, anschließend werden die Bewehrungspläne er-

zeugt. Komplexe Biegeformen werden bei Bedarf händisch nachbearbeitet. Weiterhin wurde zur Gewinnung vertiefter Erkenntnisse ein sogenannter Musterkelch erstellt. Dieser stellt ein Segment (genauer gesagt: ein Sechstel) eines typischen Innenkelches im Maßstab 1:1 dar. Dieser wurde hinsichtlich Bewehrungsverlegung, Betonmischung, Einbring- und Rüttelöffnungen et cetera originalgetreu geplant und umgesetzt, um die Herstellbarkeit zu testen und um die Qualität der daraus resultierenden Betonoberfläche beurteilen zu können. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich Betonmischung und Bewehrung flossen dann in die weitere Planung ein.

Die Bewehrungsplanung eines typischen Innenkelches mit einer Bewehrungsmasse von circa 300 Tonnen hat einen Umfang von 350 DIN-A0-Plänen. Diese beinhalten sowohl Verlegepläne als auch Pläne mit Biegeformen. Je Kelch treten ungefähr 1.500 verschiedene Positionen auf. Ein typischer Randkelch inklusive oberer Wand (mit circa 350 Tonnen Bewehrungsstahl) umfasst 400 Pläne. Das gesamte Schalendach wird auf ungefähr 12.000 Bewehrungsplänen dargestellt.

Um die exakte Positionierung der Bewehrungsseisen auf der Baustelle zu gewährleisten, werden Gauss-Krüger-Koordinaten verwendet. Jedes Bauteil des Schalendaches erhält ergänzend zu den Bewehrungsplänen eine Koordinatenliste. Diese ermöglicht dem Unternehmen mit Hilfe eines Vermessers die Leitstäbe exakt einzumessen und weitere Eisen entsprechend dazwischen zu platzieren. Weiterhin werden in den Bewehrungsplänen Stabanfang und -ende definiert. Dies übernimmt der Biegebetrieb mittels einer farblichen Markierung am Stab zusätzlich zur Positionsnummer, die an jedem einzelnen Stab festgebunden wird. Ohne diese eindeutige Markierung ist ein Bewehrungsstab auf der Baustelle nutzlos, da er nicht korrekt zugeordnet werden kann.

5.3 Einsatz von 3D-Daten auf der Baustelle

Das von der Werner Sobek AG entwickelte 3D-Bewehrungsmodell ist nicht nur Grundlage der Bewehrungspläne, sondern bedeutet für die Baustelle eine weitere Hilfestellung in Form von 3D-Daten, die direkt vor Ort eingesehen werden können. Die ausführenden Unternehmen haben in einem Container direkt neben dem Einbauort die Möglichkeit, sich jederzeit am Computer die Lage einzelner Stabpositionen in 3D vor Augen zu führen und so den korrekten Einbau zu überprüfen (**Abb. 9**). Weiterhin dient das 3D-Geometrie-Modell mit seinen Koordinatenlisten der exakten Einrichtung der vielen komplex geformten Schalungselemente auf der Baustelle.

5.4 Schalung und Betoniervorgang

Neben der Bewehrung und den zugehörigen Einbauteilen sind bei solch einer komplexen geometrischen Struktur auch die Schalungsherstellung, die Betonage sowie das Ausschalen und Unterstützen der Konstruktionen detailliert zu planen und umzusetzen. Für die Schalungsplanung verwendete das ausführende Unternehmen als Grundlage das eingangs beschriebene 3D-Rhino-Modell aus der Tragwerksplanung. Auf Basis des erstellten Schalungsmodells werden je Schalsatz circa 6.000 Elemente aus verleimten Holzplatten computergesteuert gefräst, geschliffen und mit GFK-verstärkten Kunstharzschichten mehrlagig verstärkt. Aufgrund dieses aufwendigen Herstellungsverfahrens war die Möglichkeit der Wiederverwendung der Schalungselemente ein wichtiger Beitrag zur ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit des Projekts. Sämtliche Kelchstützen werden mit drei Schalsätzen hergestellt, die je nach Geometrie in einzelnen Elementen variiert werden können.

Bei der Betonage ist neben der Betonmischung der Betoniervorgang selbst von großer Bedeutung. Die Betonier- und Rüttelöffnungen wurden bereits im Zuge der Bewehrungsplanung abgestimmt und in die Bewehrungspläne integriert. Beim Einbau der Bewehrung werden Rüttler und Betonierschläuche bereits in den Bewehrungskorb integriert. Bei der Betonage werden sie entsprechend dem Anstieg des Betonspiegels herausgezogen. Die Betoniergeschwindigkeit sowie die Rüttelintensität wurden vorher festgelegt und müssen für eine perfekte Sichtbetonfläche genau eingehalten werden. In den nicht einsehbaren Bereichen erfolgt eine Überwachung des Betonsteigverhaltens mittels Videokameras im Inneren der Schalung. Um sicherzustellen, dass der Beton konstant in der Schalung ansteigt, werden große Bauteile außerhalb des Berufsverkehrs betoniert; eine zweite Mischanlage ist stets in Einsatzbereitschaft. Eine Unterbrechung der Betonage würde ansonsten zu Schichtmustern an der Oberfläche führen.

Das Ausschalen beginnt in der Regel bereits drei Tage nach Erreichen der Mindestbetonfestigkeit. So wird sichergestellt, dass die Betonoberfläche so früh wie möglich mit Sauerstoff in Kontakt kommt und keine unerwünschte Blaufärbung des Betons eintritt (**Abb. 10**).

Nach dem Ausschalen werden temporäre Stützelemente angebracht. Hierbei handelt es sich um zwölf Meter lange quadratische Stahlstützen mit unterschiedlichen Wanddicken, die kreisförmig um die Kelchachse angeordnet sind; diese verhindern ein Kippen sowie zu große Verformungen entlang der Kelchränder im Bauzustand (**Abb. 11**). Der obere Anschluss erfolgt mittels Einschubdorns als gelenkigem Auflager; dieser Dorn wurde aufgrund der Sichtbetonanforderungen mini-

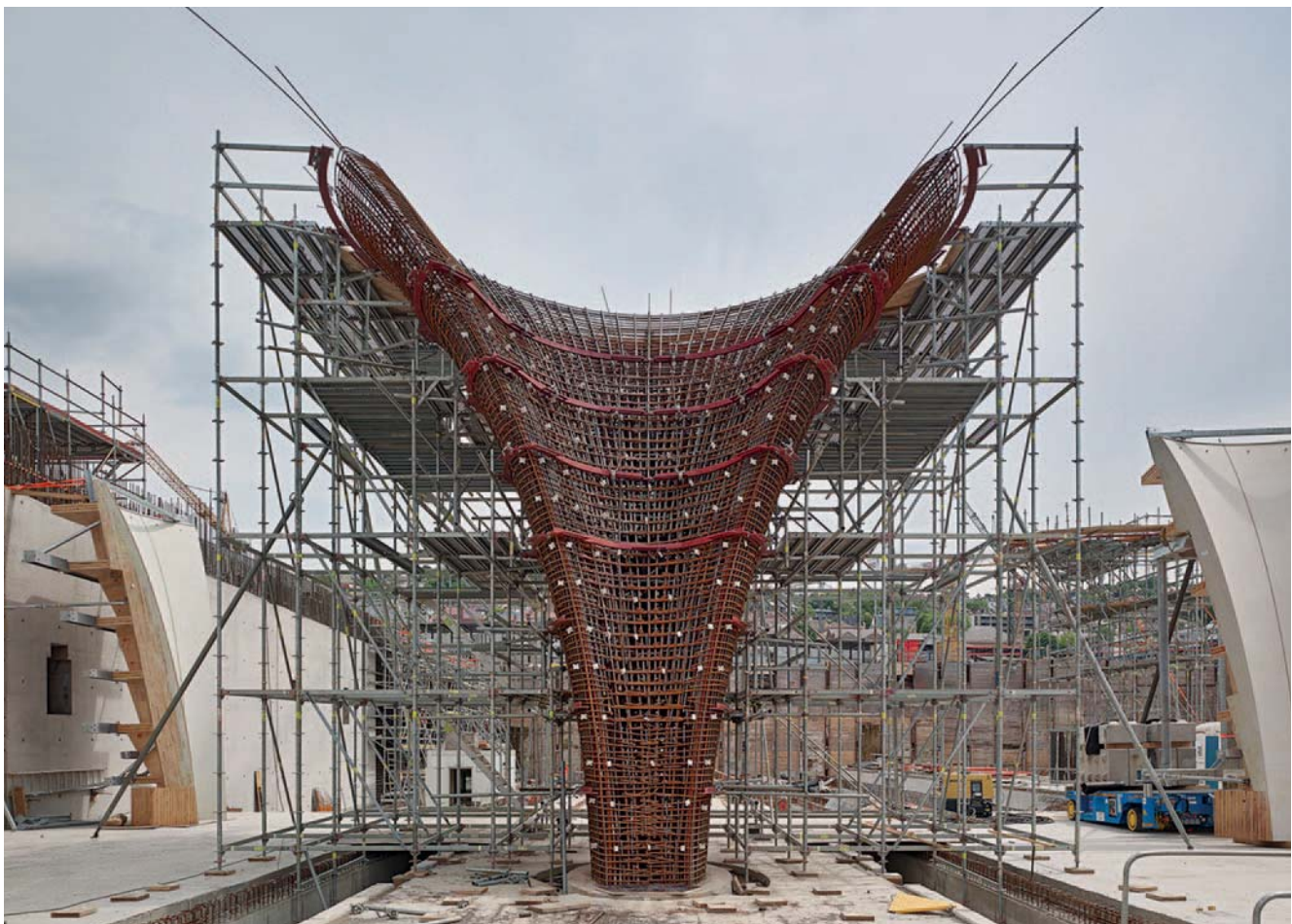


Abb. 9: Die Bewehrung eines Kelchfußes

malistisch angelegt. Auch die Dimensionierung der temporären Stützen erfolgte durch die Tragwerksplaner mittels des FE-Bauphasenmodells; die Steifigkeit wird hierbei so lange variiert, bis Last und Verformung in optimalem Verhältnis stehen.

Die Ausführungsplanung des Troges ist zwar geometrisch weniger komplex als die des Schalendachs, aufgrund der extrem hohen Zahl der Einbauten sowie des hohen Bewehrungsgrades jedoch ebenso sehr anspruchsvoll. So sind für die Rohbauplanung des Troges ungefähr 850 Pläne vorgesehen, aufgrund der Informationsdichte teilweise in einem Maßstab von 1:25. In der Summe weist der Trog mit 19.300 Tonnen eine etwas größere Gesamtbewehrungsmenge als das Schalendach (circa 17.100 Tonnen) auf. Der Einsatz von Gauss-Krüger-Koordinaten analog dem Schalendach erfolgt auch im Trog an gekrümmten Bereichen, wie beim Nord- und Südkopf sowie beim S-Bahn-Abgang. (Diese komplexen Planungsaufgaben müssen aber aus Platzgründen einem eigenen Beitrag vorbehalten werden, ebenso wie verschiedene andere interessante Teilprojekte des Bahnhofsbau, so zum Beispiel

die Umbauarbeiten im Bonatz-Bau, der Neubau der Stadtbahn-Haltestelle Staatsgalerie [7], die vorgespannte Überbrückung des S-Bahntunnels [8] oder die diversen Eingangsbauwerke.)

6 Fazit und Ausblick

Mit der neuen Bahnsteighalle wird in Stuttgart derzeit eine der bis dato weltweit anspruchsvollsten Massivbaukonstruktionen realisiert. Die hohe Belastung infolge von Auflasten und Zwang, die schwierige Gründungssituation und vor allem die komplexe, doppelt gekrümmte Geometrie erforderten Festlegungen jenseits des herkömmlichen Normenumfelds, innovative Herangehensweisen im Rahmen der statischen Berechnungen sowie einen neuen digitalen Planungsansatz. Mit dem Projekt Stuttgart 21 werden die hier beschriebenen Planungsmethoden aus dem Nischenbereich von Sonderprojekten herausgehoben und bei einem der größten europäischen Infrastrukturprojekte erfolgreich angewandt. Die enge, intensive und frühe Abstimmung mit



© HG Esch, Hemeif

Abb. 10: Blick in das Lichtauge einer Kelchstütze



© Achim Birnbaum, Stuttgart

Abb. 11: Temporäre Stützelemente am ausgeschalteten Baukörper

Gutachtern, Prüfern und Ausführenden hat die Umsetzung einer normativ weitestgehend nicht geregelten und noch nie ausgeführten Konstruktion ermöglicht. Während insbesondere zu Planungsbeginn viele der Ansätze erst entwickelt werden mussten, haben mittlerweile mehrere Softwarehersteller nachgezogen und implementieren diese Herangehensweise und den digitalen Workflow schrittweise in ihre Programme. Gleichzeitig wächst nicht nur bei Planern, sondern auch bei den ausführenden Firmen das Wissen darum, wie komplexe Geometrien realisiert werden können [9]. Mit einem zunehmenden Grad der Automatisierung in Planung und Fertigung werden auch die Baukosten für solche Konstruktionen weiter sinken. Dies wird Planern erlauben, Formen und Geometrien zu entwickeln, bei dem die Reduktion des Material- und Ressourcenverbrauches wieder stärker in den Fokus rückt. In Zeiten zunehmender Ressourcenknappheit sollte diese Prämisse konsequent verfolgt werden.

7 Literatur

- [1] Seifried, G.; Sandner, D.; Mok, D.: Stuttgart 21, Formentwicklung und Modellierung der neuen Bahnhofshalle. SOFiSTiK Seminar Lectures, 07.05.2004; http://netzwerke-21.de/wordpress/wp-content/uploads/v03_lap.pdf (aufgerufen am 28.2.2019 um 18:15)
- [2] Blandini, L.; Schuster, A.; Sobek, W.: The Railway Station "Stuttgart 21". Structural Modelling and Fabrication of Double Curved Concrete Surfaces; in: Gengnagel, Christoph; Kilian, Axel; Palz, Norbert; Scheurer, Fabian (Hg.): Computational Design Modelling. Proceedings of the Design Modelling Symposium Berlin 2011. Berlin: Springer, 2011. S. 217 – 224
- [3] Blandini, L.; Noack, T.; Schuster, A.; Sobek, W.: Structural Modelling of the Railway Station "Stuttgart 21", SOFiSTiK Seminar, 2012 Köln, Tagungsband V14-1 bis V14-7
- [4] Meyer, U.; Bechmann, R.; Noack, T.; Bauer, M.; Letz, U.: Minimierte Konstruktion – maximale Effekte. Zum Entwurf für den neuen Hauptbahnhof Stuttgart; in: Bautechnik 90 (2013) Heft 8, S. 520 – 525
- [5] Maitschke, G., Bechmann R.: Hauptbahnhof Stuttgart - Nachhaltiges Gründungskonzept und gesamthafte statische Berechnung der Bahnhofshalle, 33; Baugrundtagung der DGGT (23.-26. September 2014), Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., S. 55 – 59
- [6] Mühl, A.; Brunner, M.; Luna, R.; Neugart, C.; Noack, T.: Numerical Calculations for Foundation and Structure of the Main Station Stuttgart S21; in: Jürgen Grabe (Hg.): Conference Proceedings of Workshop on Numerical Methods in Geotechnics 2017; Hamburg 2017, S. 257 – 280
- [7] Schmid, A.; Holzinger, C.; Schröder, B.: Besonderheiten beim Neubau der Stadtbahnhaltestelle Staatsgalerie in Stuttgart aus der teilweisen Lagerung oberhalb des Fernbahnhofs; in: 49 Forschung + Praxis: STUVA-Tagung 2017, S. 257 – 260
- [8] Schmid, A.; Geppert, S.; Reinke, H.-G.: Die S-Bahn-Querung im neuen Stuttgarter Tiefbahnhof S21 – ein unterirdisches Verkehrsbauwerk mit ganz besonderen Anforderungen; in: Bautechnik 99 (2022), Heft 7 (in Kürze erscheinend)
- [9] Schmid, A.; Kuhnt, J.; Neugart, C.: Herausforderungen bei Berechnung und Bemessung des Tragwerks des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofs; in: Berichte der Fachtagung Baustatik – Baupraxis 14, 23. und 24. März 2020; hg. von Manfred Bischoff, Malte von Scheven, Bastian Oesterle, S. 643 – 650

Danksagung der Autoren

Es gibt weltweit nur wenige Bauwerke aus Stahlbeton, die in Planung und Ausführung derart hohe Anforderungen an alle Beteiligten stellen, wie dies beim Tiefbahnhof S 21 in Stuttgart der Fall ist. Ohne eine enge und kollegiale Kooperation aller Beteiligten hätte dieses Werk nicht entstehen können. Die Autoren bedanken sich deshalb bei allen Beteiligten, insbesondere auch bei den Prüflingen Dr. Bernd-Friedrich Bornscheuer und Prof. Frank-Ulrich Drexler, die mit all ihrem Wissen und steter Bereitschaft zur Diskussion schwierigster Sachverhalte wesentlich zum Gelingen beigetragen haben.

BIM in Deutschland: Die digitale Zukunft des Bauens ist modellbasiert, kooperativ, datengeschützt, transparent

Gemeinschaftlich agierende Teams und eine ganzheitliche Arbeitskultur müssen im Mittelpunkt der Projekte stehen

Seit einigen Jahren schon beschäftigen die Akteure im Bauwesen sich mit der praktischen Digitalisierung des eigenen Handelns. Viel ist erreicht worden, zumindest in den Büros und Firmen der Planer und Ausführenden. Auch auf der prüfenden, kontrollierenden und bauüberwachenden Seite, bei den Prüfingenieuren und Prüfsachverständigen also, und in den Büros der Behörden, ist schon viel bewirkt worden – davon zeugen etliche Berichte und Veröffentlichungen, die in den zurückliegenden Jahren auch in dieser Zeitschrift gestanden haben. Trotzdem sind in vielen Bereichen des Bauens erhebliche Defizite zu konstatieren. Gemangelt hat es nicht am Interesse oder am Willen, sondern in erster Linie an einer gemeinsamen Linie. Abhilfe sollte die Reformkommission für den Bau von Großprojekten schaffen, die 2015 von der Bundesregierung eingesetzt worden war, um die Möglichkeiten der Nutzung und konkreten Einführung digitaler Methoden auch im Bauwesen zu untersuchen und zu forcieren – vor allem bei Großprojekten, an denen die öffentliche Hand beteiligt ist. Was sie erarbeitet hat, mit welchen Mitteln sie die Digitalisierung des Bauwesens – Stichwort BIM – voranzutreiben vorschlägt und wo die Digitalisierung des Bauens heute steht, das beschreibt und beurteilt der folgende Beitrag.



Ingo Schmidt

hat Bauinformatik und Baudynamik an der TU Berlin studiert, war im Bereich Modellierung und Berechnung im Wasserbau an der TU Hamburg-Harburg und später in der Systementwicklung und ist seit 2019 als Gesamtprojekt- und Geschäftsstellenleiter von BIM Deutschland tätig.



Inga Stein-Barthelmes

studierte Volkswirtschaft an der Universität Potsdam, war beim BDI als Referentin für Mittelstand und Familienunternehmen und später beim Hauptverband der Deutschen Bauindustrie für Politik, Kommunikation und Presse zuständig und ist seit 2021 Geschäftsführerin der planen-bauen 4.0 GmbH.



Dr.-Ing. Jan Tulke

hat an der Bauhaus Universität Weimar Bauingenieur studiert, hat an der TU Berlin promoviert und ist heute Geschäftsführer der Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betriebens (Berlin); Jan Tulke ist Lehrbeauftragter an der Ruhr-Universität Bochum für BIM, Mitglied mehrerer einschlägiger Normungsgremien und Verfasser verschiedener Fachbeiträge über BIM.

1 Einführung: Reformkommission und Stufenplan

Digitale Technologien können zu Kostenwahrheit, Kostentransparenz, Effizienz und Termintreue entscheidend beitragen. Die bessere Verfügbarkeit von Daten für alle am Bauprojekt Beteiligten sorgt für Transparenz und Vernetzung. Zeitpläne, Kosten und Risiken können einfacher, früher und präziser ermittelt und lückenlos kontrolliert werden. Die Nutzung Digitaler Methoden ist daher auch eine zentrale Forderung der Reformkommission Bau von Großprojekten gewesen, die 2015 von der Bundesregierung eingesetzt worden ist. Aufgabe dieser Reformkommission war es, konkrete Handlungsempfehlungen zu entwickeln, um Kostenwahrheit, Kostentransparenz, Effizienz und Termintreue bei Großprojekten zu verbessern und das Vertrauen der Bürgerinnen und Bürger in die öffentliche Hand als Bauherr zu stärken. Dazu hat sie den gesamten Bauprozess – von der ersten Projektidee bis zur Inbetriebnahme – auf den Prüfstand gestellt.

Ausgangspunkt ihrer im Juni 2015 vorgelegten Empfehlungen ist die Erkenntnis, dass es keinen Alleinverantwortlichen für die Fehlentwicklung bei Großprojekten geben könne. Die Komplexität von Großprojekten erfordere vielmehr einen kompetenten und leistungsstarken Bauherren, eine intensive Planung unter Nutzung digitaler Möglichkeiten, einen ehrlichen und fundierten Umgang mit Zeit, Kosten und Risiken, klare Anreize für alle Beteiligten zur Erreichung der gleichen Ziele und eine offene Kommunikation mit den Bürgerinnen und Bürgern. Von der Bedarfsplanung bis zur Nutzung sei, so das damalige Fazit, ein partnerschaftliches Zusammenwirken der Bauherren, der Planer, der Bauunternehmer, der Berater und der Nutzer notwendig.

Um Großprojekte in Zukunft erfolgreicher zu gestalten, fordert die Reformkommission deshalb einen grundlegenden Kulturwandel bei der Planung und Realisierung von Großprojekten. Alle Projektbeteiligten seien aufgerufen, hierzu ihren aktiven Beitrag zu leisten. Die Handlungsempfehlungen richten sich daher an alle, die von der ersten Idee bis zur Fertigstellung von Großprojekten beteiligt sind. Auch wenn sich die Reformkommission in erster Linie mit öffentlichen Großprojekten befasst hat, können die meisten Empfehlungen auf private Großprojekte übertragen werden.

Zu den vorrangigen Empfehlungen der Reformkommission gehört die Durchsetzung der durchgängigen Digitalisierung aller planungs- und realisierungsrelevanten Bauwerksinformationen als virtuelles Bauwerksmodell – also die Durchsetzung des *Building Information Modeling* (BIM). Diese Methode nutzt gegenüber herkömmlicher IT-Unterstützung bekanntlich deutlich mehr Informationen und schafft eine verknüpfte Datenbasis, auf die alle am Bau Beteiligten zugreifen können. Zudem schafft die Methode BIM die Grundlage, um neue Technologien, wie zum Beispiel Künstliche Intelligenz, Robotik und 3D-Druck zu erproben und effizient in den Regelprozess zu integrieren.

BUILDING INFORMATION MODELING

Um BIM in Deutschland zum Durchbruch zu verhelfen, hat das damalige Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [1] einen Stufenplan für die Einführung von BIM vorgelegt. Er wurde im Auftrag des BMVI unter Beteiligung von Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand von der planen-bauen 4.0 Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betriebens mbH [2] entwickelt, einer Initiative von Verbänden und Kammerorganisationen der Wertschöpfungskette Planen, Bauen und Betreiben, die die Einführung von digitalen Bauprozessen, die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Bauwerken sowie die Transformationen von neuen Geschäftsmodellen für Immobilienprojekte unterstützt. Er beschreibt die Einführung von BIM in drei Stufen.

Zentraler Aspekt ist die Definition der Mindestkriterien des Leistungsniveaus 1 der BIM-Methode: Öffentliche Auftraggeber sollen in die Lage versetzt werden, die spezifizierten Anforderungen an Neuausschreibungen von Planungs- und Ausführungsleistungen anzuwenden. Im Stufenplan werden hierzu konkrete Maßnahmen beschrieben.

Um die Umsetzung des Stufenplans zu begleiten, initiierte das BMVI im Jahr 2016 die Projekte BIM 4 INFRA 2020 und BIM 4 RAIL, um BIM in die Praxis zu bringen und in einem ersten Schritt insbesondere für die Phase der Ausschreibung und Vergabe eine breite Fachöffentlichkeit sowie die beteiligten Behörden in deren Anwendung zu befähigen.

Auch im Bundeshochbau wurden BIM-Pilotprojekte durchgeführt. Gemeinsam mit den Beteiligten der BIM-Pilotprojekte ist durch die jeweiligen Konsortien eine Erprobung und Konkretisierung der Methode BIM im Bundesbau erfolgt. Wesentlich waren hierbei, neben der BIM-Qualifizierung aller Beteiligten, die Definition und Bereitstellung von Dokumenten für die praktische Umsetzung. Anhand einer Vielzahl von Workshops mit den Praxispartnern und der Fachöffentlichkeit konnten die Ergebnisse validiert und weiterentwickelt werden, um sie dann in Form von Handreichungen und weiteren Projektberichten für alle BIM-Anwender zu veröffentlichen (Abb. 1).

2 Ergebnisse der erweiterten Pilotphase

Innerhalb eines Zeitraums von über zwei Jahren wurden neben der Erprobung der Methode BIM in der erweiterten Pilotphase wichtige Voraussetzungen für die anschließende Anwendung des im Stufenplan

definierten BIM Leistungsniveaus 1 geschaffen. So wurde im Rahmen einer umfangreichen Definition verschiedener Szenarien eine Empfehlung für das Zielniveau der BIM-Methodik ab Ende 2020 erarbeitet. Das empfohlene Zielniveau 2020 definiert, welche *BIM-Anwendungsfälle* (AWF) abhängig von der jeweils vorliegenden Projektsituation zum Einsatz kommen sollen. Insgesamt wurden zwanzig verschiedene Anwendungsfälle über alle Projektphasen identifiziert und unter Einbindung weiterer Experten auf Basis umfangreicher Kriterien weiter präzisiert. Wesentliche Ergebnisse aus der Begleitung der BIM-Pilotprojekte konnten hierbei direkt Berücksichtigung finden.

Das Zielniveau 2020 konnte bereits in der Auswertung der BIM-Pilotprojekte der Netz AG der Deutschen Bahn (DB) im Projekt BIM 4 RAIL berücksichtigt werden. Dafür erfolgte eine Erweiterung und Anwendung der bereits im Geschäftsbereich des BMVI etablierten Bewertungsmethodik (BIM-Reifegradmetrik) auf dreizehn Pilotprojekte der Bahn. Sie bildet die Kernaspekte der BIM-Anwendung in einem Bauvorhaben ab und hat die Überprüfung der zwischen der DB Netz AG und dem BMVI vereinbarten Ziele der BIM-Pilotprojekte ermöglicht. Es konnte gezeigt werden, dass die Anwendung der BIM-Methodik schon heute möglich ist und sich positiv auf die Realisierung der Projekte auswirkt. Seitdem kann BIM im Regelprozess bei Projekten der DB AG eingesetzt werden.

Neben dem BIM-Zielszenario wurden in den beiden Implementierungsprojekten BIM 4 INFRA 2020 und BIM 4 RAIL unter anderem Handlungsempfehlungen, mehrere Gutachten zur Rechtsanwendung und Vertragsgestaltung, Leistungskataloge zur Beratung und zur Schulung der Vorhabenträger sowie Projektsteckbriefe der BIM-Anwendung unterschiedlicher Bauwerkstypen publiziert (Abb. 2).

Ergänzend wurden mehrere Leitfäden, Muster sowie weitere Hilfestellungen zu aktuellen BIM-Themen in Form einer zehnteiligen praxisorientierten Handreichung als Unterstützung für die weitere Einführung der Methode BIM allen BIM-Anwendern zur Verfügung gestellt.

Einhergehend mit dem Masterplan Bauen 4.0 des BMVI Anfang 2017 wurden Datenbankkonzepte für die Unterstützung der Einführung und Anwendung der Methode BIM mit dem Fokus auf offene Datenstandards und -schnittstellen erstellt. Sie dienen als Vorlage für das BIM-Portal, das von *BIM Deutschland* derzeit entwickelt wird, dem von den Bundesministerien für Digitales und Verkehr (BMDV) und für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) ins Leben gerufenen nationalen Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens.

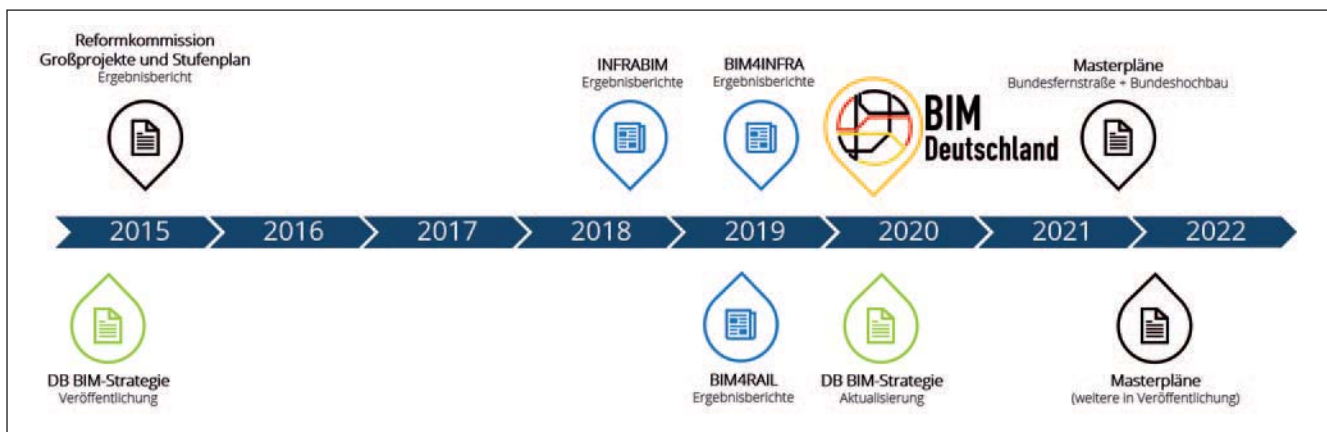


Abb. 1 : Veröffentlichung von BIM-Dokumenten



Abb. 2: BIM 4 INFRA 2020 und BIM 4 RAIL Handreichungen

3 BIM Deutschland will die BIM-Methodik abgestimmt und gemeinsam voranbringen

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass die BIM-Methodik als Instrument der Digitalisierung des Bauwesens verstanden und oft auch als Synonym für die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette Bau verwendet wird. Neue technologische Möglichkeiten ersetzen kontinuierlich die konventionellen Arbeitsweisen. Somit ist der Einsatz der BIM-Methodik nicht als zusätzlich zu sehen, sondern als Weiterentwicklung bisheriger Arbeitsweisen. Durch die bereits vorgenommene nationale und internationale Standardisierung wird die BIM-Methodik immer mehr zum Stand der Technik. Somit ist es wichtig, dass das gesamte Bauwesen dies aufgreift und gemeinsam die digitalen Arbeitsweisen schnell einführt. Hierzu ist nicht nur die Standardisierung weiter voranzutreiben, sondern auch die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter und die Verbreitung des praktischen Einsatzes.

Um ein einheitliches und abgestimmtes Vorgehen im Infrastruktur- und Hochbau des Bundes zu erreichen, wurde 2019 BIM Deutschland als nationales Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens ins Leben gerufen. Mit dem Aufbau und Betrieb von BIM Deutschland wurde ein Konsortium unter Führung der planen-bauen 4.0 GmbH beauftragt. Sein Ziel ist es, den mit dem Stufenplan und den BIM-Pilotprojekten eingeschlagenen Weg weiterzuführen. Dafür führt BIM Deutschland die Aktivitäten, Erkenntnisse und Erfahrungen zum Einsatz von BIM auf nationaler und internationaler Ebene zusammen, entwickelt dieses Wissen gemeinsam mit Experten aus allen Bereichen des Bauwesens weiter und stellt es allen BIM-Anwendern zur Verfügung. Die Produkte, offenen Standards und Konzepte werden sowohl den öffentlichen Vorhabenträgern als auch der gesamten Wertschöpfungskette Bau zur Verfügung gestellt.

In diesem Zuge wurden als erster Meilenstein in der ersten Phase in jedem Fachbereich [3] (Schiene, Straße, Wasserstraße, Hochbau) strategisch verbindliche Vorgehensweisen zur Einführung und Nutzung von BIM erstellt. Das angestrebte einheitliche und abgestimmte Vorgehen über die genannten Bereiche zeigt sich am Ergebnis der erarbeiteten Masterpläne beziehungsweise der BIM-Strategien für diese Bereiche. Weiterhin wurden Musterrichtlinien als Arbeitshilfen für die konkrete

Projektanwendung veröffentlicht, die aus mehreren Mustervorlagen bestehen (zum Beispiel die Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA), eine projektspezifische Zusammenfassung der unter Anwendung digitaler Methoden gestellten wesentlichen Anforderungen an Planer und Projektbeteiligte, oder die BIM-Anwendungsfälle (AWF) oder die BIM-Abwicklungspläne (BAP)) und diverse Leitfäden (zum Beispiel für das Datenmanagement, die Erstellung von Fachmodellen und für die modellbasierte Planableitung). Die kontinuierliche Erweiterung und Weiterentwicklung dieser Musterrichtlinien sehen die Masterpläne bis zum Übergang in den Regelbetrieb im Jahr 2025 vor. Ebenso soll die Zielrichtung des Regelbetriebs der BIM-Anwendung mit dem Zielbild des digitalen Zwillings Deutschland konkretisiert werden, mit dem das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) eine digitale 3D-Welt für ganz Deutschland bereitstellen will. Des Weiteren wurde auf Basis des im Zuge der Strategieentwicklung durchgeführten Dialogs in den Fachbereichen (Behörden) mit den jeweiligen Experten verschiedene Handlungsbereiche adressiert und Maßnahmen aufgegriffen. So wurden wichtige Aspekte der Standardisierung in einer Normungsstrategie für den öffentlichen Bereich gebündelt und zentrale Aspekte in die DIN-Normungsroadmap BIM eingearbeitet.

Das angestrebte einheitliche und abgestimmte Vorgehen aller vier Sparten zeigt sich am Ergebnis der harmonisierten BIM-Anwendungsfälle [4]. Diese werden für ausgewählte Bauwerkstypen konkretisiert und dann im BIM-Portal den Vorhabenträgern als Vorlagen für die eigene Projektarbeit zur Verfügung gestellt. Das BIM-Portal ist eine Web-Plattform, die verschiedene Inhalte für alle Anwender im öffentlichen wie auch im privatwirtschaftlichen Bauen bereitstellt. Für die einheitliche Erstellung von BIM-gerechten Ausschreibungsunterlagen bietet das BIM-Portal des Bundes in Zukunft für öffentliche Auftraggeber eine technische Unterstützung an. Hierzu gehört ein eigenständiges Werkzeug für die Definition und Bereitstellung von Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA), die als konfigurierbare Vorlagen integriert werden.

Das BIM-Portal [5] wird in zwei Phasen freigeschaltet. Als erste Komponente soll die Merkmalsdatenbank in Betrieb genommen werden. In späteren Schritten folgen dann die AIA- und Objektvorlagen-Datenbank sowie das Modul Prüfwerkzeuge. Dem BIM-Portal zugrundeliegende Datenstrukturen entsprechen den aktuell geltenden internationalen Standards. Mit dem Start des BIM-Portals wird zudem eine fach-

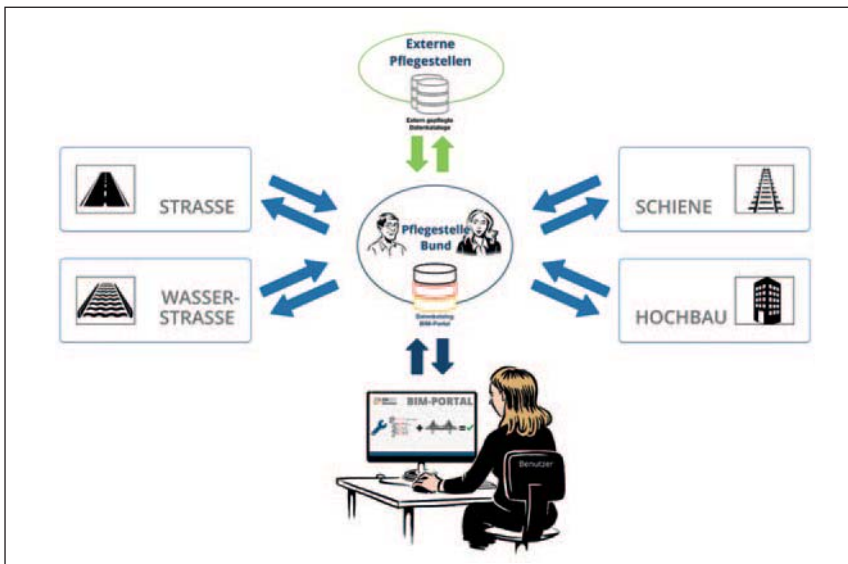


Abb. 3: Fachliche Pflegestelle (BIM-Portal)

liche Pflegestelle (Abb. 3) eingerichtet, die auf bestehenden Strukturen in den Fachbereichen aufsetzt und die gemeinsame Pflege und Weiterentwicklung der Inhalte des BIM-Portals zentral koordiniert.

Zur Förderung einer einheitlichen BIM-Umsetzung im öffentlichen Bau sowie zur Vereinigung mehrerer Ansätze wurden ein Mustersteckbrief sowie eine Liste der Anwendungsfälle entwickelt und am 16. Februar 2022 auf der Website von BIM Deutschland veröffentlicht (Abb. 4). Die Definition und das gemeinsame Verständnis über die wesentlichen BIM-Anwendungsfälle sind zentrale Bestandteile der BIM-Einführung. Zur Förderung einer einheitlichen BIM-Umsetzung im öffentlichen Bau in Deutschland sowie zur Vereinigung der durch mehrere Gruppen entwickelten Ansätze wurden im Rahmen von BIM Deutschland ein Mustersteckbrief sowie eine harmonisierte Liste der Anwendungsfälle entwickelt [6].

Am 18. Februar 2022 folgte das von BIM Deutschland entwickelte bereichsübergreifende Muster für die standardisierte Gliederung der AIA. Die Erstellung von AIA bildet einen wesentlichen Baustein bei der erfolgreichen Umsetzung der digitalen Lieferketten im Bauwesen und der Qualitätssicherung der zu liefernden Daten in Bauprojekten. Zur Förderung einer harmonisierten BIM-Umsetzung im öffentlichen Bau

in Deutschland sowie zur Konsolidierung der durch mehrere Maßnahmenträger entwickelten Vorlagen für AIA wurde im Rahmen von BIM Deutschland ein bereichsübergreifendes Muster für die standardisierte Gliederung der AIA entwickelt [7].

4 Was bedeutet das für die Prüfingenieure?

Die Digitalisierung im Bauwesen schreitet unaufhaltsam voran. Sie eröffnet neue Möglichkeiten, bietet Chancen, bringt aber auch Herausforderungen mit sich. Die Einführung digitaler Methoden am Bau ist dabei eher ein Marathon als ein Sprint. Wichtig ist deshalb vor allem, dass man Schritt für Schritt gemeinsam in die richtige Richtung geht. Neben dem technologischen Wandel bedeutet die Digitalisierung aber auch einen kulturellen Wandel. Das gemeinschaftlich agierende Team und eine kooperative Arbeitskultur müssen zukünftig noch stärker im Mittelpunkt der Projekte stehen. Die Kommunikation spielt dabei eine zentrale Rolle. Gerade in Zeiten von Corona zeigen sich die Vorteile digitaler Prozesse. Projekte mit einem hohen Kommunikations- und Abstimmungsbedarf müssen nicht ins Stocken geraten, wenn sich Beteiligte digitaler Methoden bedienen.



Abb. 4: Navigationsmenü des Portals von BIM Deutschland – Leitungen und Veröffentlichungen

Mit der Arbeitsmethode BIM liegt ein sehr strukturierter Prozessplan vor, der die Planungs- und Informationsabläufe zwischen den Beteiligten detailliert regelt. In den Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) werden die vom Auftragnehmer zu erbringenden Leistungen genau spezifiziert, aber auch der Auftraggeber verpflichtet sich, die hier beschriebenen und von ihm zu liefernden Informationen, Aufgabenbeschreibungen und Vorgaben vollständig zum erforderlichen Zeitpunkt bereitzustellen. Der BIM-Abwicklungsplan (BAP) wird von allen gemeinsam auf der Grundlage der AIA aufgestellt und detailliert den Ablauf der Anwendungsfälle und der Erstellung der Datenlieferleistungen. Die Planung erfolgt anhand dreidimensionaler digitaler Modelle, die geometrische und informationstechnische Angaben enthalten. Das Ergebnis ist nicht, wie bei einer zweidimensionalen Planung, ein graphisches Bild eines zu erstellenden Bauwerks, sondern ein maschinenlesbares semantisches Modell, das mit entsprechenden Softwareprogrammen ausgewertet, visualisiert und bearbeitet werden kann. Das Modell ist Träger der projektrelevanten Informationen. Je nach Anforderung können Pläne, Listen, Kalkulationen, Terminpläne, Berechnungsmodelle, Simulationen, VR-Animationen et cetera daraus abgeleitet werden. Das Gesamtmodell setzt sich dabei aus Fach- und Teilmodellen zusammen, die alle fachdisziplinspezifischen Planungskomponenten umfassen und zum erforderlichen Zeitpunkt (Datenübergabepunkte) miteinander in der Gemeinsamen Datenumgebung (CDE) [8] ausgetauscht werden. Die Koordination ineinandergreifender Fachdisziplinen wird dadurch übersichtlicher und durch Einsatz automatisierter Prüfprogramme (Kollisionsprüfung) erleichtert.

Die Arbeit mit 3D-Modellen ermöglicht es, insbesondere standardisierte, wiederkehrende und auch zeitintensive Arbeitsschritte, wie zum Beispiel Aktualisierungen der Planableitungen, Kollisionsprüfungen und gegebenenfalls modellbasierte fachliche Prüfungen, im Gesamtprozess zumindest teilweise zu automatisieren. Dies führt in der Regel zu kürzeren Prozesszeiten und zu einer höheren Ergebnisqualität aufgrund von Fehlerreduzierungen. Erste Konzepte, wie zukünftig behördliche Genehmigungsverfahren modellbasiert ausgestaltet werden könnten, wurden bereits im Rahmen verschiedener Implementierungsprojekte ausgearbeitet und zum Teil auch prototypisch umgesetzt [9].

Bei der Implementierung der neuen Arbeitsweise im Büro ist es wichtig, alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mitzunehmen. Dabei sollten nicht die Veränderungen im Vordergrund stehen, sondern zunächst deutlich werden, welches Ziel erreicht werden soll. Eingübte und vertraute Abläufe in der Arbeits- oder Teamstruktur müssen nicht zwingend geändert werden, und wenn, dann nur an solchen Punkten, wo damit zusätzliche Qualitätsverbesserungen und effizientere Abläufe verbunden sind. Dabei sind unter anderem durch Schulungen die zusätzlichen Möglichkeiten der BIM-Anwendung für das eigene Unternehmen zu identifizieren. Insgesamt wird das Arbeiten effektiver und effizienter. Es handelt sich um eine Planungsmethode, die eine schlanke, vollständige, datengeschützte und transparente Projektabwicklung ermöglicht.

Für die zukünftige Nutzung von BIM über die gesamte Wertschöpfungskette Bau sind alle Beteiligten angesprochen, sich aktiv einzubringen, um die Transformation der papierbasierten hin zu einer modellbasierten Arbeitsweise umzusetzen. Hierzu sind zum Beispiel die

für die Umsetzung der Anwendungsfälle relevanten, bestehenden Normen, Richtlinien und Regelwerke entsprechend anzupassen, Datenanforderungen zu formulieren, Anwendungsfälle zu konkretisieren und Fachtermini abzustimmen.

Interessierten bieten sich dazu vielfältige Möglichkeiten, ihre Expertise im Rahmen von Standardisierungsgremien einzubringen. Darauf aufbauend ist im konkreten Projekt die spezifische Umsetzung zwischen den Projektbeteiligten abzustimmen.

Hierzu bedarf es des Engagements auf zwei Ebenen:

- Individuell – bezüglich der Einführung im eigenen Büro und Projekt,
- gemeinsam – in der Fachdisziplin beziehungsweise Berufsgruppe über den jeweiligen Berufsverband, um Handreichungen und Muster zu entwickeln sowie die Standardisierung zu begleiten, unter anderem in den Gremien von VDI, DIN, CEN, ISO, FGSV, buildingSMART, etc.

Die Zukunft gehört dem digitalen Bauwesen – modellbasiert, kooperativ und effizient in allen Leistungsphasen.

Die im Artikel genannten Dokumente sowie weitere BIM-Veröffentlichungen aus den Bereichen Hoch- und Tiefbau, Infrastruktur, Wasserstraße und Schiene sind auf der Website von BIM Deutschland unter *Downloads* zum Herunterladen bereitgestellt (**Abb. 5**).



Abb. 5: Zum Download-Bereich von BIM Deutschland

Literatur

- [1] jetzt Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)
- [2] planen-bauen 4.0 GmbH <https://www.planen-bauen40.de>
- [3] „Fachbereich“, „Bereich“ und „Sparte“ werden synonym verwendet
- [4] BIM-Anwendungsfälle <https://www.bimdeutschland.de/bim-wissen/standards>
- [5] BIM-Portal <https://www.bimdeutschland.de/leistungen/bim-portal>
- [6] <https://www.bimdeutschland.de/leistungen/anwendungsfalle>
- [7] <https://www.bimdeutschland.de/leistungen/muster-auftraggeber-informationsanforderungen>
- [8] DIN SPEC 91391: Gemeinsame Datenumgebungen (CDE) für BIM-Projekte <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91391-1/302483139>
- [9] BIM-basierter Bauantrag: Abschlussbericht <https://bim-bauantrag.blogs.ruhr-uni-bochum.de/projektergebnisse/>

Robotische Fertigung als computerbasierte Planung für neue architektonische und konstruktive Perspektiven

Zwei Leichtbaupavillons demonstrieren lastangepasste und feingliedrige zukunftsorientierte neue Bausysteme

Wie sieht das Bauen der Zukunft aus? Diese Frage wird an der Universität Stuttgart mit dem Begriff Co-Design beantwortet, das heißt, mit der parallelen und sich gegenseitig beeinflussenden Entwicklung von Planungs- und Fertigungsprozessen. Diese Methode ist am Bau theoretisch gut bekannt ... aber praktisch? Praktisch haben ein Ingenieur und ein Architekt diesen Begriff mit zwei auf durchaus unübliche und ungewohnte Art und Weise geplante und gefertigte Pavillons belebt, die den Stand der Forschung und Entwicklung an ihren Universitätsinstituten zu diesem Thema repräsentieren. Die beiden Pavillons, der eine wurde aus Holz, der andere aus Faserverbundstoffen konstruiert, stellen den Übergang von der universitären Grundlagenforschung zur praktischen Anwendung dar. Im folgenden Beitrag beschreiben die beiden Wissenschaftler ihre Planungsmethoden, die Fertigungsprozesse und die Bausysteme, die von den zwei Pavillons beispielhaft demonstriert und nun für Aufgaben des allgemeinen Hochbaus weiterentwickelt werden. Im Fokus stehen dabei intelligente Verfahren für die Vorfertigung und Montage auf der Baustelle sowie ihre Verknüpfung mit der digitalen Planung, die zu grundlegend neuen Bausystemen führen.



Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers

studierte und promovierte an der TU Berlin, arbeitete dann für Schlaich Bergermann und Partner und übernahm 2000 die Leitung des Instituts für Tragkonstruktion und Konstruktives Entwerfen (itke) an der Universität Stuttgart, die er bis heute innehat; 2001 hat er die *Knippers Helbig Advanced Engineering* mitgegründet, deren Schlüsselprojekte die Expo-Pavillons in Shanghai (2010) und in Yeosu in Südkorea (2012) sowie die Galerie der Staatsoper in Berlin (2017) waren; seit 2019 ist Jan Knippers Prorektor für Forschung an der Universität Stuttgart; seit 2018 führt er ein eigenes Ingenieurbüro in Stuttgart.



Professor Achim Menges

studierte Architektur an der Technischen Universität Darmstadt und an der Architectural Association in London, an der er bis 2012 auch unterrichtete; von 2005 bis 2008 war er Professor an der Hochschule für Gestaltung in Offenbach und seit 2008 an der Universität Stuttgart; Gastprofessuren führten ihn nach Großbritannien und die USA; für seine Arbeiten erhielt er unter vielen anderen den Kunstpreis Baukunst (2015) und den Deutschen Nachhaltigkeitspreis im Bereich Digitalisierung (2019); Achim Menges ist Direktor des Instituts für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung der Universität Stuttgart und Sprecher des Exzellenzclusters Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC).

Foto: Markus Eichelmann

1 Einführung: Die Produktivität der Bauprozesse in Deutschland muss drastisch gesteigert werden

Das Bauen der Zukunft steht vor großen Herausforderungen. Zum einen muss die Bautätigkeit weiter intensiviert werden. Die Anzahl der in Deutschland fertiggestellten Wohnungen hat sich in den letzten zehn Jahren von 160.000 auf über 300.000 pro Jahr bereits beinahe verdoppelt. Dennoch verlangt der Koalitionsvertrag vom Herbst 2021 die Steigerung auf 400.000 Wohneinheiten pro Jahr und dies angesichts ausgeschöpfter Kapazitäten, Fachkräftemangels und gestörter Lieferketten in der Bauwirtschaft. Dieses Ziel wird nur zu erreichen sein, wenn die Produktivität der Bauprozesse drastisch steigt, tatsächlich stagniert sie aber seit Jahrzehnten.

Gleichzeitig hat der Deutsche Bundestag die deutschen Klimaschutzziele präzisiert und im neuen Klimaschutzgesetz 2021 das Ziel verankert, bis 2045 klimaneutral zu sein – also nicht mehr CO₂ auszustößen, als über unsere Wälder oder auf anderen Wegen wieder absorbiert werden kann.

Rund zehn Prozent der CO₂-Emissionen in Deutschland gehen derzeit auf die Errichtung von Gebäuden zurück. Ihre Aufschlüsselung nach Verursacherströmen zeigt, dass die Herstellung von Zement, Kalk und Gips dabei die größte Rolle spielt [1]. Die Entwicklung von CO₂-reduzierten Betonen, aber auch der Ersatz von Beton durch Holz und andere CO₂-neutrale Baustoffe stellt daher ein zentrales Ziel der Bauforschung dar.

In einem simultanen Prozess müssen also zwei gegenläufige Ziele verfolgt werden: es muss mehr gebaut und gleichzeitig müssen weniger Treibhausgasemissionen emittiert werden. Dies wird nur gelingen, wenn die Möglichkeiten der Digitalisierung konsequent erkundet und ausgeschöpft werden. Nur so lassen sich die Produktivität der Bauprozesse und die Ressourceneffizienz der Bausysteme miteinander in Einklang bringen und gleichzeitig auf ein höheres Niveau heben.

Die derzeit verwendeten Bausysteme sind vor allem auf eine effiziente Planung und Erstellung, also auf geringe Lohnkosten, ausgerichtet, während die Einsparung von Baustoffen, insbesondere des billigen Massenbaustoffes Stahlbeton, von nachrangiger Bedeutung ist. Um das Ziel der besseren Ressourcen- und Materialeffizienz zu erreichen, brauchen wir lastangepasste, ausdifferenzierte und feingliedrige Bausysteme – die aber lassen sich nur mit digitalen Prozessketten wirtschaftlich vertretbar realisieren.

Im Zentrum der Bemühungen um die Digitalisierung im Bauwesen steht derzeit vor allem das *Building Information Modeling* (BIM), das die Steigerung von Effizienz und Zuverlässigkeit vorhandener Abläufe bei der Planung und beim Betrieb von Gebäuden zum Ziel hat [2]. Da-



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 1: Der Holzpavillon auf der Bundesgartenschau in Heilbronn mit seiner Spannweite von fast 30 Meter

neben gibt es auch immer mehr Initiativen, die eine Verknüpfung digitaler Fertigungsprozesse mit einer computerbasierten Planung fördern [3]. Die kleinteilige Struktur der Bauindustrie und eine demnach auch fragmentierte Forschungslandschaft begünstigen aber inkrementelle Ansätze, die meistens nur danach streben, bestehende Prozesse und Abläufe für die Planung und Fertigung zu automatisieren. Damit kann aber das komplette Potenzial digitaler Technologien für Integration und Innovation bei weitem nicht ausgeschöpft werden. Dies gelingt nur mit grundlegend neuen Ansätzen, mit denen – in einem parallelen und sich gegenseitig beeinflussenden Prozess –

- digitale Planungs- und Simulationsmethoden,
- robotische Fertigungs- und Montageprozesse sowie
- innovative Konstruktions- und Bausysteme

entwickelt werden. Diese Vorgehensweise bezeichnen wir mittlerweile als Co-Design [4].

2 Zwei reale Beispiele für den Stand der Forschung und für die Innovationsstärke von Co-Design

Die beiden Pavillons auf der Bundesgartenschau (BUGA) 2019 in Heilbronn repräsentieren den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung an der Universität Stuttgart zu Co-Design, das heißt, zu integrativem, computerbasiertem Planen und Bauen. Die beiden Pavillons stellen den entscheidenden Zwischenschritt von der Grundlagenforschung an der Universität zur Anwendung in der Praxis dar. Sie erfordern die konstruktive Umsetzung in einem Maßstab, der dem eines Bauwerks entspricht, müssen aber noch nicht die Vielzahl funktionaler, wirtschaftlicher und rechtlicher Anforderungen erfüllen, die jedwede Innovation in der Ingenieurtechnik und in der Architektur so schwierig machen. Die beiden Pavillons sollen eine Entscheidung darüber möglich machen, ob ihre bau- und fertigungstechnische Idee so vielversprechend ist, dass sich eine Weiterentwicklung mit dem Ziel eines Transfers in die Baupraxis lohnt. Sie sind weniger als direktes Vorbild für eine allgemeine Anwendung zu sehen, ihre Aufgabe ist es vielmehr, das volle geometrische und konstruktive Potenzial neuer, genuin digitaler

Bauweisen zu überprüfen und deren architektonische Möglichkeiten einem breiten Publikum einprägsam zu präsentieren.

Die tragende Struktur beider Pavillons kann zerstörungsfrei demontiert werden, sodass sie an anderer Stelle wieder aufgebaut werden. In anschließenden Forschungsprojekten werden die Ideen für die Fertigung und Konstruktion der beiden Pavillons auf Anwendungen im allgemeinen Hochbau übertragen.

3 Der BUGA-Holzpavillon demonstriert neue Möglichkeiten für eine CO₂-speichernde Wende im Holzbau

Der wichtigste Schlüssel zur ökologischen Transformation des Bauens ist der möglichst umfassende Ersatz zementgebundener und metallischer Baustoffe durch Holz. Nur mit Tragwerken aus Holz sind Bauwerke möglich, die während ihrer Lebensdauer CO₂ speichern und damit eine echte Wende im Bauen ermöglichen. Daher sind in den letzten Jahren zahlreiche politische Initiativen zur Unterstützung des Holzbaus entstanden. Der gegenwärtige Entwicklungsstand beschränkt den Holzbau allerdings auf regelmäßige und kleine Raster, sowie auf kubische Gebäudeformen. Die architektonischen und konstruktiven Gestaltungsspielräume sind hierbei aber deutlich kleiner als bei Konstruktionen aus Stahl oder Stahlbeton. Zudem erfordert der Holzbau Verbindungsdetails aus Stahl und zusätzlich meist noch Erschließungskern, Randbalken et cetera aus Beton.

Übergeordnetes Ziel des BUGA-Holzpavillons (**Abb. 1** und **Abb. 2**) war es daher, aufzuzeigen, wie robotische Fertigungsprozesse der Ressource Holz neue architektonische und konstruktive Möglichkeiten unter den üblichen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eröffnen können.

Lastangepasste und damit materialeffiziente Schalenträgerwerke sind in der heutigen Baupraxis aufgrund des hohen Aufwandes für ihre Herstellung so gut wie inexistent. Für den BUGA-Holzpavillon wurde deshalb als Alternative zu den traditionellen Schalenbauweisen ein System entwickelt, mit dem eine doppelt gekrümmte Schalengeometrie



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 2: Ansicht mit indirekt beleuchteten Hohlkassetten von Innen

aus ebenen Kassetten zusammengesetzt wird. Dies erfordert, dass jede der 376 Kassetten des Pavillons unterschiedliche Abmessungen hat [5], [6].

Im Vergleich zu massiven Holzplatten reduzieren die hohlen Holzkassetten Gewicht und Material deutlich, erhöhen aber auch die Zahl der Bauteile, da jede Kasette aus zwei Platten und aus bis zu sechs Randbalken besteht. Alle Komponenten sind dabei geometrisch unterschiedlich. Der Wunsch nach höherer Ressourceneffizienz war daher nur mit der automatisierten Roboterfertigung der Schalensegmente zu erfüllen. Hierfür wurde eine mobile robotische Fertigungseinheit entwickelt, die in der Werkstatt eines in der dritten Generation familiengeführten mittelständischen Holzbaubetriebes aufgestellt wurde [7], [8]. Der eine Roboter dieser Apparatur greift und positioniert die Bauteile, während der andere sie bearbeitet, also: den Leim aufträgt, die Hartholznägel zur temporären Fixierung der Randbalken setzt, die Ränder fräst und die Löcher bohrt (Abb. 3).

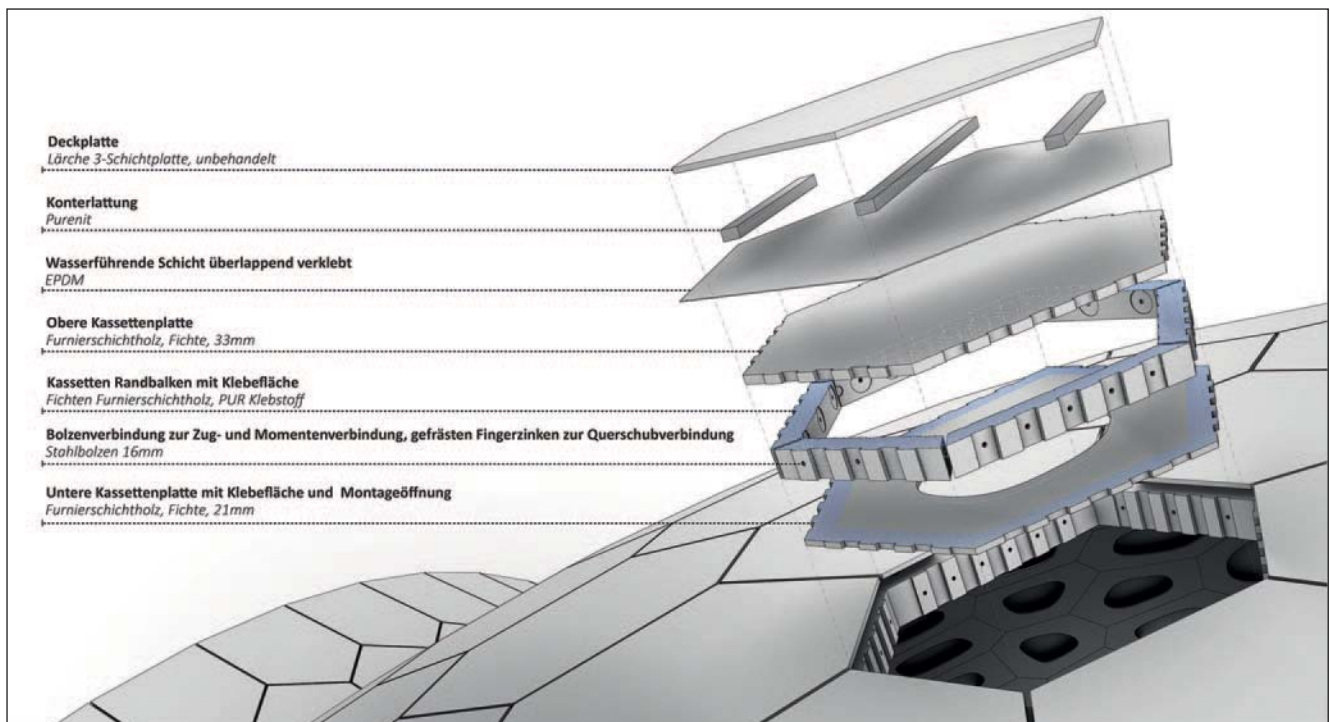


© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 3: Mobile robotische Verarbeitungsplattform zum Fügen und Fräsen der Holzkassetten

Im Durchschnitt dauerte das robotische Fügen 7,1 Minuten pro Kasette. Für das Hochpräzisionsfräsen wurden weitere 30 bis 60 Minuten benötigt. Auf Grund der hohen Fertigungsgenauigkeit von etwa drei Zehntelmillimetern konnten die Kräfte zwischen den Kassetten über einen Kontakt in den Fugen übertragen werden. Lediglich zur Aufnahme der Schubkräfte senkrecht zur Schalenfläche und der geringen Biegemomente sind lösbare Bolzenverbindungen erforderlich. Von außen wurde die Schale mit einer wasserführenden EPDM-Folie sowie mit hinterlüfteten Dreischichtplatten aus Lärchenholz bekleidet (Abb. 4).

Die Kassetten zeigen ein sehr günstiges Verhältnis von hoher Biegesteifigkeit zu geringem Eigengewicht. Daher mussten für die Montage nur die drei Schalenränder jeweils einmal in der Mitte abgestützt werden. Die Schalenfläche mit einer Spannweite von immerhin fast 30 Metern und einer Fläche von etwa 600 Quadratmetern wurde ohne Lehrgerüst von nur zwei Handwerkern in zehn Arbeitstagen vollstän-



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 4: Konstruktiver Aufbau der Holzsegmente



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 5: Freier Vorbau des Schalentragswerks

dig im Freivorbau errichtet (Abb. 5). Durch das Einsparen eines Lehrgerüsts ist die Bauweise auch wirtschaftlich uneingeschränkt konkurrenzfähig mit anderen Schalenbauweisen.

Der Holzpavillon wurde während der BUGA nicht zuletzt aufgrund der sehr guten akustischen Eigenschaften der hohlen Kassetten sehr häufig für Konzerte und andere Veranstaltungen genutzt. Nach Ende der

Bundesgartenschau wurde die Struktur abgebaut, und sie wird voraussichtlich für die Bundesgartenschau 2023 in Mannheim wieder aufgebaut (Abb. 6).

Im Rahmen von Folgeprojekten werden die Ansätze des BUGA-Holzpavillons jetzt auf den mehrgeschossigen Holzbau übertragen. Dazu werden zweilagige Hohldeckensysteme entwickelt, die aufgrund ihrer anpassbaren Bauhöhe größere Spannweiten und mit in den Zwischenräumen beanspruchungsgerecht angeordneten Stegen unregelmäßige Stützenstellungen ermöglichen.

4 Der BUGA-Faserpavillon: Ein genuin digitales Bausystem für eine grundsätzlich neue Bautechnik

Der BUGA-Faserpavillon verfolgte ein anderes Ziel. Hier ging es darum, am Beispiel von Faserverbundwerkstoffen zu zeigen, wie die grundlagenorientierte und ergebnisoffene Forschung an integrativen digitalen Planungs- und Fertigungsmethoden zu grundsätzlich neuen Bausystemen führen kann.

Faserverbundwerkstoffe sind in vielen Bereichen der Technik unverzichtbar, meist dort, wo Form und/oder Gewicht eine besondere Rolle spielen, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt, im Bootsbau und oder bei den Rotorblättern von Windenergieanlagen. Im Bauwesen sind sie dagegen fast unbekannt, obwohl es schon in den 1950er Jahren Versuche gab, sie in die Architektur einzuführen [9]. Hauptgrund hierfür dürfte sein, dass die üblichen Fertigungsprozesse einen Formenbau erfordern. Dieser ist nicht nur sehr teuer, sondern häufig auch mit einem erheblichen Einsatz von ökologisch bedenklichen Ressourcen verbunden, zum Beispiel von PUR-Schäumen. Verarbeitungspro-



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 6: Randbalken des BUGA-Holzpavillons



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 7: Der BUGA-Faserpavillon mit einer Spannweite von 23 Meter

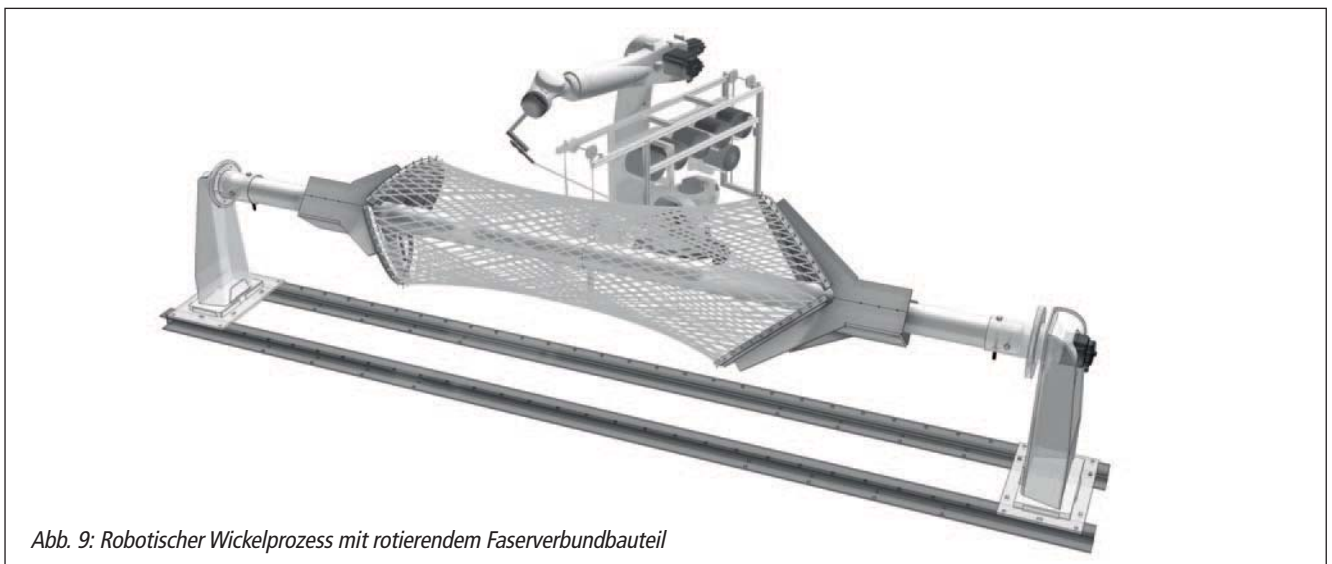


© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 8: Innenansicht der tragenden Faserverbundstruktur

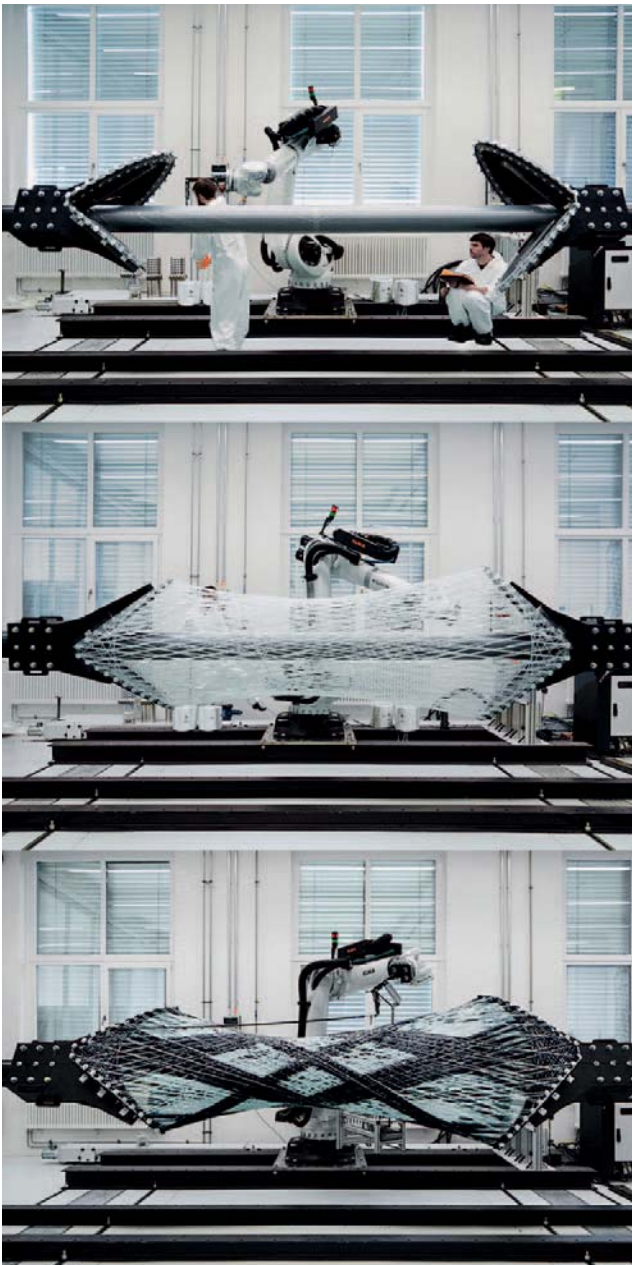
zesse, die einen Formenbau erfordern, sind daher nur bei größeren Serien wirtschaftlich sinnvoll und ökologisch vertretbar. Außerdem werden üblicherweise Matten mit einer 0/90-Grad-Orientierung in die Form gelegt, sodass eine lastangepasste Faserorientierung nur begrenzt möglich ist und es zu einem erheblichen Verschnitt an Fasermatten kommt.

Im Bauwesen geht es meist um Unikate oder Kleinstserien, für die robuste und einfache Verfahren erforderlich sind, während allerhöchste Ansprüche an Präzision, Eigengewicht oder Leistungsfähigkeit, wie im Flugzeugbau, eher von nachrangiger Bedeutung sind. Der Transfer von Fertigungsprozessen aus anderen Technologiefeldern ist daher wenig aussichtsreich, stattdessen sind eigene, an die speziellen Erfordernisse der Architektur angepasste Strategien erforderlich, die die robuste und einfache Erzeugung großformatiger Unikate ermöglichen.



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 9: Robotischer Wickelprozess mit rotierendem Faserverbundbauteil



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 10: Schritte der Fertigung. Oben: Wickelgerüste, Mitte: Hyperbolischer Glasfaserkörper, Unten: Beanspruchungsgerecht aufgebrachte Kohlenstofffasern



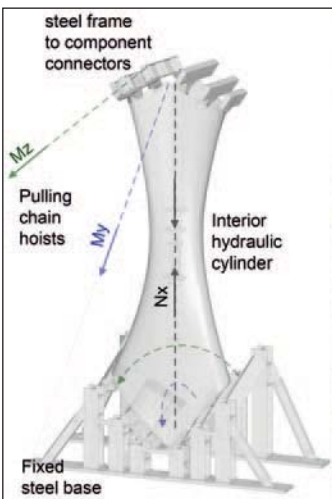
© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 12: Überspannung mit ETFE Folie

Übergeordnetes Ziel des BUGA-Faserpavillons war daher, am Beispiel des Faserwickelns zu zeigen, wie digitale Planung und robotische Fertigung additive Prozesse ermöglichen, die mit deutlich weniger Ressourcen auskommen und gleichzeitig zu gänzlich neuen, leistungsfähigen Bausystemen führen (Abb. 7 und Abb. 8).

Zunächst werden zwischen zwei Rahmen die kostengünstigen Glasfasern frei im Raum spannend zu einem hyperbolischen Körper gewickelt, auf dem dann die leistungsfähigeren aber teuren Kohlenstofffasern entsprechend Richtung und Größe der statischen Beanspruchung abgelegt werden. Die Fasern werden nass, das heißt, harzgetränkt, verarbeitet, sodass das Paket anschließend für mehrere Stunden in einem Ofen bei rund 100 Grad Celsius getempert werden muss. Danach können die Wickelgerüste abgenommen werden, sodass ein reines Faserverbundbauteil verbleibt, das nicht nur Zug- sondern auch Druckkräfte aufnehmen kann. Diese Bauteile werden dann auf der Baustelle mit Schrauben gefügt [10], [11] (Abb. 9 und Abb. 10).

Die Versagenslast lässt sich aufgrund der vielen Einflussparameter rechnerisch kaum zuverlässig vorhersagen. Für die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung waren daher umfangreiche Belastungsversuche erforderlich, die ergeben haben, dass die bis zu fünf Meter langen Komponenten des BUGA-Faserpavillons bei einem Eigengewicht von 70 bis 80 Kilogramm eine Druckbeanspruchung von rund 250 kN tragen können [12], [13]. Damit wurde auf der Widerstandseite ein Sicherheitsfaktor von ungefähr 3 erreicht. Von Planungsbeginn an wa-



© ICD/ITKE Universität Stuttgart



Abb. 11: Versuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit der Faserverbundkomponenten

CO-DESIGN

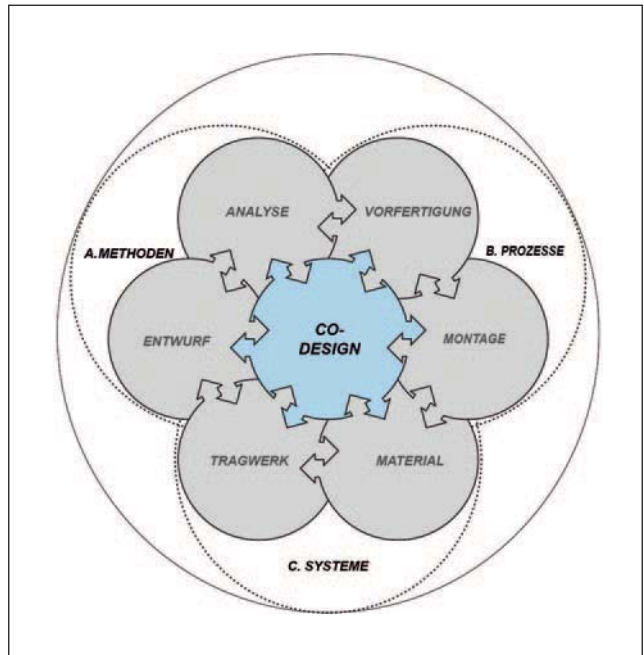
ren sowohl der Prüflingenieur (Dipl.-Ing. Achim Bechert, Stuttgart) als auch das Regierungspräsidium an der Konzeption und Durchführung des Versuchsprogramms beteiligt. Nur so konnte die Baugenehmigung fristgerecht erlangt werden.

Insgesamt bestand der BUGA-Faservavillon aus über 150.000 Meter räumlich angeordneten Glas- und Kohlenstofffasern. Die Faserverbundstruktur wurde von außen von einer mechanisch vorgespannten ETFE-Folie als Witterungsschutz überspannt (Abb. 11 und Abb. 12).

Da bei dem BUGA-Faservavillon der Fertigungsprozess im Vordergrund stand, wurden allgemein verfügbare und erprobte Ausgangsstoffe verwendet, nämlich Glas- und Kohlenstofffasern sowie fossile Epoxidharze. In Folgeprojekten wird der Einsatz von biobasierten Harzen und Flachfasern erprobt. Außerdem wird die Integration in Decken- und Dachsysteme untersucht, bei denen eine Vielzahl weiterer bautypischer Anforderungen zu erfüllen ist, zum Beispiel hinsichtlich Akustik und Brandverhalten. (Die Arbeit an den Faserwickelprozessen hat zur Ausgründung des Produktionsbetriebes *FibR GmbH* (Stuttgart) geführt, eines Spezialunternehmens für Computergestütztes Design und Roboterfabrikation von Faserverbund-Leichtbaustrukturen, was ein Beleg dafür ist, dass diese Forschung auch einen volkswirtschaftlichen Mehrwert generiert.)

5 Ausblick: Antworten auf globale Herausforderungen an das Planen und Bauen der Zukunft

Die geringe Innovationskraft des Bauwesens hat eine Reihe von Ursachen. Eine der wesentlichen dürfte die strikte Trennung von Planung und Ausführung sein, die es in dieser Form in keinem anderen Technologiesektor gibt. Das Bauen ist entlang einer Prozesskette definiert: Erst kommt der architektonische Entwurf, dann die Planung der Inge-



© ICD/ITKE Universität Stuttgart

Abb. 14: Co-Design: Leitbegriff der Forschung zu computerbasiertem Planen und Bauen an der Universität Stuttgart

nieure, die diesen in eine baubare Konstruktion überführt, und schließlich die Vorfertigung in der Werkstatt sowie die Ausführung auf der Baustelle. Vergabeverfahren, Vertragsverhältnisse und Gewährleistungsansprüche sind entlang dieser Kette organisiert.

Strategische Partnerschaften zwischen Planern und ausführenden Firmen zur Entwicklung einer neuen Technologie sind in der heutigen Baupraxis kaum möglich. Auch hierfür zeigen die beiden BUGA-Pavillons alternative Modelle auf: beide entstanden auf Grundlage von Kooperationsverträgen, in denen nicht nur die Planer und die ausführenden



Abb. 13: Mehr als 120 Forscher bilden den Exzellenzcluster Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC), dessen richtungweisende Forschung mit 45 Millionen Euro von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird.

den Firmen, sondern auch der Bauherr als gleichberechtigte Partner eingebunden waren.

Wissenschaftlich werden die für die beiden BUGA-Pavillons entwickelten Ideen und die dabei aufgeworfenen Fragen im Exzellenzcluster Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (Integrative Computational Design and Construction – IntCDC) weiterverfolgt. IntCDC wird seit dem 1. Januar 2019 mit rund 45 Millionen Euro von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für zunächst sieben Jahre gefördert. Er ist der einzige von deutschlandweit insgesamt 57 DFG-Exzellenzclustern, der im Bauwesen angesiedelt ist, was in Anbetracht der kulturellen, sozialen und volkswirtschaftlichen Bedeutung des Bauens zum Nachdenken über den Stellenwert von Grundlagenforschung in Architektur und Bauwesen Anlass geben sollte. An dem Exzellenzcluster wirken insgesamt rund 120 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus allen Bereichen der Universität Stuttgart von Architektur und Bauingenieurwesen über Produktionstechnik, Computerwissenschaften und Robotik bis hin zu den Sozialwissenschaften mit (Abb. 13).

Dabei sollen die Planungsmethoden, Fertigungsprozesse und Bausysteme, die von den beiden BUGA-Pavillons beispielhaft demonstriert werden, für Aufgaben des allgemeinen Hochbaus weiterentwickelt werden. Im Fokus stehen dabei intelligente Verfahren für Fertigung und Montage auf der Baustelle sowie ihre digitale Verknüpfung mit Planung und Vorfertigung, die zu grundlegend neuen Bausystemen führen. Die robotische Fertigung ermöglicht dabei sowohl fein ausdifferenzierte, statisch optimierte und damit materialeffiziente Bausysteme als auch eine ressourceneffiziente Fertigung, die sich perspektivisch von der Werkstatt auf die Baustelle verlagert und damit Kosten und Energie für Transport spart. Gleichzeitig erhöht sie drastisch die Produktivität der Bauprozesse und bietet damit Antworten auf die globalen Herausforderungen an das Bauen der Zukunft.

Das Aufbrechen der üblicherweise linear und hierarchisch organisierten Prozesse für Planung und Ausführung ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für echte Innovationen im Bauwesen. Im Mittelpunkt steht dabei die Vorstellung des Co-Designs (Abb 14), das heißt, der parallelen und sich gegenseitig beeinflussenden Entwicklung von computerbasierten Planungsmethoden, robotischen Fertigungs- und Montageprozessen und neuartigen Bausystemen. Nur dieses Vorgehen ermöglicht echte Innovationssprünge, wie wir sie im Bauwesen so selten beobachten.

6 Literatur

- [1] BBSR online-Publikation Nr 17/2020. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2020
- [2] Doumbouya, L., Gao, G. and Guan, C. (2016): Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for construction project effectiveness: The review of BIM benefits; in: American Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 4 No. 3, pp. 74–79
- [3] Choi, K.C. and Ibbs, C.W. (1990): CAD/CAE in Construction: Trends, Problems, and Needs; in: Journal of Management in Engineering, Vol. 6 No. 4, pp. 394–415
- [4] Knippers, J., Kropp, C., Menges, A., Sawodny, O., Weiskopf, D.: Integratives computerbasiertes Planen und Bauen: Architektur digital neu denken; in: Bautechnik 98 (2021), Heft 3, pp 194-207. DOI: 10.1002/bate.202000106
- [5] Alvarez, M., Wagner, H., Groenewolt, A., Krieg, O., Kyjanek, O., Aldinger, L., Bechert, S., Sonntag, D., Menges, A. and Knippers, J. (2019): The BUGA Wood Pavilion – Integrative Interdisciplinary Advancements of Digital Timber Architecture; in: Ubiquity and Autonomy - 39th ACADIA Conference 2019, ISBN 978-0-578-59179-7
- [6] Sonntag, D., Aldinger, L., Bechert, S., Alvarez, M., Groenewolt, A., Krieg, O., Wagner, H., Knippers, J. and Menges, A. (2019): Lightweight segmented timber shell for the Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn in Form and force: proceedings of the international association for spatial structures annual symposia 2019 Barcelona [Zugriff am 9.11.2020]. https://www.ingentaconnect.com/content/iass/piass/2019/00002019/00000_026/art00006
- [7] Wagner, H.J., Alvarez, M., Groenewolt, A. and Menges, A. (2020): Towards digital automation flexibility in large-scale timber construction: integrative robotic prefabrication and co-design of the BUGA Wood Pavilion; in: Construction Robotics, Vol. 142 No. 4, p. 2780. doi 10.1007/s41693-020-00038-5
- [8] Wagner, H.J., Alvarez, M., Kyjanek, O., Bhiri, Z., Buck, M. and Menges, A. (2020): Flexible and transportable robotic timber construction platform – TIM; in: Automation in Construction, Vol. 120, p. 103400. doi 10.1016/j.autcon.2020.103400
- [9] Bakis, C.E., Bank, L.C., Brown, V.L., Cosenza, E., Davalos, J.F., Lesko, J.J., Machida, A., Rizkalla, S.H. and Triantafyllou, T.C. (2002): Fiber-Reinforced Polymer Composites for Construction State-of-the-Art Review; in: Journal of Composites for Construction, Vol. 6 No. 2, pp. 73–87
- [10] Zechmeister, C., Bodea, S., Dambrosio, N. and Menges, A. (2020): Design for Long-Span Core-Less Wound, Structural Composite Building Elements; in: Gengnagel, C., Baverel, O. and Burry, J. (Eds.), Impact: Design With All Senses: Proceedings of the Design Modelling Symposium, Berlin 2019, 2020, Cham, Springer International Publishing, Cham, pp. 401–415
- [11] Dambrosio, N., Zechmeister, C., Bodea, S., Koslowski, V., Gil-Pérez, M., Rongen, B., Knippers, J. and Menges, A. (2019): Towards an architectural application of novel fiber composite building systems – The BUGA Fibre Pavilion; in: ACADIA – Ubiquity and Autonomy [Proceedings of the ACADIA Conference 2019]
- [12] Gil Pérez, M., Rongen, B., Koslowski, V., & Knippers, J. (2020): Structural design, optimization and detailing of the BUGA fibre pavilion; in: International Journal of Space Structures, 35(4), 147–159. <https://doi.org/10.1177/0956059920961778>
- [13] Gil Pérez, M., Rongen, B., Koslowski, V., & Knippers, J. (2021): Structural design assisted by testing for modular coreless filament-wound composites: The BUGA Fibre Pavilion. Construction and Building Materials 301. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124303>

Kann man das Sicherheitsniveau bestehender Bauwerke als Ausgleich für eine geringere Neubauquote reduzieren? Ein Abbau von Sicherheitsreserven würde die Arbeit der Prüfsingenieure anspruchsvoller und risikoreicher machen

Kann man die Sicherheit von Bauwerken verringern? Diese Frage wird heute immer häufiger gestellt, weil man annehmen kann, dass neuere Bauwerke sicherer sind als bestehende. Grund der Frage sind die Aufwertung und politisch intendierte Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Nachhaltigkeit, die eine Reduzierung der Neubauaktivität bewirken dürfte. Tatsächlich zeigen bestehende Bauwerke eine größere als ursprünglich erwartete Sicherheit. Um den Rückgang der Neubauquote auszugleichen, muss man versteckte Sicherheiten erschließen, Sicherheitsziele revidieren und den Unterschied zwischen beobachteter und geforderter Sicherheit verringern. Öffentlich gebilligte Änderungen von Sicherheitszielen und Nachweiskriterien werden aber eine Reform der Arbeit und Ausbildung von Bauingenieuren bewirken, weil das Aufspüren von Sicherheitsreserven und die Überwachung von Bauwerken auch viele Elemente des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der IT umfassen. Gleichzeitig dürfte die Entscheidung für ein geringeres Sicherheitsniveau die Arbeit der Prüfsingenieure beeinflussen: sie wird, wie der folgende Beitrag belegen kann, dann wohl noch anspruchsvoller, noch zeitaufwendiger und noch risikoreicher werden.



Prof. (FH) Dr.-Ing. habil. Dirk Proske, MSc.

absolvierte eine Ausbildung zum Baufacharbeiter mit Abitur, studierte von 1990 bis 1996 Bauingenieurwesen an der TU Dresden und an der City University London, promovierte an der TU Dresden über das Risiko von Brücken bei Schiffsprall und habilitierte sich an der Universität für Bodenkultur in Wien über die Sicherheit technischer Systeme; Dirk Proske war für verschiedene Ingenieurbüros auf verschiedenen Baustellen tätig, zum Beispiel in Südafrika/Lesotho und in Indonesien; von 2009 bis 2018 war er im Kernkraftwerk Beznau für diverse Sicherheitsnachweise verantwortlich, zum Beispiel für die Erdbebennachweise nach Fukushima; seit 2018 ist er als Professor für Risikomanagement und als Studiengangleiter Master Engineering im Fachbereich Bauingenieurwesen der Berner Fachhochschule für Architektur, Holz und Bau in Burgdorf (Schweiz) tätig.



Rechtsanwalt Alexander Huhn

studierte nach einer technischen Ausbildung Jura an der Technischen Universität Dresden; 1997 wurde er als Rechtsanwalt in Dresden zugelassen und seit 2002 ist er Fachanwalt für Sozialrecht; Alexander Huhn ist Partner der Rechtsanwaltskanzlei Huhn in Dresden; die Abgrenzung von Risiken und die Zuordnung von Verantwortung für die Abwehr von Gefahren sind Kernaufgaben seiner anwaltlichen Praxis.

1 Einführung

Bauwerke zählen zu den ältesten und häufigsten technischen Erzeugnissen weltweit, sie sind landschaftsprägend, verbessern die Sicherheit und die Lebensqualität von Milliarden von Menschen, und sie stellen den größten menschlichen Sachwertspeicher dar. Auf der anderen Seite ist ihre Herstellung mit einem bedeutenden Material- und Energiebedarf und in der Folge mit einer erheblichen Umweltbelastung verbunden. Allein die Zementindustrie trägt weltweit circa sechs bis sieben Prozent zu den anthropogenen CO₂-Emissionen bei. Die geplante Einschränkung der CO₂-Produktion und der verstärkte Fokus auf eine nachhaltige menschliche Entwicklung wird daher zumindest in den entwickelten Industriestaaten und wenigstens für die Zeit, in der alternative, in großem Umfang CO₂-vermeidende Technologien der Bauproduktion (noch) nicht zur Verfügung stehen, mit der Frage verbunden sein, ob es einen Übergang vom Neubau zur Bauwerkserhaltung geben wird. Bereits vor knapp zwanzig Jahren titelte die wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden: „Die Zukunft des Bauens liegt im Bestand“. Gerade die großen Infrastrukturbetreiber forcieren im Eisenbahn- und im Straßenbau seit Jahren einen erhöhten Aufwand für die Bauwerkserhaltung.

Theoretisch sind aber neue technische Produkte nicht nur moderner im Sinne der Anwendung und Umsetzung des aktuellen Standes der Technik, sondern sie sind auch sicherer. Sehr schön wurde das zum Beispiel von Bachmann [1] für das erdbebengerechte Bauen gezeigt. Dies wird als konzeptionelle Alterung bezeichnet. Daneben erfahren bestehende Bauwerke auch eine Zustandsverschlechterung, die zumindest für gewisse Bereiche auch mit einem Sicherheitsabbau einhergeht [2]. Unter der Annahme begrenzter finanzieller Ressourcen muss man sich die Frage stellen, ob man sich eher für die kurz- bis mittelfristig ressourcenschonende Erhaltung, Sanierung und Umnutzung der bestehenden Bauwerke mit einer verringerten Sicherheit oder für den Neubau mit einer erhöhten Sicherheit und besseren ökologischen Parametern und damit für einen langfristig geringeren Ressourcenbedarf entscheidet. Natürlich wird die Beantwortung dieser Frage von einer Vielzahl von Randparametern eingegrenzt.

Nach verschiedenen eigenen Schätzungen bestehen auf der Erde circa 1,1 bis 1,5 Milliarden Gebäude [3]. Die Anzahl der Wohneinheiten weltweit hat sich von 1950 bis 2003 verdoppelt, und die nächste Verdopplung wird bis 2030 erwartet. Damit sinkt die Verdopplungszeit von ungefähr 50 Jahre auf etwa 30 Jahre. Auf einem globalen Niveau wird sich das Neubauvolumen daher in den nächsten Jahren sicherlich nicht verringern. Ein Ersatz des aktuell erfolgreichsten Baustoffes, des Stahlbetons, ist derzeit nicht zu erwarten, auch wenn die Wettbewerbsfähigkeit durch Eingriffe in die Preisgestaltung in Mitteleuropa im Vergleich zu anderen Baustoffen sinken wird.

Die Masse aller Bauwerke inklusive ihrer Ausrüstungen liegt bei 800 Petagramm (Pg). Sie ist damit grösser als die Kohlenstoffmasse aller

Lebewesen auf der Erde mit 530 Pg. Da der Baumbestand auf der Erde einer Kohlenstoffmasse von 450 Pg und einer Trockenmasse von circa 900 Pg entspricht, ist ein vollständiger Ersatz der weltweiten Bauwerke durch nachhaltige Holzkonstruktionen praktisch nicht umsetzbar [4].

Tatsächlich ist die Erhaltung bestehender Bauwerke mindestens aus kurzer Sicht nachhaltiger. So findet sich in einem TEC-Interview die folgende Aussage „Die mit Abstand wirksamste Klimaschutzmaßnahme ist, nicht neu zu bauen ... Das Erstellen eines Gebäudes erzeugt mindestens doppelt so viel CO₂ wie ein 60 Jahre dauernder Betrieb.“

Wenn also, auch wenn sich Neubauten nicht vollständig werden vermeiden lassen können, die Erhaltung bestehender Bauwerke aus Sicht der Nachhaltigkeit sinnvoll ist, schließt sich eine weitere Frage an: Wäre eine geringere Sicherheit von Bauwerken auf Grund der zunehmenden Alterung des Gebäudebestandes akzeptabel? Und, wenn ja, bis zu welchem Betrag? Eine ähnliche Fragestellung wurde in dieser Zeitschrift bereits vor mehreren Jahren für den Brandschutz durch Fontana [5] gestellt.

Um diese Frage zu beantworten, muss zunächst einmal die geplante und beobachtete Sicherheit von Bauwerken bekannt sein. Da die heutigen Bauwerksnormen probabilistisch basiert sind (Eurocode 0, SIA 269), wird als Maß für die geplante Sicherheit die Versagenswahrscheinlichkeit und als Maß für die beobachtete Sicherheit die Einsturzhäufigkeit verwendet.

In [6] wurde beispielhaft gezeigt, dass für italienische Straßenbrücken im Vergleich zu anderen europäischen Ländern eine erhöhte Einsturzhäufigkeit vorliegt, diese aber immer noch unterhalb des zeitabhängigen Zielwerts der Versagenswahrscheinlichkeit liegt.

Im Rahmen einer umfangreichen Metastudie wurden die Einsturzhäufigkeiten von Brücken, Dämmen, Tunneln, Stützbauwerken und Hoch-

bauten ermittelt und gebündelt und die Möglichkeit des Vergleichs diskutiert [3]. Die Metastudie zeigt, dass die beobachteten mittleren Einsturzhäufigkeiten von Bauwerken

- signifikant geringer sind als die berechneten altersabhängigen Versagenswahrscheinlichkeiten (**Abb. 1**),
- höher sind als die Zielwerte der Versagenswahrscheinlichkeiten für Neubauten, aber geringer sind als die altersabhängigen Zielwerte und
- über die kalendarische Zeit fallen (nicht über das Alter der Bauwerke).

Insbesondere der letzte Punkt würde die These stützen, dass die Bauwerke unter Nutzung neuer Normen sicherer werden.

Die Bewertung in diesem Beitrag geht von folgenden Thesen aus:

- Der Erhalt bestehender Bauwerke ist zumindest kurzfristig ökologischer als der Neubau.
- Bestehende Bauwerke sind im Mittel sicherer, als es unsere Berechnungen zeigen, und zwar selbst unter Extraktion der Sicherheitselemente, wie Teilsicherheitsfaktoren und charakteristische Werte.
- Bestehende Bauwerke zeigen eine Degradation, die ab einem bestimmten Degradationsniveau auch einem Sicherheitsabbau entspricht.

Neue Bauwerke sind moderner als bestehende Bauwerke, das heißt, sie sollten sicherer und langfristig ökologischer sein. Bestehende Bauwerke zeigen daher, neben der Degradation, auch eine konzeptionelle Alterung. Wenn es also ökologischer ist, die bestehenden Bauwerke zumindest kurzfristig zu erhalten, könnte man dann die vorhandene Sicherheit so weit verringern, dass trotzdem die altersabhängigen Zielwerte erfüllt werden?

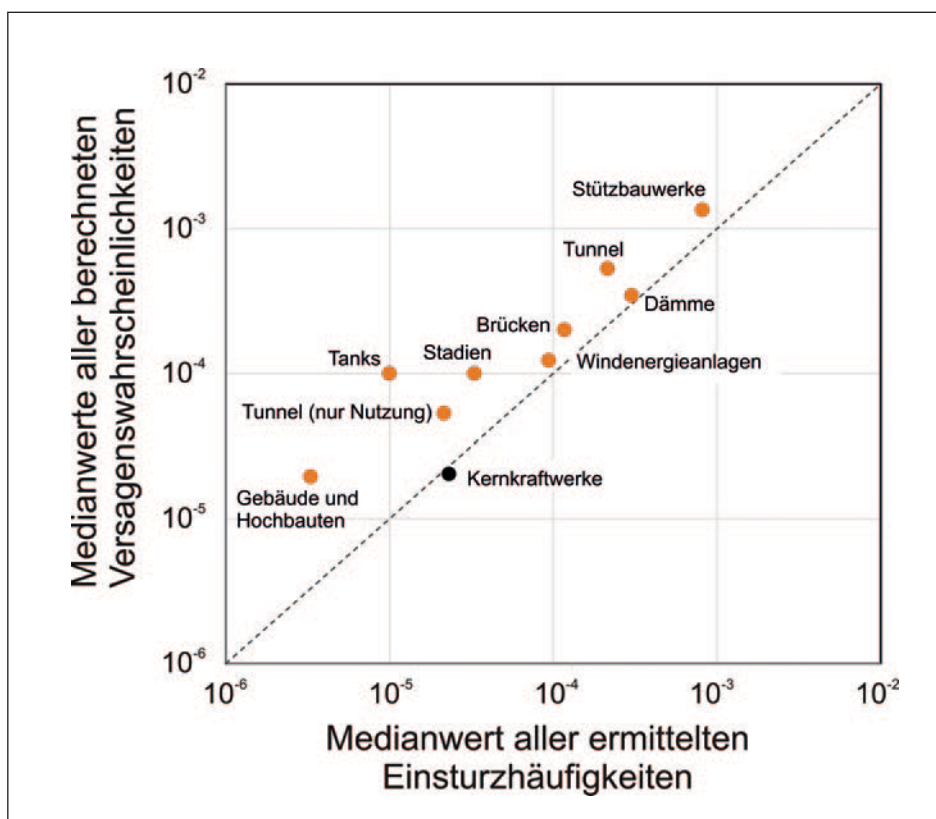


Abb. 1: Vergleich der Medianwerte der beobachteten Einsturzhäufigkeiten und der berechneten Versagenswahrscheinlichkeiten. Die Stichproben basieren auf circa 200 probabilistischen Rechnungen und verschiedenen Datenbanken zu Bauwerkseinstürzen mit teilweise über 1000 Einträgen. Das Verhältnis von berechneten Versagenswahrscheinlichkeiten zu beobachteten Einsturzhäufigkeiten ist für alle Bauwerkstypen grösser eins. Der Eintrag für Kernkraftwerke zeigt aber, dass dies nicht zwingend für alle Technologien gilt [3].

2 Stakeholder

Zunächst wäre zu klären, wen die verringerte Bauwerkssicherheit betrifft. Das wären zunächst einmal alle am Bau Beteiligten, also Nutzer, Planer, Ausführungsfirmer, Verwalter et cetera. Es ist bekannt, dass sich ein Großteil der Einstürze (circa ein Drittel bei Brücken und Hochbauten, bis zu 90 Prozent bei Tunneln) während des Baus oder in den ersten Nutzungsjahren ereignet. Dieser Anteil der Einstürze würde bei einem geringeren Neubauvolumen sinken, unter Umständen sogar die absolute Zahl der Einstürze. Die obige These unter 3. ist also nicht allgemeingültig. Es würde aber vermutlich nicht zu einer geringeren Anzahl Opfer führen, weil die unbeteiligte Öffentlichkeit von Einstürzen während des Baus nicht betroffen ist.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die mangelnde Übereinstimmung zwischen den Berechnungen und Beobachtungen (oben Punkt a). Könnte man hier genauer rechnen, würde praktisch keine Verringerung der Sicherheit eintreten. Dann würden allein die Statiker und Prüfengeure die Veränderung wahrnehmen. Das Thema der rechnerischen Aktivierung der sogenannten Versteckten Sicherheit ist heute Gegenstand der Forschung. Ob allerdings in den nächsten Jahren diese Versteckte Sicherheit aus den Baunormen verschwindet, darf bezweifelt werden. In modernen Baunormen erkennt man aber inzwischen an, dass der Informationsgewinn durch Untersuchungen an bestehenden Bauwerken Auswirkungen auf die rechnerische Sicherheit besitzt (zum Beispiel [7]). Damit folgt man zaghaft diesem Weg.

Eine weitere Möglichkeit wäre es, alle relevanten Stakeholder einzuladen und einen Konsens für eine verringerte zulässige Sicherheit zu erhalten. Diese Möglichkeit wählt man zum Beispiel bei der Überarbeitung der neuen schweizerischen Brandschutzvorschriften. Um hier juristisch korrekt vorzugehen, wird der gesamte Prozess bei der Erstellung der Brandschutznorm durch einen Juristen begleitet [8].

Die Konsensbildung in Form einer rein fachlich-wissenschaftlichen Diskussion kann und muss unter Umständen zu einer Diskussion in der Öffentlichkeit und in politischen Gremien erweitert werden. Allerdings spielen dann neben den fachlich-wissenschaftlichen Argumenten auch politische Argumente eine Rolle. Wiedemann [9] hat solche Prozesse im Rahmen gleichartiger Fragestellungen (zum Beispiel zur Akzeptanz von Nanopartikeln, genetisch veränderten Lebensmitteln oder nichtionisierender Strahlung) vorgestellt (Abb. 2). Insgesamt stehen zu dieser Frage zahlreiche Studien zur Verfügung.

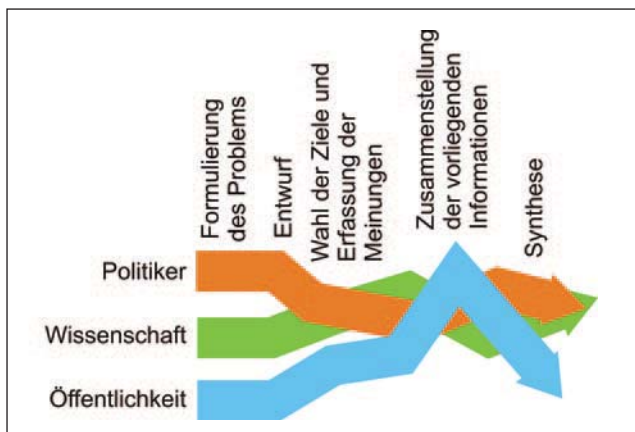


Abb. 2: Iterationsprozess für die Festlegung von Sicherheitszielen nach Wiedemann [9]

3 Sicherheitsparameter

Wenn man eine Veränderung der Sicherheit anstrebt, stellt sich die Frage, wie die Sicherheit abgebildet werden soll. Man kann im Rahmen der Diskussion die Sicherheit qualitativ darstellen, aber hilfreicher ist, um prüfbare Nachweise und Vergleiche führen zu können, sicherlich eine quantitative Beschreibung der Sicherheit.

Wie bereits erwähnt, verwenden moderne Baunormen probabilistische beziehungsweise semi-probabilistische Sicherheitskonzepte (Eurocode 0, SIA 269). Zielwerte sind dann operative Versagenswahrscheinlichkeiten oder direkt gekoppelte Ersatzmaße, wie der Sicherheitsindex. Leider zählen diese Parameter zu den Risikoparametern nullter Art, weil sie keine Quantifizierung des Schadens erlauben. Es würde sich daher anbieten, die Sicherheitsbewertung mittels Risikoparametern höherer Ordnung durchzuführen. Genauso sind aber auch Lebenszykluskostenanalysen oder Lebensqualitätsanalysen als Erweiterungen einfacher Risikobewertungen möglich.

Entscheidet man sich für die Risikoparameter, müssen ein oder mehrere Parameter ausgewählt werden. Hier können zum Beispiel verschiedene Risikoparameter für den potenziellen Verlust von Menschenleben verwendet werden. Dazu muss aber zunächst geprüft werden, welches die relevanten Schadensanteile eines Bauwerkseinsturzes sind.

Risikostudien von Brückenbauwerken zeigen, dass die Hauptschadensanteile der Verlust von Menschenleben und der Ausfall der Verkehrsleistungen sind. Es gibt allerdings Studien mit mehr als 50 Schadensparametern. Fokussiert man allein auf den Verlust von Menschenleben, so bieten sich Mortalitäten, *Fatal Accident Rates*, F-N-Diagramme und verlorene Lebensjahre an. Für alle diese Parameter zeigen Bauwerke in den entwickelten Industriestaaten hervorragende mittlere Werte, und eine verringerte Sicherheit wäre möglich.

4 Sicherheitsnachweis

Welche Möglichkeiten gibt es, diese verringerte Zielsicherheit zu quantifizieren und festzulegen? Folgende Schritte sind möglich:

1. Vergleich (Übertragung von Ergebnissen aus anderen technischen Bereichen),
2. Ausschluss (Negativnachweis),
3. rechnerischer Nachweis (Positivnachweis),
4. Diskurs (Umfragen, politische Entscheidungen und juristische Prozesse).

Ist der Vergleich (Ziff. 1) mit anderen technischen Bereichen zielführend? Gerade in der Nukleartechnik hat man zahlreiche Risikovergleiche mit anderen Formen der Stromerzeugung durchgeführt [4]. Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, dass zumindest in Deutschland diese Vergleiche nicht oder nur in geringem Maße von der Öffentlichkeit akzeptiert wurden [10].

Die politischen Entscheidungen und öffentlichen Diskussionen wurden vielmehr von Einzelereignissen beeinflusst. Dies nennt man Design by Disaster [11]. Dieses Design by Disaster folgt dem Ausschluss (Ziff. 2). Man möchte auf Seiten der Gesetzgeber die Wiederholung bestimmter Ereignisse ausschließen. Der rechnerische Nachweis (Ziff. 3) ist prinzipiell im Bereich der Ingenieurwissenschaften das Werkzeug der Wahl, er hängt aber maßgeblich von den Rahmenbedingungen ab. Eine

Möglichkeit zur rechnerischen Bestimmung der Zielsicherheiten wäre die Anwendung des Lebensqualitätsparameters (siehe auch Fontana [5]). Die Anwendung von Lebensqualitätsparametern als Handlungsgrundlage findet sich nicht nur in den Ingenieurwissenschaften, sondern auch in der Soziologie und in der Medizin. Dort verwendet man den Begriff der Lebensqualitätsmessinstrumente. In diesem Bereich hat jedoch eine außerordentliche Diversifizierung stattgefunden. In der Medizin gibt es heute über 1500 Lebensqualitätsmessinstrumente [4]. Damit liegt eine unüberschaubare Menge an Werkzeugen vor, was dazu führt, dass Auswahl und Begründung des verwendeten Werkzeugs zum Hauptarbeitsgegenstand werden und nicht mehr die Bestimmung des eigentlichen Wertes.

Bleibt die vierte Strategie: der Diskurs (Ziff. 4). So stellt die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) [8] als Grundlage für die neue Vorschrift fest:

... sollen die Veränderungen in Gesellschaft und Politik bezüglich des akzeptierten Risikos aufgenommen und ein konsequent risikobasiertes Vorschriftenwerk geschaffen werden. ... Die risikobasierte Neukonzeptionierung der Brandschutzvorschriften ist nur möglich, wenn im Vorfeld Konsens über die Schutzziele beziehungsweise die akzeptierten Risiken besteht.

Diese Diskussion wurde in der Schweiz zumindest teilweise vorgängig geführt. Häufig werden solche Diskussionen allerdings erst nachgängig geführt (Ziff. 2). Ein Beispiel der juristischen Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen risikobasierter Normen findet sich für die Schweiz in [12]. Aber auch in Deutschland wurden zulässige Risiken, zum Beispiel durch den Hessischen Verwaltungsgerichtshof [13] diskutiert.

Die öffentliche Diskussion einer neuen Zielversagenswahrscheinlichkeit im Bauwesen wäre ergebnisoffen, würde aber nicht nachträglich, sondern vorab erfolgen.

5 Alternative: konkrete Gefahrenprognosen

So richtig und wichtig die vorstehend formulierte Anforderung an die verantwortlichen Normgeber ist, darf doch nicht verkannt werden, dass gesetzgeberische Tätigkeit allgemein und damit sehr weit über die hier gegenständliche Frage der Bauwerkssicherheit hinaus der Einhegung von Risiken dient – man denke hier nur an die teils offenbar widersinnigen Maßnahmen zur Eindämmung der Covid-19-Pandemie. Mit Ausnahme von Spezialmaterien, wie dem Atomrecht, deren Anwendung nur sehr wenigen Akteuren vorbehalten ist, gibt es bislang an keiner Stelle Vorgaben, die als im engeren Sinne risikobasiert angesehen werden könnten. Es dürfte die Gesetzgeber – und erst recht die demokratische Öffentlichkeit – schlicht überfordern, die vielen 10.000 Paragraphen der Gesetze und die noch viel zahlreicheren Regelungen der untergesetzlichen Normen des geltenden Rechts daraufhin zu überprüfen, ob sie risikobasierten Ansätzen genügen. Wissenschaftliche Erkenntnisse werden durch gesetzliche oder untergesetzliche Normen ohnehin eher träge erfasst – bei jederzeitiger Bereitschaft der Normgeber, diese Erkenntnisse aus Anlass aktueller Ereignisse ohne jede fachliche oder auch nur statistische Relevanz wieder aufzugeben.

Dem sich ergebenden Dilemma, dass der Gesetzgeber aus Gründen der Nachhaltigkeit und Ökologie den Neubau erschweren und Substanzer-

halt fördern will, aber wegen der Wissenschaftsferne der demokratischen Öffentlichkeit und damit der Gesetzgebungsprozesse einen ausreichend risikobasierten Ansatz für diese Aufgabe nicht finden oder umsetzen kann, steht die Fachöffentlichkeit aber nicht hilflos gegenüber: Jede Diskussion im öffentlichen Raum endet an der konkreten Gefahr für Leib und Leben; hier setzen die grundrechtlichen Schutzpflichten aus den Verfassungen der demokratischen Staaten ein. Akzeptiert man die juristische Definition der konkreten Gefahr als Risiko mit hinreichend hoher Eintrittswahrscheinlichkeit, können normgeberseitige Unterlassungen und Fehlleistungen durch hinreichenden Überwachungsaufwand ausgeglichen werden. Wird dadurch festgestellt, dass kritische Zustände, beispielsweise in der Bauwerkssicherheit, erreicht sind, muss das Objekt gesichert oder gegebenenfalls gesperrt (Abb. 3) oder ganz abgetragen (und möglicherweise neu errichtet) werden.

Es ist nicht zu verkennen, dass die zur Überwachung unzähliger Parameter für über 200 Millionen Bestandsbauwerke allein in Europa erforderliche technische Infrastruktur erhebliche, in ihrem Umfang kaum abschätzbare materielle Aufwände verursachen wird – allein die Verarbeitung der erforderlichen Datenmengen dürfte die vorhandenen Internetstrukturen bis hin zur Überlastung beanspruchen. Beantworten die Normgeber die oben unter Ziff. 4 gestellten Fragen nicht, verschiebt sich ihre Aufgabe daher auf die Frage, wer den alternativ erforderlichen Überwachungsaufwand zu betreiben und zu bezahlen hat. Eine vergleichbare Entwicklung ist beim Wandel zur dekarbonisierten Energieversorgung und der damit verbundenen Bereitstellung von Back-Up-Systemen zu beobachten.

6 Weiteres Vorgehen

Soweit sich die Gesetzgeber nicht für die hier in Kapitel 5. bezeichnete Alternative entscheiden, ergeben sich für die Prüfeningenieure aus den Überlegungen verschiedene Aufgaben.

1. Die Diskussion und Entscheidung, ob man eine solche öffentliche Diskussion führen möchte (Wagnis und Gewinn der Diskussion).
2. Die Erarbeitung von Vorschlägen für die Öffentlichkeit und politische Entscheidungsträger (Ermöglichung risikoinformierter Entscheidungen), wenn man eine solche Diskussion führen möchte (wie zum Beispiel [14]).
3. Aktiver Eingriff in die öffentliche und politische Diskussion über eigene Gremien und Vertreter.
4. Entwicklung und Darstellung des Bewusstseins, dass bei einer Entscheidung für ein geringeres Sicherheitsniveau die Arbeit der Prüfeningenieure anspruchsvoller, zeitaufwendiger und risikoreicher wird.

Die heute bestehenden normativen Zielwerte, wie zum Beispiel im Eurocode, sind bei Weitem nicht so abgesichert, wie es die breite Anwendung vermuten lässt.

- Die verwendeten Lebens- oder Nutzungsdauern in den Zielwerten, wie zum Beispiel 50 Jahre für Hochbauten und 100 Jahre für Brücken, stimmen in vielen Fällen nicht mit den beobachteten Lebensdauern überein.
- Die Umrechnung von Jahreszielwerten zu Lebensdauerzielwerten ist Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Diskussionen, da eine zeitliche Korrelation der Einwirkungen bisher vernachlässigt wurde (siehe zum Beispiel [15]).
- Der bauliche Bestandsschutz fordert nur, dass die Normen zum Zeitpunkt der Erstellung eingehalten werden müssen. Im Brandschutz da-

BAUWERKSSICHERHEIT

gegen erhalten Bauwerke in der Schweiz von den kantonalen Versicherern keinen Versicherungsschutz mehr, wenn die Gebäude nicht aktuelle Mindeststandards erfüllen. Dieser Versicherungsschutz ist aber obligatorisch für die Verwendung der Gebäude. Der Bestandsschutz ist auch in der Nukleartechnik ein großes Thema, weil dort die Anwendung aktueller technischer Anforderungen bei Altanlagen teilweise

nicht umsetzbar ist, sodass das Ziel der Betreiber darin besteht, Komponenten so lange wie möglich laufen zu lassen. Hier ist die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA, Wien) dem Vorschlag der Schweiz zur kontinuierlichen Verbesserung bestehender Anlagen gefolgt. Dieser Entwicklung wird sich auch das Bauwesen nicht verschließen können.



Abb. 3: Beispiel einer Brückensperrung

■ Während die Zielwerte der Versagenswahrscheinlichkeiten für Neubauten weltweit sehr homogen sind, zeigen die Zielwerte für Risikoparameter, wie Mortalitäten oder F-N-Diagramme, eine beachtliche Streuung. Nachweise mittels Risikoparameter höherer Ordnung sind also nicht sofort normativ umsetzbar (siehe auch Kapitel 5).

Unter Umständen ist die Diskussion verringerter Sicherheitsziele also unabhängig von der Frage der Nachhaltigkeit zu führen.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen der politisch angestrebten Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Nachhaltigkeit ist eine Begrenzung der Neubauaktivität in den Industriestaaten zu erwarten. Unter der Annahme, dass neuere Bauwerke sicherer als bestehende Bauwerke sind (Degradation und konzeptionelle Alterung), stellt sich die Frage, ob man die Sicherheit von Bauwerken verringern kann. Mit einer ähnlichen Fragestellung hat man sich im Brandschutz auseinandergesetzt ([5]).

Tatsächlich zeigen bestehende Bauwerke im Mittel in Form der Einsturzhäufigkeit eine größere Sicherheit als berechnet und erwartet (Versteckte Sicherheit). Erschließt man diese Reserve, können wahrscheinlich mehr Bauwerke erhalten und umgenutzt werden. Man kann diese Reserve erschließen, in dem man

- a) die geforderte Sicherheit verringert – dann erreichen die Bauwerke real unter Umständen immer noch die ursprünglich geforderte Sicherheit oder
- b) den Unterschied zwischen beobachteter und geforderter Sicherheit verringert.

Letzteres mag zu einem Umbruch in der Arbeit und Ausbildung von Bauingenieuren führen, weil die Überwachung von Bauwerken in großem Umfang Elemente des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der IT umfasst.

Eine Veränderung der Sicherheitszielwerte und der Nachweisformate, wie Risikonachweise, Lebenszykluskostenanalysen, Lebensqualitätskonzepte, beinhaltet jedoch Annahmen und Beschränkungen, die eine Akzeptanz der geringeren Sicherheit durch die Öffentlichkeit und politische Entscheidungsträger einschränken können. Aus diesem Grund muss eine solche Diskussion die politisch relevanten Gremien einschließen, wohl wissend, dass politische Faktoren einen relevanten Einfluss auf die Bauwerkssicherheit erhalten. Allerdings bildet die Annahme, dass politische Entscheidungsträger letztendlich im Sinne der Öffentlichkeit entscheiden, eine Grundlage der modernen Demokratie.

8 Literatur

- [1] Bachmann, H. (2002): Erdbebensicherung von Bauwerken, Birkhäuser Verlag, Basel, 2. Auflage
- [2] Davis-Mcdaniel C (2011): Fault-tree model for bridge collapse risk analysis. M.Sc. Thesis, Clemson University
- [3] Proske, D. (2021): Einsturzhäufigkeit von Bauwerken, Springer Verlag, Wiesbaden
- [4] Proske D (2022): Katalog der Risiken, 2. Auflage, Springer Verlag, Wiesbaden
- [5] Fontana, M. (2016): Darf eine Gesellschaft den vorbeugenden Brandschutz unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren? Eine wissenschaftlich gesicherte Antwort auf diese Frage fordert Gesetzgeber und Normenschaffende doppelt heraus, in: Der Prüflingenieur, Mai 2016, Seite 66-68
- [6] Proske, D.; Sykora, M.; Gutermann, M. (2021): Verringerung der Versagenswahrscheinlichkeit von Brücken durch experimentelle Traglastversuche, Bautechnik, Volume 98, Heft 2, Februar 2021, Seite 80-92
- [7] De Koker, N.; Vilkoen, C.; Lenner, R.; Jacobsz, S.W. (2020): Updating Structural reliability efficiently using load measurement, Structural Safety, Vol. 84, May 2020, 101939, Seiten 1-9
- [8] VKF (2019): Brandschutzexperte und Risikospezialist für das Projektteam VKF-Brandschutzvorschriften 2026 (Erarbeitung der VKF-Brandschutzvorschriften 2026), Ausschreibung der Spurguppe VKF-BSV 2026, Teil A, Allgemeine Bestimmungen
- [9] Wiedemann, P.M. (1999): Risikokommunikation: Ansätze, Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten; in: Arbeiten zur Risikokommunikation, Heft 70 Jülich, Februar 1999
- [10] Schütz, H.; Wiedemann, P.; Hennings, W.; Mertens, J.; Clauberg, M. (2003): Vergleichende Risikobewertung: Konzepte, Probleme und Anwendungsmöglichkeiten; Abschlussbericht zum BFS-Projekt StSch 4217; Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik
- [11] De Sanctis, G. (2015): Generic Risk Assessment for Fire Safety: Performance Evaluation and Optimisation of Design Provisions, ETH Zürich
- [12] Seiler, H.-J. (2000): Risikobasiertes Recht - Wieviel Sicherheit wollen wir? Verlag Stämpfli SIA 269-Reihe (2017) Erhaltung von Tragwerken, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich
- [13] Hessischer Verwaltungsgerichtshof: Urteil vom 25.3.1997: Az. 14 A 3083/89
- [14] Dimova, S.; Sousa, M.L.; Athanasopoulou, A.; Pinto, A.; Agosti, A. (2018): JRC activities in support to policies and standards for construction, 54th Meeting of CEN/TC250 CG, Brüssel, 28.2-1.3.2018
- [15] Holicky, M.; Diamantids, D.; Sykora, M. (2018): Reliability levels related to different reference periods and consequence classes; in: Beton- und Stahlbetonbau, Special Issue, Seite 22-26

Überprüfung der bauaufsichtlichen Voraussetzungen als Mittel zur Konfliktreduzierung bei Schildvortrieben

Eine frühzeitige Bestimmung der Überwachungsziele steigert die Qualität der Auskleidung von Tübbingtunneln

Maschinenvortriebe amortisieren sich im Tunnelbau am besten dann, wenn die Länge des Bauwerks, die Mindestleistung des Vortriebs und ein möglichst störungsfreier Vortrieb garantiert werden können. Die dafür notwendige Abstimmung aller technischen Abläufe und die Festlegung auf den Maschinentyp und auf das Design der Tunnelbohrmaschine müssen aber dafür um speziell auf die Belange des Maschinenvortriebes abgestimmte organisatorische, baubetriebliche und genehmigungsrechtliche Aspekte ergänzt werden. Auch empfiehlt es sich, bei Tübbingtunneln oder Maschinenvortrieben die klassische statisch-konstruktive bautechnische Prüfung und Überwachung um die Berücksichtigung maschinen-verfahrenstechnischer Einflüsse zu erweitern. Dazu gehört auch die Benennung von Einflüssen, die normalerweise nicht von den statischen Berechnungen erfasst werden (können). Zu diesem Problemkomplex hat das Büro des Autors des folgenden Beitrags eine Verfahrensweise entwickelt, die einen wesentlichen Beitrag zur Risikominimierung und damit zur Qualitätssteigerung der Tübbingauskleidung leistet. Mit diesem Konzept konnte nicht nur bei den eigenen Projekten eine deutliche Konfliktreduzierung bei Schildvortrieben erreicht werden, es hat auch Eingang in diverse spezielle Richtlinien (Ril 853 und ZTV-ING) gefunden und ihnen wichtige substanziale Impulse gegeben.



Dr.-Ing. Dieter Handke

studierte Konstruktiven Ingenieurbau an der Ruhr-Universität Bochum und war danach bei der Beton- und Monierbau GmbH als Innendienstbauleiter beim Tunnelprojekt Westtangente Bochum tätig; von 1983 bis 1988 war er am Lehrstuhl für Bauverfahrenstechnik, Baubetrieb und Tunnelbau der Ruhr-Uni Bochum als wissenschaftlicher Assistent tätig, die Promotion erfolgte 1987; 1988 wechselte er zum Ingenieurbüro IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure (Bochum), 2005 wurde er Gesellschafter, 2013 Geschäftsführer; Dieter Handke ist seit 2011 Sachverständiger des Eisenbahn-Bundesamtes für Felsbau, Tunnelbau und Micro-Tunnelbau, Beratender Ingenieur der Ingenieurkammer-Bau NRW, öbv Sachverständiger der IHK Mittleres Ruhrgebiet für Schild- und Rohrvortrieb und aktives Mitglied des Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen (DAUB).

1 Einführung

Maschinenvortriebe stellen hochkomplexe Lösungsansätze zur Herstellung von Tunnelbauwerken dar. Die hohen Investitionsausgaben für die Maschine amortisieren sich insbesondere, wenn bestimmte Bauwerkslängen und Mindestvortriebsleistungen garantiert werden können und ein qualitativ hochwertiges Bauwerk umgesetzt werden soll. Die Qualität des Bauwerks ist eng an einen störungsminimierten Vortrieb gekoppelt, was eine optimale Abstimmung der Abläufe Abbau, Ringbau und Vortrieb voraussetzt. Grundlagen hierzu werden bereits in der Planungsphase für den Maschinentyp und das Design der Tunnelbohrmaschine (TBM) gelegt. Zusätzlich zu technischen sind aber auch organisatorische, baubetriebliche und genehmigungsrechtliche Aspekte speziell auf die Belange des Maschinenvortriebes zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen. Eine effektive Vorbereitung ist unabdingbare Voraussetzung, um einen störungsminimierten Vortrieb überhaupt sicherstellen zu können.

2 Notwendigkeit und Erfordernis

Während die Spritzbetonbauweise auf mögliche Veränderungen während der Bauausführung flexibel reagieren kann, zum Beispiel durch Anpassung der Bauablauffolge und durch die Art und den Zeitpunkt der Sicherungsmittel, ist dies beim Maschinenvortrieb nur eingeschränkt möglich. Eine Erhöhung des Ausbauwiderstandes, beispielsweise durch Anpassungen des Querschnittes, des Bewehrungsgehaltes oder des Betons, sind a priori auszuschließen. Dies begründet sich in Prozessen, die vor Vortriebsbeginn notwendig sind, zum Beispiel bei der Maschinenwahl und der Fertigteileproduktion der Tübbingsegmente.

Wie vielfältige Maschinenvortriebe immer wieder dokumentieren, wird die Qualität des Bauwerkes – der Tübbingauskleidung – maßgeblich vom Bauzustand und den Einflüssen und Wirkungen bestimmt, die sich vor allem aus dem Interaktionsverhalten zwischen Baugrund und Maschine ableiten.

Die Interaktion zwischen Baugrund und Maschine findet zudem an der Schnittstelle der Verantwortlichkeiten statt, die im klassischen Sinn dem Auftraggeber den Baugrund und dem Auftragnehmer die Verfahrenstechnik zuordnet. Damit bestimmen in hohem Maß die Qualitätssicherung und die Bau- und Vortriebsüberwachung das Resultat der Bauwerksqualität.

3 Einbindung in den Prüfprozess

Neben der Einhaltung der bautechnischen Prüfaufgaben in statisch konstruktiver Hinsicht, die primär den Endzustand abbilden, bestimmen im Wesentlichen die verfahrens- und maschinentechnischen Einflüsse, die primär die Bauzustände abdecken, die Bauwerksqualität.

Aus diesen Überlegungen heraus haben wir in unserem Büro folgerichtig bei Tübbingtunneln oder Maschinenvortrieben die klassische bautechnische Prüfung (statisch-konstruktiv) um die Berücksichtigung der maschinen-verfahrenstechnischen Einflüsse ergänzt. Der maschinen-verfahrenstechnische Aspekt zielt im Wesentlichen darauf ab, die qualitätsbestimmenden Merkmale und Einflüsse des Regelvortriebes durch Forderung entsprechender Überwachungsprogramme herauszustellen, zu regeln und zu beherrschen, sowie dadurch die Schnittstelle abzudecken.

Dies beinhaltet auch die Benennung und damit Vermeidung von Einflüssen, die nicht aus dem Regelvortrieb resultieren und somit in der Regel nicht durch die statischen Berechnungen erfasst werden oder nicht erfassbar sind. Mit dieser Verfahrensweise wird ein wesentlicher Beitrag zur Risikominimierung und damit Qualitätssteigerung der Tübbingauskleidung erzielt.

Wesentliche Grundzüge dieses in unserem Büro entwickelten Konzeptes haben mittlerweile Eingang in die Ril 853 der DB Netz AG (Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten [6]) und in die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING [7]) gefunden, an deren Fortschreibung der Verfasser des vorliegenden Beitrages mitgewirkt hat. Mit diesem Konzept konnte bei den von uns betreuten Projekten ein wesentlicher Beitrag zur Konfliktreduzierung bei Schildvortrieben geleistet werden.

4 Überprüfung bauaufsichtlicher Voraussetzungen mit einer gesonderten Checkliste

Es hat sich mittlerweile zudem als überaus effektiv erwiesen, im Sinne der Erfüllung der Prüflauflagen, im Vorlauf zur jeweiligen Schildfahrt, also vor Vortriebsbeginn, eine Überprüfung der bauaufsichtlichen Voraussetzungen vorzunehmen.

Dies erfolgt zweckdienlich anhand einer gesondert aufgestellten Checkliste, nach der die Erfüllung der statisch-konstruktiven, maschinen- und verfahrenstechnischen sowie genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen vor Vortriebsbeginn nachzuweisen ist und so für weitere Projektbeteiligte Parteien nachvollziehbar festgehalten wird (Abb. 1).

Im Einzelnen werden, dabei folgende Aspekte abgefragt, die bei möglichen Defiziten, spätestens bis zum Vortriebsbeginn, auszuräumen sind:

- Organigramm mit eindeutiger Zuordnung der Verantwortlichkeiten,
- Qualifikations- und Tätigkeitsnachweise der mit dem Vortrieb befassten Personen,
- Erfüllung der Auflagen aus den Prüfberichten des Prüflingenieurs,
- Erfüllung der Auflagen des vom Auftraggeber eingeschalteten TBM-Beraters,
- Erfüllung der Anforderungen aus den mitgeltenden Regelwerken, Vorschriften und Empfehlungen (Stand der Technik),
- Erfüllung der Anforderungen aus den technischen Anforderungskatalogen der Ausschreibung,
- Nachweis der Konformität der TBM mit dem technischen Anforderungskatalog und
- Nachweis der Funktionstüchtigkeit der TBM.

Das Organigramm mit Zuordnung der Verantwortlichkeiten sollte im Sinne einer Alarmkette auch deren Handynummern enthalten, um eine Erreichbarkeit aller Beteiligten zu gewährleisten. Dies ist insbesondere für kritische Vortriebsphasen wesentlich. Ebenso sind die Schnittstellen zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber und zu den Prüfinstanzen und Gutachtern klar zu regeln.

Die Qualifikations- und Tätigkeitsnachweise sind auch auf die speziellen Projektbedingungen abzustimmen. Dies kann zum Beispiel eine erforderliche Drucklufttauglichkeitsbescheinigung bei Arbeiten unter Druckluft (Begehungszustand) sein.

Durch die vorausgegangene bautechnische Prüfung der Ausführungsunterlagen können Hinweise und Auflagen entstanden sein, die ebenso vor Vortriebsbeginn erfüllt sein müssen. Dies können zum Beispiel auch noch vorzulegende Dokumente sein. Gleiches gilt für eventuelle Auflagen des TBM-Beraters. Die Erfüllung dieser Auflagen ist unabdingbare Voraussetzung für den Vortriebsbeginn.

Zu den mitgeltenden Regelwerken, Vorschriften und Empfehlungen zählen im Wesentlichen die oben bereits erwähnten Ril 853 [6] und die ZTV-ING [7]. In beiden Regelwerken sind neben den bautechnischen Randbedingungen auch Mittel zur Konfliktminimierung beim Schildvortrieb enthalten.

Die dort geforderten Lenkungs- und Überwachungselemente wie

- Machbarkeitsstudie,
- Notfallplan,
- Störfallkatalog,
- Alarmplan,
- geotechnisches Messkonzept,
- Tunnelbauhandbuch,
- Tübbinghandbuch,
- Qualitätskontrollen,
- Pflichtenheft,
- Erläuterungsbericht Maschinenkonzept TBM
- Störfallanalyse Maschinenvortrieb
- Pflichtenheft Schildmaschine
- Schildhandbuch,
- Nachweis der Betriebs- und Funktionsfähigkeit der Vortriebseinrichtung,
- Datenkontrolle/Processcontrolling,
- Vortriebsvor- und -nachschaufen
- Qualitätssicherungsprogramme

sind als erweiterte Elemente der ganzheitlichen Beobachtungsmethode zu interpretieren [1] und insbesondere bei der Überprüfung der bauaufsichtlichen Voraussetzungen zu beachten und zu erfüllen. Die aktuell erschienene Empfehlung Konfliktarmer Bauvertrag im Untertagebau [4] des Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen (DAUB) mit Verweis auf das Diskussionspapier zur Erarbeitung konfliktarmer Bauverträge im Tunnelbau [5] liefert im Vorgriff wertvolle Hinweise.

Im Zuge der Machbarkeitsstudie (Ril 853) soll gezeigt werden, dass die zum Einsatz kommende Vortriebsmaschine unter Berücksichtigung der technischen und geotechnischen Randbedingungen geeignet ist. Im Rahmen des Störfallkataloges (Ril 853) sollen Vorschläge zur Lösungsbewältigung für mögliche besondere Vorkommnisse dargestellt werden. Das Augenmerk liegt dabei auf der Risikoprävention. Dies

TUNNELBAU

beinhaltet im Wesentlichen die Ausführung permanenter Kontrollen für alle Maschinenkomponenten und den gesamten Vortriebsprozess.

Ziel der Störfallanalyse (ZTV-ING) soll es sein, mögliche Störfallszenarien beim Schildvortrieb zu identifizieren und diese mit Maßnahmen zur Prävention im Sinne der Schadensvermeidung und bei Schadenseintritt mit Maßnahmen zur Bewältigung darzustellen. Die Risikoprävention ist primär darauf auszulegen, den jeweiligen Störfall erst gar nicht eintreten zu lassen. Hierfür sind Überwachungseinrichtungen und Kontrollfunktionen mit entsprechenden Warnfunktionen einzupla-

nen. Die möglichen Störfallszenarien sollen dabei verfahrens- und maschinentechnische sowie baugrundbedingte Störfälle abdecken. Für die möglichen Störfälle sind die Maßnahmen zur Prävention und zur Bewältigung ausführlich zu beschreiben und mit den entsprechenden, in die Steuer- und Regelkreise integrierten Überwachungseinrichtungen (Warnfunktionen) zu ergänzen.

Die Präventiv- und Korrekturmaßnahmen sind auch im Pflichtenheft, dem maschinen-technischen Anforderungsprofil für die Vortriebsmaschine, ergänzt, um die maschinentechnischen Lösungen zu berücksichtigen.

Agenda	Beschreibung	Erfüllt	
		Ja	Nein
Nr.			
1	Organigramm, Qualifikations-/Tätigkeitsnachweise, usw.		
1.1	– Organigramm der BÜ mit Darstellung der Verantwortlichkeiten und Rufnummern (Handynr.) im Sinne einer Alarmkette. Darstellung der Schnittstellen zur ARGE, zum AG und zu den Prüfinstanzen und Gutachtern	Ja	
1.2	– Personelle Ausstattung/Tätigkeitsnachweise/Qualifikationsnachweise	Ja	
2	Ril 853 – Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten		
2.1	3.1.1 Ril 853.4001 Allg. Grundsätze für Vortrieb, Sicherung und Ausbau		
2.1.1	– Für den Einsatz von TVM ist eine Machbarkeitsstudie unter Berücksichtigung der technischen Randbedingungen und der Randbedingungen aus dem Baugrund zu erstellen und zu dokumentieren. – Verpflichtung zur sachgerechten Baugrundbehandlung durch AN	Ja	
2.1.2	– Bestätigung und Beachtung der Bestimmungen des „Arbeitsschutzgesetzes“	Ja	
2.1.3	– Beim Lösen des Gebirges in quellfähigem Gestein ist darauf zu achten, dass das Gebirge möglichst wenig aufgelockert und der Zutritt von Wasser verhindert wird.	Ja	
2.2	3.1.3 Ril 853.4005 Tübbingausbau		
2.2.1	– Versetzte Längsfugen, 20 cm – Keine Eck- und Kantenberührungen – Schadloose Fugengeometrie	Ja	
2.2.2	– Betondeckung	Ja	
2.2.3	– \geq C35/45 – Größtkorn 16 mm – Rissbreitennachweis – Mindestbewehrung 0,15% – Verpressung Risse $>$ 0,3 mm	Ja	
2.2.4	– Maßhaltigkeit, Güteüberwachung der Schalformen – 2 Proberinge – Dokumentation	Ja	
2.2.5	– Herstelltoleranzen	Ja	
2.2.6	– Kennzeichnung Innenseite	Ja	
2.2.7	– Abnahmeprotokolle/Sichtkontrolle der Tübbinge	Ja	
2.2.8	– Dokumentation Vorspannung Schrauben – Nachweis „dauerhafte korrosionsgeschützte“ Schrauben	Ja	
2.2.9	– Ausreichende Kraftübertragung Ringspaltmörtel – Regularien Ausfall Förderung – Dokumentation Massenbilanz Ringspaltverpressmörtel – Eignungsversuche Einpressmaterial (Verpressung Ringspalt)	Ja	
2.2.10	– Nachweis Fugendichtung inkl. Güteüberwachung – Nachweis Vordichtungen	Ja	
2.3	3.1.4 Ril 853.6001 Baudurchführung – Bautechnische Unterlagen und Dokumentation		
2.3.1	– Geprüfte Standsicherheitsnachweise	Ja	
2.3.2	– Notfallplan (TBM) – Störfallkatalog (TBM) – Alarmplan	Ja	

Abb. 1: Beispielhafter Auszug aus einer Checkliste zur Überprüfung der bauaufsichtlichen Voraussetzung vor Vortriebsbeginn



© Wolfgang Lehmer, Österreichische Bundesbahnen (ÖBB)

DER ZWEIRÖHRIGE KORALMTUNNEL bildet den zentralen Bauabschnitt der in Bau befindlichen Eisenbahn-Hochleistungsstrecke von Graz nach Klagenfurt. Der 33 Kilometer lange Tunnel, der zu den spektakulärsten Bauwerken der Welt zählt, durchquert die Koralpe und verbindet die Steiermark mit Kärnten. Unser Foto zeigt den Durchschlag (2020) in der Nordröhre des Koralmtunnels.

Das Schildhandbuch soll das verfahrenstechnische Anforderungsprofil an die Schildfahrt mit dem dazugehörigen arbeitstechnischen Lösungskonzept in Form von Arbeitsanweisungen, auch zur Beherrschung der Störfallszenarien, enthalten.

Ziel des Schildhandbuches ist es, das gesamte Vortriebspersonal, insbesondere die Schildfahrer, zu sensibilisieren und kritische Vortriebsituationen frühzeitig zu erkennen, um diese auch sicher bewältigen zu können. Neben der Darstellung der verschiedenen Betriebszustände – Stützung mit Suspensionsdruck oder mit Druckluft –, den Angaben und Kontrollen zur Suspensionsstützung und Ringspaltverpressung sowie den Angaben zum Einbau der Tübbinge sind insbesondere auch Maßnahmen zur Bewältigung kritischer Vortriebsphasen, wie Stillstände, Beseitigen von Hindernissen in der Arbeitskammer, unplanmäßiges Ansteigen von Pressenkräften und Notfallpläne, zu beschreiben, zum Beispiel auch die Bergung von Verletzten sowie Verhaltensmaßnahmen bei Bränden. Das Schildhandbuch ist während der Ausführung weiter zu detaillieren und dem aktuellen Kenntnisstand vom Beginn bis zum Ende der Vortriebsarbeiten anzupassen und in Form gesonderter Arbeitsanweisungen aufzubereiten.

Die Notfallpläne (ZTV-ING) sind mit den entsprechenden Einsatzorganisationen einvernehmlich festzulegen. Auch hier sind Maßnahmen zur Bewältigung sämtlicher definierter Notfälle zu bestimmen und zu beschreiben. Diese Maßnahmen sind um die Angaben von Präventivmaßnahmen, Kontrollen und Überwachungen, zum Beispiel über Sensoren, zu ergänzen, die darauf abzielen, derartige Notfälle oder Störfälle bereits im Vorhinein zu vermeiden. Die Kriterien oder Indizien für ein frühzeitiges Erkennen des jeweiligen Störfalles sind unter Benennung der maschinentechnischen Umsetzung der jeweiligen Überwachungsfunktion zu definieren.

Für die Schildanfahrt sind gesonderte Arbeitsanweisungen zu erstellen, die als Vortriebsvorschau alle möglichen Störfallszenarien erfassen und durch Präventiv- und Bewältigungsmaßnahmen ergänzt sind. Im Rahmen der Risikominimierung und Störfallprävention sind wöchentliche Vortriebsvor- und -nachschaun (ZTV-ING) zu erstellen. Die Vortriebsvorschau dient dem frühzeitigen Erkennen von möglichem Gefahrenpotenzial der bevorstehenden Vortriebsmeter, zum Beispiel Störungen, Zerrüttungsbereiche, Lockergesteinszonen oder Grundwasserstandsänderungen, sowie der Sensibilisierung des Vortriebspersonals.

Dabei sind mindestens folgende Angaben mit aufzunehmen:

- Geologie,
- Überlagerungsverhältnisse,
- Grundwassersituation,
- Bebauungssituation/Objektunterfahrungen,
- Hinweise auf mögliche natürliche und künstliche Hindernisse,
- Hinweise auf Kontaminationen,
- Zusatzvorkehrungen im Hinblick beispielsweise auf fließgefährdende, verklebungs- und verschleißträchtige Baugrundsichten und
- Range der jeweiligen maschinen- und verfahrenstechnischen Steuerparameter.

Weitergehend sollten nachfolgende Auswertungen und Interpretationen berücksichtigt werden:

- Analyse der prognostizierten Geologie gemäß der geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Dokumentation, die Vorerkundung und gegebenenfalls neue Erkenntnisse aus der aktuellen Bautätigkeit,

- Maßnahmen und Festlegungen, resultierend aus stetiger Kalibrierung des Vortriebsystems über die Auswertung der Daten der bereits aufgefahrenen Strecke (Rückbezug zur Vortriebsnachschaun) und
- Festlegungen der geplanten Vortriebsparameter, wie Anpresskräfte, Drehzahl Schneidrad und Ringspaltverpressdrücke.

Die Vortriebsnachschaun bezieht sich im Umkehrschluss auf den zurückliegenden bereits aufgefahrenen Vortriebsabschnitt mit dem Ziel, die vortriebsbezogenen Besonderheiten zu lokalisieren und im Hinblick auf den weiteren Vortrieb zu analysieren und zu justieren. Hierzu sind nachfolgende Punkte zu beachten:

- Aktueller Vortriebsstand, aufgefahrener Bereich,
- Auswertung sämtlicher Vermessungsdaten,
- Auswertung der Maschinendaten im Sinne einer Analyse mit Interpretation,
- neue Erkenntnisse und Dokumentation der aufgefahrenen Gebirgsverhältnisse als Soll-Ist-Vergleich und
- Bericht über eingetretene Störfälle und deren Bewältigung.

Über die dem Risikomanagement zugrundeliegende zusammenfassende Betrachtung soll die Überwachung und Analyse der maschinentechnischen Prozessdaten wie Maschinendaten, Steuerungsparameter und Daten aus dem geotechnischen Messprogramm mit der Kontrolle des vortriebsbedingten Prozessablaufs, repräsentiert durch die Qualitätssicherungselemente Erläuterungsbericht, Maschinenkonzept, Störfallanalyse, Pflichtenheft, Schildhandbuch und Vortriebsvor- und -nachschaun nachhaltig kombiniert werden.

Mit dem Prozesscontrolling sollen die maschinen- und verfahrenstechnischen Daten in Echtzeit parallel zum Vortrieb erfasst, analysiert und interpretiert werden, mit dem Ziel, Vortriebsauffälligkeiten/Störfallszenarien frühzeitig zu erkennen um entsprechend gegensteuern zu können, um diese in ihrem Schadensausmaß zu begrenzen beziehungsweise erst gar nicht eintreten zu lassen (**Abb. 2**).

Über die gesamten Vortriebsarbeiten ist in Ergänzung zum Bautagebuch jeweils ein Vortriebs- und Ringbauprotokoll sowie ein Schichtprotokoll anzufertigen.

Im Erläuterungsbericht Maschinenkonzept TBM soll die gesamte technische Gestaltung und Ausrüstung sowie die Leistungsfähigkeit der Maschine einschließlich Nachläufer dargestellt und mit Planunterlagen ergänzt werden. Der Bericht ist im Ausführungsstadium entsprechend dem Fertigungsstand zu aktualisieren. Eine komplette Maschinenbeschreibung dient auf der Baustelle allen am Vortrieb Beteiligten als Informationsquelle mit dem Ziel der präventiven Störfallvermeidung.

Das Pflichtenheft (ZTV-ING) soll das Anforderungsprofil für die Konzeption, den Bau und den Betrieb der Schildmaschine darstellen. Dazu zählen ebenso die Maschinen- und Verfahrenstechnik einschließlich der Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen, die projektspezifisch zu wählen sind. An die letztlich zum Einsatz kommende Schildvortriebsmaschine werden zur sicheren Beherrschung der unterschiedlichen Betriebszustände Anforderungen gestellt, die in einem Anforderungsprofil an die Maschine zusammenzufassen sind. Das Anforderungsprofil setzt sich dabei unter anderem zusammen aus Anforderungen, resultierend aus dem Baugrund (Geologie und Hydrologie, zum Beispiel: Verschleiß, Verkleben), aus den äußeren Randbedingungen (zum Beispiel: Überlagerung, Oberflächensituation, Objekte, bauab-

lauftechnische und logistische Vorgaben), aus Störfallsituationen (auch zur Sicherstellung der betriebsbereiten Funktionsfähigkeit der Schildmaschine) und aus Anforderungen an den Unfallschutz beziehungsweise an die Gefahrenabwehr. In einer Stellungnahme zum An-

forderungsprofil ist als Teil des Pflichtenhefts nachzuweisen, wie und womit die Anforderungen im Einzelnen realisiert werden, mit dem Ziel, einen risikominimierten Schildvortrieb umzusetzen. Hierzu gehören, neben der Darstellung der grundsätzlichen Gestaltung und Ausstat-



Abb. 2: Beispielhafter Auszug Prozesscontrolling während des Vortriebes

TUNNELBAU

tung der Schildmaschine, die zur Schildfahrt erforderlichen baugrundbedingten Maßnahmen und die speziellen maschinentechnischen Einrichtungen zur Beherrschung aller möglichen vorhersehbaren Betriebszustände und Störfälle. Dabei sind mindestens folgende Komponenten zu berücksichtigen:

- Ortsbruststützung,
- Materialförderung,
- Vorschubeinrichtung,
- Steuerung,
- Zusatzausrüstungen (Steinbrecher, Injektionen, Vorauserkundung),
- Drucklufteinrichtungen und
- übrige maschinentechnische Ausstattung.

Mit der Konformitätsprüfung soll der Nachweis der Betriebs- und Funktionsfähigkeit der Schildmaschine zu den Anforderungen aus der Ausschreibung geführt werden. Bei Abweichungen ist grundsätzlich der Nachweis der technischen Gleichwertigkeit zu führen. Vor Aufnahme der Vortriebsarbeiten ist die Betriebs- und Funktionsfähigkeit der Vortriebsvorrichtung nachzuweisen. Das Kundenabnahmeprotokoll und der Konformitätsnachweis (Erfüllung der Ausschreibungsanforderungen) sind mit dem Nachweis der Erfüllung zu überreichen. Ergänzende Qualitätssicherungsprogramme sollen die Funktionsfähigkeit der Schildmaschine durch Definition von Überwachungs- und Wartungsintervallen der maßgebenden Maschinenkomponenten sicherstellen. Ziel ist es, mögliche Störsituationen frühzeitig zu erkennen, um Schäden oder Ausfälle von Maschinenkomponenten bereits im Vorfeld vermeiden zu können. Das Augenmerk liegt auf der vollautomatischen Kontrolle mit Vorgabe von Grenzwerten und Warnfunktionen.

Die Überwachung der Vortriebsarbeiten ist während der Bauausführung anhand von Qualitätssicherungssystemen, die als Elemente der Beobachtungsmethode zu interpretieren sind, nachzuweisen. In die Qualitätssicherungsprogramme sind mindestens folgende Kontrollen auf Funktionsfähigkeit (Überwachung, Wartung) einzelner Maschinenkomponenten einzubeziehen und durch entsprechende Steuer- und Regelprogramme zu ergänzen, die mit Warnmeldungen bei vordefinierten Grenzwertvorgaben ausgestattet sind:

- Erfassung der aktuellen vortriebsbezogenen örtlichen und geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Randbedingungen (geotechnische Dokumentation),
- Funktionsfähigkeit der Abbauwerkzeuge (Verschleiß-, Verklebungszustand),
- Funktionsfähigkeit des Hauptlagers, der Hauptlagerdichtungen einschließlich Nebendichtungen,
- Funktionsfähigkeit der Förderschnecke (EPB-Maschine),
- Sicherstellung der Stützfunktion (Füllungsgrad, Druck, Massenbilanz) einschließlich der Eigenschaften des Erdbreis bei EPB-Maschinen,
- Funktionsfähigkeit der Druckluftregelanlage,
- Funktionsfähigkeit der Vortriebspresen,
- Funktionsfähigkeit der Ringspaltverpressung (Druck, Menge) einschließlich Eigenschaften des Ringspaltverpressmörtels,
- Funktionsfähigkeit der Schildschwanzdichtung,
- Funktionsfähigkeit der Dichtungssysteme,
- Funktionsfähigkeit des Erektors,
- Funktionsfähigkeit des Hydrauliksystems,
- Funktionsfähigkeit des Nachläufers,
- Funktionsfähigkeit der Schildsteuerung und Vortriebsvermessung,

- Funktionsfähigkeit der Datenerfassung einschließlich Auswertung und Weiterleitung,
- Funktionsfähigkeit der Überwachungs- und Kontrolleinrichtungen einschließlich Warneinrichtungen und
- Funktionsfähigkeit eventueller Einrichtungen zur Baugrundertüchtigung und Vorauserkundung.

Ziel dieser Qualitätssicherungsprogramme ist es, mögliche Störungen beziehungsweise Fehlfunktionen frühzeitig zu erkennen und zu beheben, um Schäden oder Ausfälle von Maschinenkomponenten bereits im Vorfeld vermeiden zu können.

Das Tunnelbauhandbuch (ZTV-ING) dient als Leitfaden zur sicheren Ausführung der Tunnelbaumaßnahme. Dabei sind mindestens folgende Punkte zu behandeln:

- Baustellenorganisation,
- Baustelleneinrichtung,
- Baustellennormalbetrieb,
- Baustellensonderbetrieb,
- Arbeits- und Betriebssicherheit,
- Sicherheitskonzept einschließlich Warneinrichtungen,
- Qualitätssicherungsprogramme,
- Vortriebsplan und
- Notfallplan.

Bestandteil des Tunnelbauhandbuches ist auch der Vortriebsplan als Mittel der Qualitätskontrolle (ZTV-ING). Der Vortriebsplan muss dabei wesentliche Arbeitsvorgänge und Arbeitsabläufe enthalten, wozu folgende zählen:

- Prognostizierte Geologie,
- Vortriebsleistung,
- mögliche Bereiche für Inspektionseinstiege,
- mögliche Bereiche für Werkzeugwechsel,
- Stützungsmaßnahmen an der Ortsbrust, erforderliche Stützdrücke für die Standsicherheit der Ortsbrust im Betriebszustand,
- Standsicherheit der Ortsbrust bei Arbeiten in der Arbeits- und Abkammer,
- Ringspaltverpressdruck,
- Volumenabschätzung der abgebauten Materialien und
- maschinentechnisches Wartungsprogramm sowie Vortriebsvorschau.

Ein weiteres Qualitätssicherungselement ist das Tübbinghandbuch (ZTV-ING). Es sind nachfolgende Punkte im Tübbinghandbuch detailliert zu beschreiben.

- Allgemeine Beschreibung der Organisation und der Fertigungsanlage,
- Ablaufbeschreibung der Tübbingfertigung, der Tübbingausrüstung und -lagerung,
- Auflistung der verwendeten Materialien und Stoffe mit Bezeichnung und Lieferantenangabe,
- Betonherstellung mit Rezeptur, Eignungsprüfung, Eigenüberwachung und Dokumentation,
- Bewehrungskorbherstellung, -einbau mit Gewährleistung und Überprüfung der Betondeckung,
- Fertigungskontrollen mit Grundvermessung der Schalung, der Tübbinge, Schalungskontrolle und Dokumentation vor jedem Betoniergang,
- Nacharbeiten, Kennzeichnung und Ausrüstung der Tübbinge und

- Beschreibung von Schäden und Mängeln einschließlich Vorschlägen für deren Beseitigung.

In einem detailliert ausgearbeiteten QM-Handbuch (Ril 853) geht es insbesondere um die Tübbingauskleidung, damit im Endzustand ein qualitätsgesichertes Bauwerk gewährleistet werden kann. Dabei ist mindestens auf folgende Themen einzugehen:

- Allgemeine Angaben (Fertigteilwerk, Zuständigkeiten, Qualifikationen),
- Schalung,
- Kennzeichnung und Rückverfolgung,
- Beton,
- Betonstahlverarbeitung,
- Produktion und deren Überwachung,
- Vermessung,
- Transport und Lagerung und
- Aufzeichnung über die Einhaltung gleichbleibender Produktionsbedingungen sowie Qualitätsanforderungen gemäß Qualitätshandbuch.

5 Zusammenfassung

Unsere Erfahrungen spiegeln wider, dass durch eine frühzeitige, vor Vortriebsbeginn stattfindende Überprüfung der bauaufsichtlichen Voraussetzungen und somit durch ein frühzeitiges Definieren der Instrumente zur Qualitätssicherung und Überwachung, insbesondere in Bezug zum Interaktionsverhalten zwischen Baugrund und Maschine, wie sie mittlerweile auch in die aktuellen Regelwerke, wie zum Beispiel in die Ril 853 und die ZTV-ING Eingang gefunden haben, ein wesentli-

cher Beitrag zur präventiven Konfliktreduzierung geleistet werden kann, die zu einer Qualitätssteigerung des Endproduktes der Tübbingauskleidung beiträgt. Das Konzept und die Strategie, die in unserem Büro entwickelt worden sind, sowie die damit in der Praxis gewonnenen Erfahrungen bestätigen dies.

6 Literatur

- [1] Handke, D.: Anwendung der ganzheitlichen Beobachtungsmethode bei Schildvortrieben als Mittel zur präventiven Streitvermeidung und Konfliktreduzierung bei Störsituationen; Geomechanics and Tunneling 7 (2014), Nr. 4, S. 362-379
- [2] Handke, D.: Hochpräzise Tübbinge: Voraussetzung für ein qualitativ hochwertiges Tunnelbauwerk in einschaliger Bauweise; Tunnel (2012), Nr. 8, S. 1-12
- [3] Handke, D.: Bauverfahrenstechnische Prozessabhängigkeiten als Steuerungselemente zur Risikominimierung bei der Realisierung von Schildprojekten – Vorstellung einer Risikominimierung bei der Realisierung von Schildprojekten – Vorstellung einer Risikostrategie auf Basis baupraktischer Erfahrungen; Tunnelbautaschenbuch 2006, S. 189-220
- [4] DAUB: Empfehlung Konfliktarmer Bauvertrag im Untertagebau, 2020
- [5] Diskussionspapier zur Erarbeitung konfliktarmer Bauverträge im Tunnelbau; DAUB 2015
- [6] Richtlinie 853, Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten; Aktualisierung 9, 01.09.2018, DB Netz AG
- [7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, ZTV-ING, Teil 5 Tunnelbau, 2018/01; Bundesanstalt für Straßenwesen

Urbaner Holzbau in Hamburg – wie viel Gewicht sollte die Baugesetzgebung der Feuersicherheit beimessen?

Für dicht besiedelte Stadträume müssen die alten Prinzipien der Gefahrenvorbeugung und -abwehr neu gedacht werden

Die Renaissance des Holzbaus stellt die gewohnten, bewährten und seit Jahrhunderten gewachsenen und tradierten Brandschutzvorkehrungen auf den Prüfstand. Mittlerweile werden dabei nicht nur Fragen nach der Wirtschaftlichkeit vorbeugender Brandschutzmaßnahmen im Verhältnis zum Risiko eines Brandes für Leib und Leben geführt, sondern auch die Entwicklung innovativer Konzepte für neue, risikobasierte Brandschutzvorschriften vorgeschlagen, die gleichwohl alle sicherheitstechnischen und Gefahren abwehrenden Erfordernisse des vorbeugenden Brandschutzes für den Holzbau erfüllen. Anstatt also die alten Bauvorschriften einfach nur neuen Bedürfnissen anzupassen, sollte man eine wissenschaftlich substantiierte Basis für zukunftsgemäße Brandschutzvorschriften entwickeln und solche dann zielgerichtet einsetzen. Darauf laufen jedenfalls die Überlegungen hinaus, die im nachfolgenden Beitrag mit dem theoretischen und einsatzpraktischen Erfahrungsfundus brandschutztechnischer Realität gemacht und zu verwertbaren Vorschlägen geführt werden. Sie werden aus der langen und leidvollen Geschichte der jahrhundertealten Entfaltung der Regeln und Vorschriften des Brandschutzes in Hamburg geschlussfolgert, einer Stadt, die sich ganz allmählich aber deutlich von einer steinernen zu einer immer mehr hölzernen Stadt weiterentwickelt.



Dipl.-Ing. (FH) Alexander Wellisch

ist gelernter Zimmermann, studierter Architekt und Beamter des höheren feuerwehrtechnischen Dienstes; er war von 2004 bis 2009 Brandschutzgutachter in der Privatwirtschaft und danach mehrere Jahre lang im Einsatzdienst der Berufsfeuerwehren in Bremen und Hamburg; heute ist er Fachreferent für vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz sowie im Einsatzführungsdienst der Feuerwehr Hamburg; Alexander Wellisch ist in der ARGEBAU, im DIN, in der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes und in Fachgremien der Freien und Hansestadt Hamburg sowie der Hamburgischen Architektenkammer aktiv an der Entwicklung und Fortschreibung brandschutztechnischer Regelungen beteiligt.

1 Einführung: Stadtentwicklung im Lichte der Feuersicherheit

Die Freie und Hansestadt Hamburg zählt zu den prosperierenden Städten in Deutschland und ist für ihre hohe Lebensqualität bekannt. Das vielfach gelobte Antlitz der Stadt weist zahlreiche Spuren der Geschichte auf, die zu einer einzigartigen Prägung führten. Der Stadtbrand des Jahres 1842, der Bau der 1888 eröffneten Speicherstadt und die Sanierung der Arbeiterquartiere infolge der Choleraepidemie von 1892 können als markante Beispiele genannt werden. Die stetige Transformation wurde auch im 20. Jahrhundert fortgesetzt, bis hin zur Konversion eines ehemaligen Hafengebietes zur *Europäischen Stadt des 21. Jahrhunderts* – der HafenCity [1].

Seit dem Brand von 1842 begleitet ein Prinzip prägend die Stadtentwicklung: Der Baustoff Holz ist zu meiden. Heute sehen wir das Bild einer steinernen Stadt, die unter anderem durch ihre Backsteinarchitektur charakterisiert ist.

Um den planerischen Herausforderungen einer sich in stetiger Transformation befindlichen Metropole gerecht werden zu können, wurde 1914 eine Abteilung für Städtebau gegründet und unter die Leitung des renommierten Architekten Fritz Schumacher gestellt. Der Baudirektor gilt unter anderem als Förderer der neuzeitlichen Backsteinbauweise in Hamburg. Schumacher entwickelte den sogenannten Federplan, der ab 1920 ein erstes Leitbild der Siedlungsentwicklung in Hamburg darstellt. Ein Bestandteil dieses Modells ist eine von innen nach außen abgestufte bauliche Dichte, die bis heute angestrebt wird.

Das Stadtentwicklungskonzept von 1996 formulierte strukturelle Zielsetzungen, die auf den von Schumacher beschriebenen Siedlungs- und Landschaftsachsen aufbauten. Zudem wurde die Priorisierung der Innenentwicklung vor der Außenentwicklung sowie die stärkere räumliche Verflechtung von Wohnen und Arbeiten in den Fokus gestellt. Die Weiterentwicklung der *Grünen Metropole* wurde als Ziel formuliert. Eine Konzentration auf die Mitte der Stadt, den Bereich der Elbe, war Mitte der 1990er Jahre noch kein Thema. Erst mit dem Entschluss zur Entwicklung der HafenCity (1997) erfolgte die heutige Fokussierung auf den Elberaum, die mit dem Sprung über die Elbe weiter an Bedeutung gewinnt. Die Stadtentwicklung folgte ab 2007 der Devise *Wachsende Stadt – Grüne Metropole am Wasser* [2].

Einhundert Jahre nach der Gründung einer städtebaulichen Abteilung wurde von der Stadtentwicklungsbehörde das Leitbild *Grüne, gerechte, wachsende Stadt am Wasser* formuliert [3]. Aus heutiger Perspektive wäre auch das Adjektiv *hölzern* passend, da der Hamburger Senat 2017 ein beachtenswertes Programm zur Holzbauförderung aufgelegt hat [4], [5]. Ziel dieses Programmes ist es, die Errichtung von Holzgebäuden im urbanen Maßstab zu unterstützen. Dieses Programm stellt einen Bruch mit dem 1842 postulierten Grundsatz der Meidung des Baustoffes Holz



Abb. 1: Kostengünstiges Bauen kann auch in Holz realisiert werden, wie hier in Hamburgs Stadtteil Neugraben-Fischbek, wo diese Mehrfamilienhäuser in Holzmassivbauweise errichtet worden sind, die eine Netto-Kaltmiete von acht Euro pro Quadratmeter ermöglichen (Bauherr: Helvetia Schweizerische Versicherungsgesellschaft, Architekt: Limbrock Tubbesing (Hamburg)).

innerhalb der Stadt Hamburg dar. Die rechtlichen Voraussetzungen für den urbanen Holzbau wurden durch die Novellierung der Hamburgischen Bauordnung im Jahr 2018 geschaffen. Hamburg hat sich dabei zum Ziel gesetzt, innovatives Bauen mit Holz zu ermöglichen [6].

Insbesondere in der östlichen HafenCity entstehen mittlerweile einflussreiche Holzbauten im urbanen Maßstab. Gegenüber der HafenCity wird derzeit Hamburgs 106. Stadtteil Grasbrook geplant. Den städtebaulichen Wettbewerb konnten die Architekten Herzog & de Meuron Basel Ltd. und Vogt Landschaftsarchitekten AG (Zürich) für sich entscheiden [7]. In den nächsten Jahren sollen dort rund 3000 Wohnungen gebaut werden. Professor Jürgen Bruns-Berentelg, der langjährige Geschäftsführer der HafenCity Hamburg GmbH, die den neuen Stadtteil entwickelt, hat die Vision formuliert, ein ganzes Quartier aus Holz entstehen zu lassen [8].

Auch in Bezug auf kostengünstiges Bauen wird in Hamburg auf Holzbauten gesetzt. Im Stadtteil Neugraben-Fischbek sind Mehrfamilienhäuser in Holzmassivbauweise errichtet worden (Abb. 1), die eine Netto-Kaltmiete von acht Euro pro Quadratmeter ermöglichen sollen [9]. Selbst Hochhäuser in Holzbauweise sind kein Tabu, wie das derzeit im Bau befindliche *Roots* (Abb. 2) zeigt [10]. Unmittelbar neben dem *Roots* soll mit dem Bauvorhaben *Moringa* (Abb. 3) ein weiteres Holzhochhaus entstehen, für das zudem eine umfangreiche Fassadenbegrünung geplant ist [11]. Die Aufzählung urbaner Holzbauten, die derzeit in Hamburg geplant beziehungsweise gebaut werden, ließe sich noch fortsetzen.

Welche Herausforderungen müssen von Seiten der Feuerwehr berücksichtigt werden? Auf welche Erkenntnisse stützt man sich? Hierauf wird im folgenden Text eingegangen.

2 Gesetzliche Grundlagen im Laufe der Jahrhunderte

Der Stadtbrand von 1842, der zwischen dem 5. und dem 8. Mai eine Fläche von rund 320 Hektar einäscherte und damit etwa ein Drittel der Stadt zerstörte, kann als initiales Ereignis für das weitgehende Verbot des Baustoffes Holz betrachtet werden. Heinrich Heine, ein Zeitgenosse des Ereignisses, sprach eine poetische Empfehlung aus [12]:

*Baut eure Häuser wieder auf
Und trocknet eure Pfützen,
Und schafft euch beßre Gesetze an
Und beßre Feuerspritzen.*

Damals wurde erkannt, dass sich ein Ereignis dieses Ausmaßes nur vermeiden lässt, wenn der vorbeugende Brandschutz (*beßre Gesetze*) und der abwehrende Brandschutz (*beßre Feuerspritzen*) ein effizientes Ganzes bilden. Rat und Bürgerschaft setzten infolge dieser Brandkatastrophe eine Deputation ein, welche die Wiederaufbauplanung, die Verbesserung der sogenannten Lösch-Anstalten, die Ausarbeitung allgemeiner Bauvorschriften sowie die Entwicklung dezidierter Lagervorschriften für feuergefährliche Waren zum Auftrag hatte [13, Seiten 22 bis 26].

BRANDSCHUTZ

Um den Wiederaufbau der zerstörten Stadtteile nicht zu verzögern, wurde bereits am 16. Juni 1842 eine bau- und feuerpolizeiliche Verordnung erlassen. Die Verordnung ist von dem Gedanken geprägt, die Verwendung des Baustoffes Holz zu reglementieren, wie der folgende Auszug verdeutlicht [14, Seite 75]:

Sämtliche neu zu erbauende, ein Grundstück ausmachende Gebäude jeder Art sind nach allen Seiten mit massiven Umfassungs-Mauern von mindestens 15 Zoll Dicke zu versehen. (...) Hervortretendes Holzwerk zu Gesimsen oder zu welchem Zweck es sonst seyn mag, oder gar Bretterverkleidung, darf an keiner Façade irgend eines Gebäudes, möge dieselbe Gassen- oder Canalwärts, oder gegen die eignen Höfe gekehrt liegen noch an irgend einer äußeren Wand hinführo mehr angebracht werden. Auch freystehende Krähne und Winden dürfen nicht mehr von Holz errichtet werden. Die Anlegung hölzerner Dachrinnen ist gänzlich untersagt.

Diese Bauvorschriften besaßen lediglich für die vom Brand zerstörten Stadtteile Gültigkeit. Umfassende Einschränkungen der Verwendung des Baustoffes Holz, die für das gesamte Stadtgebiet maßgebend waren, erfolgten am 3. Juli 1865 mit der Einführung eines Baupolizeigesetzes. Inhaltlich wurde die unmittelbar nach dem Brand festgesetzte Linie beibehalten, wie folgender Auszug belegt [15]:

§ 18: Die Umfassungsmauern aller Gebäude müssen massiv in einer Stärke ausgeführt werden, wie dieselbe zur Solidität des Bauwerks erforderlich ist. Ausnahmen vom Massivbau sind nur in folgenden Fällen zulässig: 1. Kleine Nebengebäude, deren Höhe bis zum Dachfirst 20 Fuß von dem dieselben umgebenden Terrain nicht übersteigt, können von Ständer- und Mauerwerk ausgeführt werden. (...)

§ 27: Die Dachrinnen müssen von Metall, Stein, oder einem anderen nicht feuergefährlichen Material angelegt werden. (...)

§ 33: Hervortretendes Holzwerk, als Treppen, Gesimse, oder zu welchem Zwecke es sonst sein mag, desgleichen Bretter-Verkleidung, darf an keiner Façade irgend eines Gebäudes, möge dieselbe Gassen oder Canalwärts oder gegen die eigenen Höfe gekehrt liegen, noch an irgend einer äußeren Wand angebracht werden. (...) Auch Krähne und Winden (selbst die freistehenden) sowie die Bedachungen der Marquisen u. dgl. sollen nicht mehr von Holz oder anderem brennbaren Material angefertigt werden.

Im Inneren von Gebäuden waren Fachwerkwände und Holzbalkendecken zulässig, was neben ökonomischen Gründen auch dem damaligen Stand der Technik geschuldet sein dürfte. Dieser Regelungskanon wurde in den folgenden Jahrzehnten in den entsprechenden Gesetzen fortgeführt [16], [17]. Mit dem Baupolizeigesetz (BPG) vom 8. Juni 1938 [18], das in der Nachkriegszeit erneut bekanntgemacht und erst durch die Hamburger Bauordnung vom 10. Dezember 1969 abgelöst wurde, erfolgte eine weitergehende Beschränkung der Verwendung des Baustoffes Holz. Erleichterungen galten lediglich für die Errichtung niedriger Wohngebäude. Zudem wurden im BPG die Vorbehalte gegenüber Holzgebäuden verdeutlicht [18]:

§ 19 Abs. 4 BPG: Belastete Innenwände sind feuerbeständig auszuführen; in Wohngebäuden bis zu zwei Vollgeschossen ist jedoch ausgemauertes Fachwerk mit beiderseitigem Verputz zulässig. (...)

§ 31 Abs. 11 BPG: Für Holzhäuser, das sind Gebäude, deren Außenwände in Fachwerk mit hölzerner Verschalung oder in Blockbauweise hergestellt sind, gelten folgende Sonderbestimmungen: a) Sie dürfen in der Regel nur im Außengebiet (...) hergestellt werden. b) Sie dürfen nicht mehr als zwei Vollgeschosse und nicht mehr als zwei Wohnungen enthalten. c) Die einzelnen Wohngebäude müssen frei stehen, von den Nachbargrenzen mindestens 5 m und von gleichartigen Gebäuden mindestens 10 m entfernt sein (...).



Foto: Garbe Immobilien-Projekte/Störmer Murphy and Partners

Abb. 2: Hochhäuser in Holzbauweise sind schon lange kein Tabu mehr, wie auch dieses derzeit in Hamburgs HafenCity im Bau befindliche Hochhaus („Roots“) mit seinem angrenzendem Riegelgebäude in Massivholzbauweise mit überwiegender Wohnnutzung beweist (Bauherr: Garbe Immobilien-Projekte GmbH, Architekten: Störmer Murphy and Partners (Hamburg)).



Foto: kadawittfeldarchitektur/Moringa GmbH by Landmarken

Abb. 3: Unmittelbar neben dem „Roots“-Hochhaus soll mit diesem Bauvorhaben („Moringa“) ein weiteres Holzhochhaus mit ebenfalls angrenzendem Riegelgebäude in Massivholzbauweise mit überwiegender Wohnnutzung entstehen, für das zudem eine umfangreiche Fassadenbegrünung geplant ist (Bauherr: Moringa GmbH, Architekten kadawittfeldarchitektur).

BRANDSCHUTZ

§ 31 Abs. 12 BPG: Die vorstehenden Bestimmungen für Wohnhäuser mit hölzernen Umfassungswänden gelten sinngemäß auch für andere Wohngebäude, deren Außenwände einen ebenso geringen Feuer-schutz bieten.

Bei der Errichtung von Gebäuden war ab dem 20. August 1943 zudem die Verordnung zur Hebung der baulichen Feuersicherheit zu berücksichtigen, die weitere Verschärfungen in Bezug auf die Verwendung des Baustoffes Holz enthielt [19]:

§ 1 Abs. 1: Gebäude sollen soweit aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt werden, wie dies aus Gründen ihrer Zweckbestimmung, der Bauwirtschaft und der Baugestaltung möglich ist. (...)

§ 2 Abs. 1: In Gebäuden mit Umfassungswänden aus nichtbrennbaren Baustoffen sind die Decken über dem Keller und über dem jeweiligen Vollgeschoss aus nichtbrennbaren Baustoffen (Massivdecken) herzustellen a) bei drei oder mehr Vollgeschossen, b) bei zwei Vollgeschossen und einer Gebäudegrundfläche von mehr als 500 m². Die Massivdecken über dem obersten Vollgeschoss müssen feuerbeständig und möglichst wasserundurchlässig sein. (...)

§ 5: In Gebäuden die unter § 2 Abs. (1) fallen, sind Treppenhäuser, Fahrstuhlschächte und alle anderen Räume, soweit sie von unten her in das Dachgeschoss oder den freien Dachraum hineinragen, mit feuerbeständigen Wänden zu umschließen und einschließlich ihrer Dach-schrägen mit feuerbeständigen Decken zu versehen.

Die Verordnung zur Hebung der baulichen Feuersicherheit, die im Kontext des Luftkrieges gesehen werden muss, galt bis zum Inkrafttreten der Hamburgischen Bauordnung von 1969.

Mit dem Begriff *feuerbeständig* war spätestens mit der Veröffentlichung der DIN 4102 im August 1934 [20] die Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe verknüpft, was bis zum heutigen Tage gilt. Interessant ist hierbei, dass zwar grundsätzlich Massivdecken gefordert waren, jedoch lediglich die Decke des obersten Vollgeschosses feuerbeständig ausgeführt werden musste.

Mit Inkrafttreten der Hamburgischen Bauordnung 1969, die am 22. Dezember dieses Jahres vom Senat der Freien und Hansestadt Hamburg im Gesetz- und Verordnungsblatt verkündet worden ist und die auch auf den Bestimmungen der Musterbauordnung der Länder von 1960 basierte, ging eine weitere Verschärfung einher [21]:

§ 29 Abs. 1 HBauO: Tragende Wände (belastete und aussteifende Wände) und ihre Unterstützungen sind, soweit die Bauordnung oder die auf sie gestützten Rechtsverordnungen nicht anderes bestimmen, so herzustellen, dass sie feuerbeständig sind. Bei eingeschossigen Gebäuden können Ausnahmen zugelassen werden, wenn wegen des Brandschutzes keine Bedenken bestehen.

§ 29 Abs. 2 HBauO: Bei Wohngebäuden bis zu zwei Vollgeschossen können tragende Wände in feuerhemmender Bauart oder als ausgemauertes oder mit Lehm ausgefachtes Holzfachwerk zugelassen werden, wenn wegen des Brandschutzes keine Bedenken bestehen.

Selbst bei eingeschossigen Gebäuden, beziehungsweise bei zweigeschossigen Wohngebäuden, lag es im Ermessen der zuständigen Behörde, feuerbeständige Anforderungen zu stellen oder die Verwendung von Holzfachwerk auszuschließen. Paragraph 34 der Hamburgischen Bauordnung von 1969 enthielt für Geschossdecken differenziertere Festlegungen als bei tragenden Wänden. Unterschieden wurde zwischen

1. Decken in feuerbeständiger Bauart mit tragenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen,
2. Decken in feuerhemmender Bauart mit tragenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen und
3. Decken in feuerhemmender Bauart.

Decken in feuerhemmender Bauart ohne Anforderungen an das Brandverhalten der tragenden Teile waren lediglich in Gebäuden mit maximal zwei Vollgeschossen zulässig [20]. Die Kontinuität der Regelungen des Baupolizeigesetzes von 1938 und der Verordnung zur Hebung der baulichen Feuersicherheit traten hier deutlich zutage. In der Hamburgischen Bauordnung von 1969 wurde zudem hervorgehoben, dass Holzkonstruktionen lediglich bei Einfamilien- oder Doppelhäusern als vertretbar angesehen werden [21]:

§ 29 Abs. 3 HBauO: Bei Einzel- und Doppelwohngebäuden bis zu zwei Vollgeschossen können tragende Wände aus Holz oder anderen brennbaren Baustoffen oder aus hölzernen oder anderen brennbaren Traggerippen mit ein oder beiderseitiger Verkleidung ohne volle massive Ausfachung (Holzhäuser) zugelassen werden, wenn 1. nicht mehr als zwei Wohnungen – und keine Wohnung ausschließlich im Obergeschoss – vorgesehen werden, (...) 3. das Gebäude mindestens 5 m von den Grundstücksgrenzen und mindestens 10 m von bestehenden Gebäuden oder nach den baurechtlichen Vorschriften zulässigen künftigen Gebäuden entfernt errichtet wird.

Abermals ist die Kontinuität in den Regelungen des Baupolizeigesetzes von 1938 unverkennbar, wobei durch die Beschränkung *keine Wohnung ausschließlich im Obergeschoss* der Anwendungsbereich des Baustoffes Holz weiter eingeschränkt wurde.

Mit der Hamburgischen Bauordnung von 1986 wurden zwei Gebäudekategorien eingeführt, welche die bisherige Differenzierung nach der Anzahl der Vollgeschosse ablöst [22]:

1. Gebäude geringer Höhe, bei denen der Fußboden des obersten Geschosses nicht höher als 7 m liegt,
2. Gebäude mittlerer Höhe, bei denen der Fußboden des obersten Geschosses höher als 7 m und nicht höher als 22 m liegt.

Für Gebäude mit einer Fußbodenhöhe von mehr als 22 m galten, damals wie heute, gesonderte Regelungen für Hochhäuser.

Für die Betrachtung des Brandschutzes im urbanen Raum ist die Kategorie Gebäude mittlerer Höhe relevant, da die lokale Stadtentwicklung seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert auf Gebäude mit drei bis sieben Obergeschossen fokussiert ist. Bei den bauaufsichtlich vorgeschriebenen Raumhöhen in Verbindung mit der bauzeitlichen Konstruktionshöhe von Geschossdecken, können hier Fußbodenhöhen von mehr als sieben Meter vorausgesetzt werden.

Die tragenden Wände und Decken von Gebäuden mittlerer Höhe mussten nach damaligem Recht feuerbeständige Eigenschaften erfüllen. Damit war die Verwendung des Baustoffes Holz für Bauten im urbanen Maßstab weiterhin ausgeschlossen. Mit Paragraph 27 der Hamburgischen Bauordnung wurden die Anforderungen für Außenwandbekleidungen gegenüber früheren Standards gemindert. Dies kann mit der Wärmeschutzverordnung von 1977 in Verbindung gebracht werden, die als Konsequenz des 1976 vom Bundestag beschlossenen Energieeinsparungsgesetzes beziehungsweise der Ölpreiskrise von 1973 erlassen worden ist [22]:

§ 27 Abs. 4 HBauO: Äußere Oberflächen von Außenwänden oder deren Verkleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen müssen aus mindestens schwerentflammaren Baustoffen bestehen; Unterkonstruktionen können aus normalentflammaren Baustoffen zugelassen werden, wenn wegen des Brandschutzes keine Bedenken bestehen.

Die Regelungen der Hamburgischen Bauordnung von 1986 entsprechen damit dem heutigen Standard für die Gebäudeklassen 4 und 5, wobei die Verwendung von Holz letztlich auf Unterkonstruktionen beschränkt bleibt. Der Begriff *schwerentflammbar* ist seit 1940 mit der Anforderung verbunden, dass der betreffende Baustoff nicht nachglimmt [23]. Diese Anforderung wurde bereits 1934, damals unter der Bezeichnung *schwer brennbar*, definiert [20] und schließt naturgemäß die Verwendung von Holz als Außenwandbekleidung aus.

Mit der Hamburgischen Bauordnung von 2005 werden, entsprechend der Musterbauordnung der Länder, fünf Gebäudeklassen eingeführt. Hierdurch ist eine weitere Differenzierung der Gebäudeanforderungen möglich. Gleichzeitig erfolgte die Übernahme der Klassifizierung *hochfeuerhemmend* in das Bauordnungsrecht. Damit wurde in Hamburg, wie auch in anderen Bundesländern, die Möglichkeit eröffnet, tragende und aussteifende Bauteile in Gebäuden der Gebäudeklasse 4 in Holz zu errichten. Entsprechend der gemeinhin bekannten Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (HFHHolzR) musste jedoch eine allseitig angeordneten Brandschutzbekleidung angebracht werden.

Die Internationale Bauausstellung (IBA Hamburg, 2006 bis 2013) lieferte neue Impulse, die den urbanen Holzbau wieder diskussionsfähig machten. 2018 erfolgte mit der Novellierung der Hamburgischen Bauordnung eine Öffnung der Gebäudeklasse 5 für den Holzbau, unter folgenden Einschränkungen [24]:

§ 24 Abs. 3 HBauO: Bei Gebäuden mit einer Höhe nach § 2 Absatz 3 Satz 2 von bis zu 22 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200 m² und Brandabschnitten von nicht mehr als 800 m² pro Geschoss sind abweichend von Absatz 2 Satz 3 tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, in Massivholzbauweise zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen wird.

Die Regelungen der Hamburgischen Bauordnung werden durch den *Bauprüfdienst Massivholzbau* [15] ergänzt, der Planungs- und Ausführungshinweise enthält. Er beinhaltet unter anderem die Festlegung, sichtbare Holzoberflächen konstruktiver Bauteile auf Decken oder Wände zu beschränken. Sollen Holzwände sichtbar belassen werden, ist deren Anteil pro Raum auf 25 Prozent der Wandoberfläche zu begrenzen.

Bauprüfdienste (BPD) sind Arbeitsmittel, mit denen die Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen den Bauprüfteilungen Empfehlungen und Erläuterungen zur Anwendung der jeweiligen Rechtsvorschriften gibt. Eine bindende Wirkung kommt ihnen nicht zu, weder verwaltungsintern noch für die am Bau Beteiligten [16].

Mit Veröffentlichung der Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL) 2020 [25] steht ein weiteres Dokument zur Verfügung, das mit Einführung der aktuellen Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) voraussichtlich auch in Hamburg Gültigkeit erlangen wird. Die MHolzBauRL stimmt in wesentlichen Regelungen mit

dem in Hamburg etablierten Bauprüfdienst Massivholzbau aus dem Jahr 2018 überein, wodurch in Bezug auf funktionale Brandschutzanforderungen keine wesentlichen Änderungen zu erwarten sind.

3 Urbaner Holzbau aus der Sicht des abwehrenden Brandschutzes

Aus der Perspektive des Autors sind für eine objektive Bewertung des urbanen Holzbaus zunächst dessen Rahmenbedingungen zu betrachten. Unter urbanem Holzbau wird die Realisierung von Gebäuden in Holzbauweise im hochverdichteten Stadtraum verstanden [26]. Hierbei handelt es sich regelmäßig um eine bestehende Struktur, die im Rahmen von Aufstockungen und Lückenschließungen entwickelt werden soll. Das unmittelbare Umfeld der Holzbauten kann hier meist nicht beeinflusst werden, im Gegensatz zu neu entwickelten Quartieren.

Der hochverdichtete Stadtraum ist unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass die Erreichbarkeit der Gebäude zur Brandbekämpfung eingeschränkt ist, beispielsweise aufgrund der Gebäudehöhen oder der Erschließungssituation des jeweiligen Grundstücks. Sofern der bauaufsichtlich geforderte zweite Rettungsweg nicht über Rettungsgeräte der Feuerwehr nachgewiesen worden ist, kann lediglich die Erreichbarkeit der Gebäudevorderseiten über Zu- oder Durchgänge vorausgesetzt werden (§ 5 Abs. 1 HBauO [24]). Dies ist regelmäßig bei Gebäuden der Fall, die mit Sicherheitstreppe ausgerüstet sind, was in Hamburg auch bei Wohngebäuden unterhalb der Hochhausgrenze verbreitet ist [27]. Auch bei Objekten, deren Baugenehmigung vor dem 1. Januar 1970 erteilt worden ist, kann in Hamburg ein zweiter Rettungsweg nicht vorausgesetzt werden, da bis zu diesem Zeitpunkt keine entsprechende Vorschrift bestand [18], [21].

Erst ab einer Distanz zu einem öffentlichen Weg von mehr als 50 Meter sind Zu- oder Durchfahrten sowie Bewegungsflächen zu den vor und hinter Gebäuden gelegenen Grundstücksteilen herzustellen, sofern dies für den Feuerwehreinsatz erforderlich ist (§ 5 Abs. 4 HBauO [24]). Aufstellflächen sind dort nicht benannt, was den Schluss zulässt, dass die Verwendung von Hubrettungsgeräten zur Brandbekämpfung nicht im Bauordnungsrecht verankert ist. Dieser Sachverhalt wird durch Paragraph 5 Absatz 3 der Hamburgischen Bauordnung [24] verdeutlicht, da der Begriff der Aufstellfläche explizit mit dem Einsatz von Hubrettungsgeräten für die Personenrettung verknüpft ist. Der Feuerwehreinsatz wird daher bei Standardbauten regelmäßig auf den Innenangriff und den eingeschränkten Einsatz von handgeführten Strahlrohren vom Niveau des umgebenden Geländes beschränkt werden müssen. Bei nichtbrennbaren, monolithischen Fassaden beziehungsweise bei Außenwandkonstruktionen, die den Gebäudebestand im urbanen Raum bislang dominieren, ist dieser Ansatz schlüssig und bewährt, auch wenn Dachstuhlbrände eine Herausforderung darstellen (**Abb. 4**).

Eine weitere Rahmenbedingung ist die Verfügbarkeit der Feuerwehr. Die Feuerwehr Hamburg ist seit 2014 nach dem Schutzziel der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland (AGBF) ausgerichtet, einem sich selbst tragendem Zusammenschluss aller Berufsfeuerwehren im Deutschen Städtetag (DST). Der Erstangriff der Feuerwehr soll innerhalb einer *Hilfsfrist 1* von acht Minuten (nach Alarmierung) mit zehn Funktionen erfolgen, um eine Menschenrettung durchführen zu können. Eine Unterstützungseinheit soll innerhalb einer *Hilfsfrist 2* von dreizehn Minuten mit weiteren sechs Funktionen an der Einsatzstelle eintreffen. Diese ist



Foto: Jan Ole Unger, Feuerwehr Hamburg

Abb. 4: Der Einsatz von Hubrettungsgeräten zur Brandbekämpfung ist in der Bauordnung nicht berücksichtigt. Bei Bränden in Holzbauten stellt dies eine Herausforderung dar, die bislang nur bei Dachstuhlbränden zur Geltung kam.

zur Unterstützung der Menschenrettung, zur Brandbekämpfung, zur Entrauchung sowie zur Eigensicherung der Einsatzkräfte vorgesehen [28].

Durch die in Paragraf 24 Absatz 3 der Hamburgischen Bauordnung festgelegte Beschränkung auf Nutzungseinheiten mit einer Größe von jeweils nicht mehr als 200 Quadratmeter und die Einschränkung auf den Massivholzbau werden zwei für den Feuerwehreinsatz wesentliche Aspekte berücksichtigt:

1. eine als beherrschbar zu bewertende Brandfläche,
2. die Vermeidung von Hohlraumbränden innerhalb tragender beziehungsweise raumabschließender Bauteile.

Mit zunehmender Größe einer Nutzungseinheit, und damit der potentiellen Brandfläche, sinkt gemeinhin die Erfolgswahrscheinlichkeit der manuellen Brandbekämpfung. Nach *Dehne* [29, Seite 115] liegt die Erfolgswahrscheinlichkeit von Löschmaßnahmen bei einer Brandfläche von 200 Quadratmeter bei circa 95 Prozent. Bei einer Brandfläche von 400 Quadratmeter liegt die Erfolgswahrscheinlichkeit von Löschmaßnahmen hingegen bei ungefähr 50 Prozent. Aus welchem Grund es bei Gebäuden in Massivholzbauweise adäquat erscheint, die Fläche der Nutzungseinheiten zu beschränken, wird nachfolgend anhand der Ergebnisse entsprechender Brandversuche erläutert.

Zunächst jedoch zum Aspekt der Vermeidung von Hohlraumbränden. Sie stellen für Feuerwehren grundsätzlich eine Herausforderung dar, ob bei Gebäuden in Holzbauweise oder Gebäuden mit nichtbrennbaren Tragwerken. Zur Brandbeherrschung müssen zwei grundsätzliche Voraussetzungen gegeben sein:

1. Erkennbarkeit des Brandes,
2. Erreichbarkeit des Brandes.

Beim gegenwärtigen Stand der Detektions- und Löschtechnik können diese Voraussetzungen bei Hohlraumbränden nicht als gesichert angesehen werden. Hohlraumbrände in Gebäuden aus Stahlbeton und Mauerwerk führen in der Regel nicht zu einer nachhaltigen Schädigung des Tragwerks, was bei Holzbauten nicht vorausgesetzt werden kann. Dementsprechend zielen die Vorschriften für Holzbauten in den Gebäudeklassen 4 und 5 explizit darauf ab, Hohlraumbrände innerhalb tragender beziehungsweise raumabschließender Bauteile durch Brandschutzbekleidungen oder planmäßig hohlraumfreie Bauteile zu vermeiden.

Um den Brandeintrag in Gefache von Holztafelkonstruktionen zu verhindern, ist eine intakte Brandschutzbekleidung von wesentlicher Bedeutung. Was im Rahmen der Planung beziehungsweise der Herstellung als umsetzbar erscheint, ist bei einer Lebenszyklusbetrachtung von Bauwerken jedoch theoretischer Natur. Qualitätssichernde Maß-

nahmen können im Standardbau bis zur Inbetriebnahme greifen, in der Nutzungsphase existieren hierfür hingegen keine Instrumente. Es erscheint daher opportun, den Holzbau in Gebäudeklasse 5 auf Massivholzbauweisen zu beschränken.

Hierbei ist anzumerken, dass auch bei Massivholzbauweisen das Entstehen von Glimmbränden und eine Brandweiterleitung innerhalb der Konstruktion nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. In Abhängigkeit von der Qualität von Planung und Ausführung sind beispielsweise zwischen den inneren Lagen von Brettsperrholzelementen Schwachstellen zu erwarten [30, Seite 28]. Die zur Vermeidung dieser Szenarien denkbaren Schutzschichten weisen jedoch eine ungleich geringere Anfälligkeit gegenüber nachträglichen Veränderungen auf, als die bei Holztafelbauweisen erforderlichen Brandschutzbekleidungen.

Die Regelungen des Bauprüfendienstes Massivholzbau basieren auf Erkenntnissen, die im Rahmen von Literaturrecherchen gewonnen worden sind. Hierbei wurde beispielsweise auf einen Forschungsbericht der Carleton University Ottawa [31] und einen Report der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich [32] zurückgegriffen.

Im Rahmen der Literaturrecherche gelangte man zu der Erkenntnis, dass mit steigendem Anteil brennbarer Bauteiloberflächen die Brandentwicklungsdauer (Übergang zur Vollbrandphase) und die Dauer bis zum Brandüberschlag signifikant verkürzt werden. Bei Brandversuchen der ETH Zürich war beobachtet worden, dass die Brandentwicklungsdauer bis zum Vollbrand (Durchzündung/Flashover) bei dem Versuchsraum mit vollständig nicht brennbar bekleideten Oberflächen etwa zehn Minuten, bei dem Versuchsraum mit sichtbaren Holzoberflächen rund 4,5 Minuten betrug. Der Brandüberschlag ins darüber liegende Geschoss erfolgte bei dem mit nichtbrennbaren Baustoffen ausgekleideten Raum nach etwa 42 Minuten, bei dem mit sichtbaren Holzoberflächen ausgestatteten Raum nach rund sieben Minuten [32, Seite 116].

Vergleicht man insbesondere die Werte zum Brandüberschlag mit den durch die Feuerwehr Hamburg zu erfüllenden Hilfsfristen (siehe oben), wird deutlich, dass zumindest der Brandüberschlag in das über dem Brandraum liegende Geschoss vor dem Eintreffen der ersten Einheiten zu erwarten ist. Hier besteht ein signifikanter Zeitunterschied gegen-

über der Situation mit nichtbrennbaren Bauteiloberflächen, der selbst durch eine sofortige Alarmierung der Feuerwehr nicht kompensiert werden kann.

Aufgrund dieser Erkenntnis wurde nach Ansätzen gesucht, sichtbare Holzoberflächen zulassen zu können, ohne ein derartiges Missverhältnis zwischen vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen zu provozieren. Hierbei ist die Begrenzung der brennbaren Oberflächen als Möglichkeit erkannt worden, den zu erwartenden Zeitpunkt einer Durchzündung und eines Brandüberschlages hinauszuzögern.

Aufschluss über die Auswirkungen partieller Bekleidungen aus nichtbrennbaren Baustoffen gaben Untersuchungen der Carleton University. Dort wurde festgestellt, dass bei einem Anteil ungeschützter Holzoberflächen mit weniger als 29,7 Prozent eine Situation eintritt, die mit Brandräumen vergleichbar ist, die keine brennbaren Bauteiloberflächen aufweisen [31, Seite 156]. Auf dieser Grundlage wurde in den Bauprüfendienst Massivholzbau die Regelung aufgenommen, sichtbare Holzoberflächen auf die Decke oder maximal 25 Prozent der Wände zu beschränken.

Neuere Forschungsergebnisse bestätigen den geschilderten Sachverhalt. Als Beispiel kann der gemeinsame Forschungsbericht des National Research Council of Canada und des National Institute of Standards and Technology (NFPA, USA) über vergleichende Brandversuche in Räumen mit bekleideten und unbekleideten Holzoberflächen genannt werden [33].

Untersucht wurden Brände in Wohnräumen mit Brandlasten in Form von Einrichtungsgegenständen, die in einem Einzimmerappartement erwartet werden können. Der Brandraum wies eine Länge von 9,1, eine Breite von 4,6 und eine Höhe von 2,7 Meter auf. Wand- und Deckenbauteile bestanden aus Brettsperrholz. Eine Querwand war mit einer Öffnung versehen, um eine ausreichende Ventilation zu gewährleisten [33, Seite 46]. Die ermittelten Werte des Forschungsberichts zeigt **Tabelle 1**.

Die Tabellenwerte bestätigen den Zusammenhang zwischen der Brandentwicklungsdauer und dem Anteil brennbarer Oberflächen, der

	Anteil brennbarer Raumboflächen (Wände, Decken)			
	0 %	36 %	21 %	57 %
Bauteil				
Decke	bekleidet	exponiert	bekleidet	exponiert
Längswand 1	bekleidet	bekleidet	exponiert	exponiert
Längswand 2	bekleidet	bekleidet	bekleidet	bekleidet
Querwand 1	bekleidet	bekleidet	bekleidet	bekleidet
Querwand 2	bekleidet	bekleidet	bekleidet	bekleidet
KenngroÙe				
Brandentwicklungsdauer (Flashover)	14,9 min	11,5 min	11,5 min	9,8 min
Branddauer	14,9 – 45 min	11,5 – 57 min	11,5 – 50 min	9,8 – 160 min
Wärmestromdichte 3,5 m über Brandraumfenster	70 kW/m ²	120 kW/m ²	120 kW/m ²	190 kW/m ²
Wärmestromdichte 5,5 m über Brandraumfenster	20 kW/m ²	30 kW/m ²	30 kW/m ²	60 kW/m ²
Wärmestromdichte 2,4 m vom Brandraumfenster entfernt	40 kW/m ²	45 kW/m ²	40 kW/m ²	55 kW/m ²
Wärmestromdichte 4,8 m vom Brandraumfenster entfernt	12 kW/m ²	17 kW/m ²	15 kW/m ²	20 kW/m ²

Tab. 1: Zusammenhang zwischen brandschutztechnischen Kenngrößen und dem Anteil brennbarer Oberflächen:

Darstellung des Autors: Werte aus [33, Seite 46]

schon bei den Versuchen der ETH Zürich [32] festgestellt worden ist. Die Anordnung der brennbaren Oberflächen zeigt hier keinen Einfluss auf die Brandentwicklungsdauer. Auch in Bezug auf den vertikalen Brandüberschlag sind keine Einflüsse zu erwarten, da die Wärmestromdichten über dem Brandraumfenster identisch sind. Die im Bauprüfdienst Massivholzbau verankerte Regelung zur Begrenzung der brennbaren Oberflächen (Decke oder 25 Prozent der Wandoberflächen) erscheint daher angemessen.

Die Reduzierung des Anteils der brennbaren Oberflächen auf die Decke oder rund 25 Prozent der Wandoberflächen führt offenbar zu einer Annäherung an die Werte des nichtbrennbar ausgekleideten Brandraumes. Auch wenn weiterhin mit einer verkürzten Brandentwicklungsdauer und einem schnelleren Brandüberschlag zu rechnen ist, scheint die im Bauprüfdienst Massivholzbau enthaltene Regelung zur Begrenzung der brennbaren Oberfläche dazu zu führen, dass der Brand für die Feuerwehr beherrschbar bleibt. Die Beschränkung der Nutzungseinheit auf 200 Quadratmeter, wie in der Hamburgischen Bauordnung verankert, ist hierfür grundlegend.

Ein weiterer Aspekt, in dem sich Holzbauten im Brandfall von Gebäuden aus nicht brennbaren Baustoffen unterscheiden, ist die Tatsache, dass bei feuerbeständigen Tragwerken regelmäßig von der Möglichkeit des Ausbrandes ausgegangen werden kann. Die beispielsweise in einer Wohnung zu erwartende Brandlast kann hierbei vollständig umgesetzt werden, ohne das Tragwerk nachhaltig zu schädigen. Bei exponierten Holztragwerken kann dies nicht vorausgesetzt werden, wie die kanadisch-amerikanische Untersuchung [33] belegt. Ein mit nichtbrennbaren Konstruktionen vergleichbares Sicherheitsniveau kann in diesem Punkt nicht konstatiert werden. Es erscheint jedoch denkbar, dies durch eine entsprechend leistungsfähige Feuerwehr zu kompensieren.

4 Neue Brandschutzprinzipien für die *hölzerne Stadt*

Die *steinerne Stadt* weicht womöglich einer *hölzernen Stadt*, was auch die Rahmenbedingungen für den Brandschutz verändern würde. Bevor der urbane Holzbau Straßenzüge oder ganze Quartiere einnimmt, müssen die in den vergangenen Dekaden entwickelten Prinzipien der Gefahrenvorbeugung und der Gefahrenabwehr im dicht besiedelten Stadtraum neu gedacht oder zumindest hinterfragt werden. Dies erscheint notwendig, da das effiziente Ganze von vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen auf dem Fundament einer steinernen Stadt gründet.

Hierbei ist anzuerkennen, dass moderne Holzbauweisen ein brandschutztechnisches Niveau erreichen können, das den Holzbauweisen des 19. und 20. Jahrhunderts deutlich überlegen ist. Gleiches gilt für die Möglichkeiten der Branderkennung, Brandmeldung und Brandbekämpfung, was das Festhalten an Prinzipien des 19. und 20. Jahrhunderts fragwürdig erscheinen lässt.

Die Fokussierung auf die Feuerwiderstandsfähigkeit tragender und raumabschließender Holzbauteile ist jedoch nicht ausreichend, um deren Verwendung im hochverdichteten Stadtraum zu rechtfertigen. Wie hier erläutert worden ist, kann die großflächige Verwendung des Baustoffes Holz zu Brandverläufen führen, welche die Wirksamkeit etablierter Maßnahmen im Kontext der Brandausbreitung, der Rettung sowie der Löscharbeiten fragwürdig erscheinen lassen.

Auch bei vollständig bekleideten Holzkonstruktionen, wie beispielsweise im Holztafelbau, kann eine Skalierung der Brandschutzstandards diskutiert werden. In Bezug auf den Raumbrand dürfte, sofern die Brandschutzbekleidung intakt ist, kein signifikanter Unterschied zu Gebäuden aus nichtbrennbaren Baustoffen feststellbar sein. Im Lebenszyklus eines Gebäudes können jedoch Beschädigungen beziehungsweise Schwächungen der Brandschutzbekleidung nicht ausgeschlossen werden, weshalb die Gefahr eines Hohlraumbrandes in die Betrachtung einbezogen werden muss.

Um auf diesem Feld belastbare Erkenntnisse zu gewinnen, führt die Feuerwehr Hamburg derzeit in Kooperation mit der Hochschule Magdeburg-Stendal und dem Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Forschungsprojekt durch, das die Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise zum Gegenstand hat (HoBraTec, Förderkennzeichen: 13N15746).

Die Wirtschaftlichkeit des Brandschutzes hängt vom effizienten Zusammenspiel vorbeugender und abwehrender Maßnahmen ab. Zur Bewertung der Effizienz sind Lastfall und Ziel zu formulieren. Bezogen auf Hamburg bildete zunächst der Lastfall Stadtbrand und rund 100 Jahre später der Lastfall Luftkrieg die Basis, die zur Festlegung der teils bis heute geltenden Brandschutzvorschriften führte. Die Ziele, die mit dem Brandschutz in Verbindung stehen, sind beim Schutz von Sachwerten und insbesondere beim grundgesetzlich verbrieften Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit zu suchen.

Die Personensicherheit rein wirtschaftlichen Erwägungen unterzuordnen, verbietet sich aus ethischen Gründen. Staatliche Regelungen, wie beispielsweise Bauordnungen, müssen das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit in den Mittelpunkt stellen. In Anerkennung der Tatsache, dass grundsätzlich ein allgemeines Lebensrisiko besteht, ist die Definition eines entsprechenden Sicherheitsniveaus eine herausfordernde Aufgabe. Ein möglicher Lösungsansatz wurde in der Schweiz gefunden.

Im Zuge einer Gesamtrevision der schweizerischen Brandschutzvorschriften hat die Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen gemeinsam mit der ETH Zürich ein Projekt initiiert, in dessen Rahmen die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes untersucht worden ist [34].

Der Schweizer Weg ist vorbildlich und konsequent. Anstatt überlieferte Bauvorschriften zu adaptieren, wird auf wissenschaftlicher Grundlage eine Basis geschaffen, um zeitgemäße Brandschutzvorschriften zu entwickeln und die Instrumente des vorbeugenden Brandschutzes zielgerichtet einzusetzen. Die Verfasser der Schweizer Studie kommen zu einem wegweisenden Schluss [34, Seite 11]:

Verschiedene Brandschutzmaßnahmen konkurrieren hier nicht nur untereinander, sondern auch mit lebensrettenden Maßnahmen aus anderen Bereichen, z.B. dem Gesundheitswesen, der Verkehrssicherheit oder dem Schutz vor Naturgefahren.

Gerade der Aspekt der Naturgefahren ist eng mit dem Holzbau verknüpft, birgt er doch entscheidende Potentiale, um Klimaschutz und urbane Entwicklung zu ermöglichen. Sollte es gelingen, auch in Deutschland eine derart grundlegende Revision der Bauvorschriften vorzunehmen, bestünde eine solide Basis, um den modernen Holzbau gleichbe-

rechtigt in den Regelungskanon zu integrieren. Die Leistungsfähigkeit der Feuerwehr spielt in diesem Kontext eine ebenso große Rolle, wie die Leistungsfähigkeit moderner Bauweisen. Die Frage, wieviel Gewicht im urbanen Holzbau auf die Feuersicherheit gelegt werden muss, möchte ich daher mit folgendem Zitat beantworten [35, Seite IV]:

Der Grundsatz muss jede Baupolizeiordnung beherrschen, dass auf die Feuersicherheit nicht mehr Gewicht gelegt wird, als bei der heutigen Bauweise und dem jetzigen hohen Stande des Feuerlöschwesens unbedingt notwendig ist.

5 Literatur

- [1] Hafencity Hamburg GmbH: Die Europäische Stadt des 21. Jahrhunderts: <https://www.hafencity.com/stadtentwicklung/staedtebau> (Zugriff am 03. Februar 2022)
- [2] Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt: Räumliches Leitbild – Entwurf, Hamburg, 2007
- [3] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt: Perspektiven der Stadtentwicklung, Mai 2014: <https://www.hamburg.de/contentblob/4309812/72bbf7e42477706605e49ed206a8e7a2/data/broschuere-perspektiven.pdf> (Zugriff am 07. Januar 2022)
- [4] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft: Holzbauförderung. Hamburg unterstützt Bauen mit nachwachsendem Rohstoff: <https://www.hamburg.de/waermewende/12643028/holzbaufoerderung/> (Zugriff am 07. Januar 2022)
- [5] Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft: Ressourcen-Engpass bei Sand und Kies. Nicht in Beton gegossen. Umweltbehörde antwortet mit Holzbau-Förderung, 08. Januar 2021: <https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/14822316/2021-01-08-bukea-holzbaufoerderung/> (Zugriff am 14. Januar 2022)
- [6] Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen: Erleichterungen für den Wohnungsbau: Neue Hamburgische Bauordnung in Kraft getreten. Hamburg stärkt den Wohnungsbau und ermöglicht als eines der ersten Länder innovatives und vielfältiges Bauen mit Holz, 02. Mai 2018: <https://www.hamburg.de/bsw/presse/10983410/2018-05-02-bsw-neue-hamburgische-bauordnung/> (Zugriff am 13. Januar 2022)
- [7] Hafencity Hamburg GmbH: Städtebauliches und freiraumplanerisches Gesamtbild des Grasbrooks ist entschieden: <https://www.grasbrook.de/wettbewerb-uebersicht/> (Zugriff am 07. Februar 2022)
- [8] Norddeutscher Rundfunk: Der Grasbrook wird Hamburgs neuer Öko-Stadtteil, 24. September 2021: <https://www.ndr.de/nachrichten/hamburg/Der-Grasbrook-wird-Hamburgs-neuer-Oeko-Stadtteil,grasbrook300.html> (Zugriff am 03. Februar 2022)
- [9] Assmann Beraten + Planen GmbH: Vogelkamp, Hamburg: <https://www.assmann.info/projekte/vogelkamp-neugraben-hamburg> (Zugriff am 07. Januar 2022)
- [10] Garbe Immobilien-Projekte GmbH: Roots, Hamburg: <https://roots-hamburg.de/> (Zugriff am 07. Januar 2022)
- [11] Moringa GmbH: Moringa Hamburg: <https://moringa.eco/projekte/moringa-hamburg> (Zugriff am 07. Januar 2022)
- [12] H. Heine: Deutschland. Ein Wintermärchen; Caput XXI, Hamburg, 1844.
- [13] Stadt Hamburg: Ernennung einer Rath- und Bürgerdeputation; in: Acta Conventuum Senatus et Civium Hamburgensium, Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg, PPN655934154, 1842
- [14] Stadt Hamburg: Baupolizeiliche und feuerpolizeiliche Verfügungen für die abgebrannten Stadttheile; in: Acta Conventuum Senatus et Civium Hamburgensium, Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg, PPN655934154, 1842
- [15] Stadt Hamburg: Baupolizei-Gesetz: E. H. Senat der freien und Hansestadt Hamburg, Hamburg, 1865
- [16] Stadt Hamburg: Baupolizei-Gesetz, Hamburg, 1882
- [17] Stadt Hamburg: Bauordnung, Hamburg, 1918
- [18] Stadt Hamburg: Baupolizeiverordnung, Hamburg, 1938
- [19] Reichsarbeitsminister: Verordnung zur Hebung der baulichen Feuersicherheit vom 20. August 1943 (RGBl. 1943 I S. 497), 1943
- [20] Deutscher Normenausschuss: Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme; DIN 4102, Blatt 1 (Begriffe), Berlin, 1934
- [21] Freie und Hansestadt Hamburg: Hamburgische Bauordnung vom 10. Dezember 1969; HmbGVBl. Seite 249, 1969
- [22] Freie und Hansestadt Hamburg: Hamburgische Bauordnung vom 1. Juli 1986; HmbGVBl, Seite 183, 1986
- [23] Deutscher Normenausschuss: Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme; DIN 4102, Blatt 1 (Begriffe), Berlin, 1940
- [24] Freie und Hansestadt Hamburg: Hamburgische Bauordnung vom 14. Dezember 2005; HmbGVBl. 2005, 525, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Februar 2020; HmbGVBl, Seiten 148, 155, 2005
- [25] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise; Fassung Oktober 2020
- [26] Internationale Bauausstellung IBA Hamburg GmbH: Urbaner Holzbau. Holzbau im hochverdichteten Stadtraum, Mai 2013: https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2013/25860/pdf/130612_Urbaner_Holzbau_web.pdf (Zugriff am 31. Januar 2022)
- [27] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, Amt für Bauordnung und Hochbau: Bauprüfdienst Sicherheitstreppe in Wohngebäuden (BPD 2021-1), 2021
- [28] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Inneres und Sport, Amt Feuerwehr: Neuausrichtung der Feuerwehr; Einführung des neuen Schutzziels: <https://www.hamburg.de/feuerwehr/4258718/agbf-schutzziel-2014/> (Zugriff am 07. Januar 2022)
- [29] M. Dehne: Probabilistisches Sicherheitskonzept für die brandschutztechnische Bemessung; Dissertation; Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Braunschweig, 2003
- [30] M. Gräfe, M. Merk, N. Werther, C. Fülle, N. Leopold, D. Sprinz, M. Busch und M. Brunn: Regeldetailkatalog für den mehrgeschossigen Holzbau in Gebäudeklasse 4, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015
- [31] A. R. M. Hevia: Fire resistance of partially protected cross-laminated timber rooms, Carleton University, Ottawa, 2014
- [32] T. Maag und M. Fontana: Brandversuche an Modulhotels in Holzbauweise, ETH Zürich, Zürich, 2000
- [33] J. Su, P.-S. Lafrance, M. Hoehler und M. Bundy: Fire Safety Challenges of Tall Wood Buildings - Phase 2: Task 2 & 3 - Cross Laminated Timber Compartment Fire Tests; National Research Council of Canada. National Institute of Standards and Technology USA, Ottawa; Gaithersburg, 2018
- [34] K. Fischer, J. Kohler, M. Fontana, M. H. Faber: Wirtschaftliche Optimierung im vorbeugenden Brandschutz, ETH Zürich, Zürich, 2012
- [35] B. Reddemann: Die Fürsorge gegen Feuersgefahr bei Bauausführungen; Springer Verlag Berlin, Heidelberg GmbH, 1908

Die Bauartgenehmigung des novellierten Baurechts ist für die Bauausführung Fluch und Segen zugleich

Möglichen haftungsrelevanten Dokumentationslücken stehen Vorteile bei der Bauausführung gegenüber

Die Novellierung des deutschen Bauordnungsrechtes, ausgelöst durch das Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom 16. Oktober 2014 (Rechtssache C-100/13), wurde vor über fünf Jahren angestoßen. Die danach notwendig gewordenen Regelungen der Musterbauordnung 2016 sind mittlerweile in allen Bundesländern eingeführt worden. Ein wesentlicher Bestandteil dieser von der Rechtsprechung der EU veranlassten Novellierung des deutschen Baurechts war und ist die strikte formelle Trennung der Regelungen für den Einbau von Bauprodukten von jenen, die die materiellen Produkthanforderungen betreffen. Hierzu wurden neue Nachweisarten für den Einbauvorgang geschaffen, mit denen die am Bau Beteiligten nun zurecht kommen müssen. Der folgende Beitrag erläutert deshalb den Umgang mit der allgemeinen Bauartgenehmigung und erklärt, welche Vor- und Nachteile die neuen Nachweisarten für die Bauausführung und für die Baudokumentation mit sich bringen. Der Autor sieht einen großen Nutzen in der Systemumstellung, weil die Trennung von Produktregelung und Einbauregelung klare Zuständigkeitsordnungen schaffen, vor allem für Abweichungen. Die Systemumstellung bietet dem Gesetzgeber außerdem die Möglichkeit, europäisch harmonisierte Bauprodukte zumindest hinsichtlich der Einbaubedingungen verbindlich nachzuregeln.



Patrick Gerhold B.Eng. M.Sc.

ist Prüfsachverständiger für Brandschutz bei der Werner & Gerhold PartGmbH (97440 Werneck) und seit 2017 Dozent des Europäischen Instituts für postgraduale Bildung der Ingenieure und Architekten GmbH (EIPOS, Dresden), der Bayerischen Ingenieurkammer-Bau sowie der Bayerischen Architektenkammer für das Bauproduktenrecht in Deutschland und der EU, außerdem für die Verwendung der neuen Begriffe Verwendbarkeit und Anwendbarkeit, für die Anwendung der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB) und für Fragen der Baudokumentation. Gerholds Fachbuch über das „Bauproduktenrecht in der Praxis“ (Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln), ist mittlerweile in zweiter Auflage erschienen.

www.werner-und-gerhold.de
wgp@ing-werner.de

1 Einführung: Konkretisierung der Bauwerksanforderungen und Systemumstellung bei der Nachweisführung

Als Folge des EuGH-Urteils von 2014 dürfen an europäisch harmonisierte Bauprodukte von deutscher Seite keine unmittelbaren Produktanforderungen mehr gestellt werden. Deshalb musste das deutsche Baurechtssystem grundlegend auf die Konkretisierung der Bauwerksanforderungen umgestellt werden, denn die Bauwerkssicherheit unterliegt nationaler Kompetenz und kann von den Mitgliedsstaaten eigenständig definiert und festgelegt werden. Diese Umstellung erfolgte mit Hilfe der *Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen* (VV TB) sowie einer Umstrukturierung der Bauordnungen. Die am Bau Beteiligten müssen nun die mittelbaren Produkthanforderungen aus den jeweiligen konkretisierten Bauwerksanforderungen ableiten und geeignete Bauprodukte auswählen.

Im Zuge dieser Umstellung, nochmals bestätigt durch das sogenannte James-Elliott-Urteil von 2016 (Rs. C 613/14), hat sich zudem herausgestellt, dass der Einbau von Bauprodukten nicht Bestandteil der europäischen Harmonisierung ist. Anders als die materiellen Produkthanforderungen können Einbaubedingungen bei europäisch harmonisierten Bauprodukten daher national nachgeregelt werden. Damit diese Nachregelungsmöglichkeit nutzbar wird, fand neben der Konkretisierung der Bauwerksanforderungen auch eine Systemumstellung bei der Nachweisführung statt. Diese betrifft sowohl die Einbaubedingungen harmonisierter Bauprodukte als auch die noch nicht harmonisierter Bauprodukte.

2 Differenzierung von Verwendung und Anwendung

Um fortan bei der Nachweisführung die Bedingungen für den Einbau von den materiellen Produkthanforderungen strikt trennen zu können, wurde neben der Verwendbarkeit ein weiterer Begriff geschaffen – die Anwendbarkeit. Alle Vorgänge, die den Einbau betreffen, sind fortan als Anwendung definiert und in den Regelungen zur Verwendung nicht (mehr) enthalten.

Bei der Verwendung von Bauprodukten handelt es sich daher nun nur noch ausschließlich um die Nutzung beziehungsweise um den Gebrauch von Bauprodukten im eingebauten Zustand. Da aber nicht alle Bauprodukte auch einem Gebrauch unterliegen, spricht man hinsichtlich ihrer Verwendung aber nicht nur von der Nutzung, sondern auch von der Wirkung von Bauprodukten. Wenn wir von der Verwendung sprechen, ist der Einbauvorgang bereits abgeschlossen. Das Bauprodukt wurde in das Gebäude eingebaut und kann nun genutzt werden oder entfaltet die vorgesehene Wirkung. Vor der Baurechtsnovellierung wurde die Verwendung vom Einbauvorgang nicht deutlich abgegrenzt, was sich nun grundlegend geändert hat.

Der Einbauvorgang, also die Tätigkeit des Zusammenfügens von Bauprodukten, ist nun als Anwendung definiert. Diese begriffliche Differenzierung ist notwendig, um in den Nachweisen fortan eine getrennte Betrachtung vornehmen zu können. Hier sind nun Verwendbarkeitsnachweise von Anwendbarkeitsnachweisen zu unterscheiden. Und auch in den Technischen Baubestimmungen werden die Begriffe Verwendung und Anwendung nun streng voneinander unterschieden:

- **Verwendung** = Gebrauch, Nutzung und Wirkung von Bauprodukten im eingebauten Zustand,
- **Anwendung** = Tätigkeit des Zusammenfügens von Bauprodukten (Einbauvorgang).

Im bisherigen Baurechtssystem war mit der Bauart bereits eine nationale Regelung enthalten, die das Zusammenfügen von Bauprodukten (also die heutige Anwendung) beschreibt. Der Begriff Bauart wird nun als Regelung für die Anwendung intensiver genutzt, und dessen Regelungscharakter bezieht sich fortan nicht nur auf die Errichtung von Bauteilen, die aus mehreren Bauprodukten bestehen. Als Bauart werden in Zukunft auch die Einbaubedingungen für einzelne Bauprodukte definiert. Dies ist neu, denn diese individuellen Einbauvorgänge waren bisher Bestandteil der Regelungen für die Verwendbarkeit und wurden nicht gesondert differenziert. Da die Anwendung nicht europäisch harmonisiert ist, werden die Bauarten daher nun insbesondere auch dazu genutzt, um europäische Bauprodukte – hinsichtlich des Einbauvorganges – nachregeln zu können. Direkte Regelungen hinsichtlich der Verwendung von europäisch harmonisierten Bauprodukten bleiben weiterhin untersagt. Somit bleibt festzuhalten:

- Eine Bauart ist kein Begriff für einen materiellen Gegenstand, sondern für die Tätigkeit des Zusammenfügens von Bauprodukten (Anwendung).
- Eine Bauart beschreibt künftig nicht nur die Errichtung von Bauteilen, sondern definiert auch die Einbaubedingungen für einzelne Bauprodukte.

Bauarten dürfen einer allgemein anerkannten Regel der Technik oder einer Technischen Baubestimmung entsprechend angewandt werden (es handelt sich dann um geregelte Bauarten). Liegt eine solche Regel nicht vor oder weicht die Bauart wesentlich von einer Technischen Baubestimmung ab, dann wird für den Einbauvorgang ein Anwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Wie bei den Verwendbarkeitsnachweisen lassen sich auch bei den Anwendbarkeitsnachweisen drei verschiedene Arten unterscheiden:

- die allgemeine Bauartgenehmigung (aBG),
- das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis (abP) und
- die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG).

Diese Nachweise dürfen ausschließlich Regelungen für den Einbau enthalten.

Grundsätzlich gelten für harmonisierte Bauprodukte hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit die gleichen Anforderungen wie für nicht harmonisierte Bauprodukte. Allerdings fordert der Gesetzgeber offensichtlich nur dort einen zusätzlichen Anwendbarkeitsnachweis, wo die Erfüllung der erforderlichen Bauwerksanforderungen im besonderen Maße von den

Einbaubedingungen abhängig sind oder dort, wo die harmonisierten Spezifikationen aus nationaler Sicht den Einbau nicht hinreichend beschreiben oder vorgeben. Der Gesetzgeber scheint in den übrigen Fällen die Regelungen der harmonisierten Spezifikation in Zusammenhang mit der Gebrauchsanleitung der Hersteller ähnlich wie eine allgemein anerkannte Regel der Technik für die Bauart zu werten. Wird jedoch von der harmonisierten Spezifikation beziehungsweise von den Einbauvorgaben des Herstellers für die Anwendung abgewichen oder sieht die VV TB die Einbaubedingungen als nicht ausreichend geregelt an, so ist ein Anwendbarkeitsnachweis notwendig.

3 Die allgemeine Bauartgenehmigung ersetzt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Bauarten

Die allgemeine Bauartgenehmigung (**Abb. 1**) ersetzt fortan die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Bauarten sowie die sogenannten Anwendungszulassungen, die vor der Baurechtsnovellierung für harmonisierte Bauprodukte gefordert wurden. Dieser neue Anwendbarkeitsnachweis darf lediglich Regelungen enthalten, die den Einbau oder das korrekte Zusammenfügen der jeweiligen Bauart betreffen. Dort, wo dennoch auch national produktspezifische Anforderungen im selben Dokument geregelt werden sollen, wird fortan ein kombinierter Verwendbarkeits- und Anwendbarkeitsnachweis ausgestellt. Dieser wird dann mit allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / allgemeine Bauartgenehmigung (abZ/aBG) betitelt. Dies gilt auch für Neubescheide für bestehende Zulassungen. Diese kombinierten Nachweise sind nur noch für nicht harmonisierte Bauprodukte möglich.

Die allgemeine Bauartgenehmigung enthält Bestimmungen für die Planung, Bemessung und Ausführung der Bauart sowie Angaben darüber, welche Bauprodukte zur Anwendung kommen beziehungsweise für welches Bauprodukt die Einbaubestimmungen festgelegt werden. Die Bauartgenehmigung kann sich daher mit der Errichtung von Bauteilen befassen, die aus mehreren Bauprodukten bestehen, oder mit den Einbaubedingungen eines einzelnen Bauproduktes (**Abb. 2**).

Eine allgemeine Bauartgenehmigung ist grundsätzlich so aufgebaut:

- 1 Allgemeine Bestimmungen
- 2 Besondere Bestimmungen
 - 2.1 Regelungsgegenstand und Anwendungsbereich
 - 2.2 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung
- 3 Anhänge

Den wesentlichen und umfangreichsten Bestandteil der allgemeinen Bauartgenehmigung stellen die Bestimmungen für die Planung, Bemessung und Ausführung dar. Je nach Bauart ist dieser Bestandteil in diverse weitere Unterpunkte gegliedert. Im Wesentlichen finden sich hier aber stets die nachfolgenden Inhalte:

- Bestimmungen, welche Bauprodukte Teil der Bauart sind.
- Voraussetzungen für die Errichtung, wie zum Beispiel die Bereitstellung einer Einbau- oder Montageanleitung sowie die Schulung der Errichter.
- Der wohl wichtigste Teil der Bauartgenehmigung: die Bestimmungen für den Einbau.
- Die Kennzeichnung der Bauart mit einem Schild, das die wesentlichen Angaben enthält, also den Namen der Bauart, die Nennung

BAUPRODUKTENRECHT

des Errichters, die Nummer der Bauartgenehmigung, das Herstellungsjahr und gegebenenfalls die erbrachte Leistung.

- Die Festlegung, dass eine Übereinstimmungserklärung durch den Errichter zu erfolgen hat.
- Bestimmungen für die Nutzung, den Unterhalt und die Wartung.

Die Bauartgenehmigung wird zudem in der Regel um Anhänge ergänzt, welche die Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsregelungen noch weiter konkretisieren, und gegebenenfalls auch noch um Konstruktions- oder Einbauzeichnungen. Wie bereits von den früheren Anwendungszulassungen bekannt, ist zumeist auf der letzten Seite der Bauartgenehmigung ein Muster für eine Übereinstimmungsbestätigung des Errichters abgedruckt.

Aus der Differenzierung zwischen Verwendung und Anwendung und den damit einhergehenden Änderungen bei der Nachweisführung können sich unterschiedliche Fallkonstellationen ergeben, aus denen eine Bauartgenehmigung resultiert. Dazu drei Beispiele aus der Praxis:

Beispiel 1: Brandschutztüren für die Innenanwendung

Im Gegensatz zur Außenanwendung sind Brandschutztüren im Innenbereich noch nicht verbindlich europäisch harmonisiert. Hier darf noch zweigleisig gefahren werden. Da es sich um ein sogenanntes ungeregeltes Bauprodukt handelt, ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung sowie eine allgemeine Bauartgenehmigung erforderlich (als kombinierter Nachweis). Alternativ sind auch Brandschutztüren mit einer *Europäischen Technischen Bewertung* (ETA) samt Leistungserklärung am Markt verfügbar. Hier wird national kein zusätzlicher Anwendbarkeitsnachweis gefordert, allerdings sind die Anwendungs- und Ausführungsbestimmungen des Anhangs 4 der VV TB beim Einbau zu beachten.

Beispiel 2: Kabelabschottungen

Kabelabschottungen sind ebenfalls nicht verbindlich harmonisiert, hier ist aber bereits häufig der freiwillige Harmonisierungsweg mittels ETA und Leistungserklärung anzutreffen. Der Anhang 4 der VV TB fordert in diesen Fällen – in Ermangelung einer aus deutscher Sicht fehlenden technischen Regel für die Einbaubedingungen – einen zusätzlichen



Abb. 1: Beispiel für eine allgemeine Bauartgenehmigung vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt)

Anwendbarkeitsnachweis. Hier ist also zwingend, neben der Leistungserklärung und der zugehörigen Gebrauchsanleitung, auch eine allgemeine Bauartgenehmigung erforderlich und zu beachten.

Beispiel 3: Brandschutzklappen

Bei Brandschutzklappen handelt es sich um harmonisierte Bauprodukte nach der Produktnorm DIN EN 15650. Eine Forderung nach einem ergänzenden nationalen Anwendbarkeitsnachweis besteht nicht. Allerdings gibt es Hersteller, die sich die neuen deutschen Nachweisregeln für die Anwendbarkeit zunutze machen, um von den Randbedingungen der Produktnorm abweichende Einbausituationen nachweisen zu können. Dies ist möglich, da die Anwendung nicht europäisch harmonisiert ist. Hier steht also nun den Herstellern (auch anderer harmonisierter Bauprodukte) eine Möglichkeit zur Verfügung, um mittels einer ergänzenden Bauartgenehmigung andere, von der Produktnorm abweichende Anwendungsfälle, national zu legitimieren.

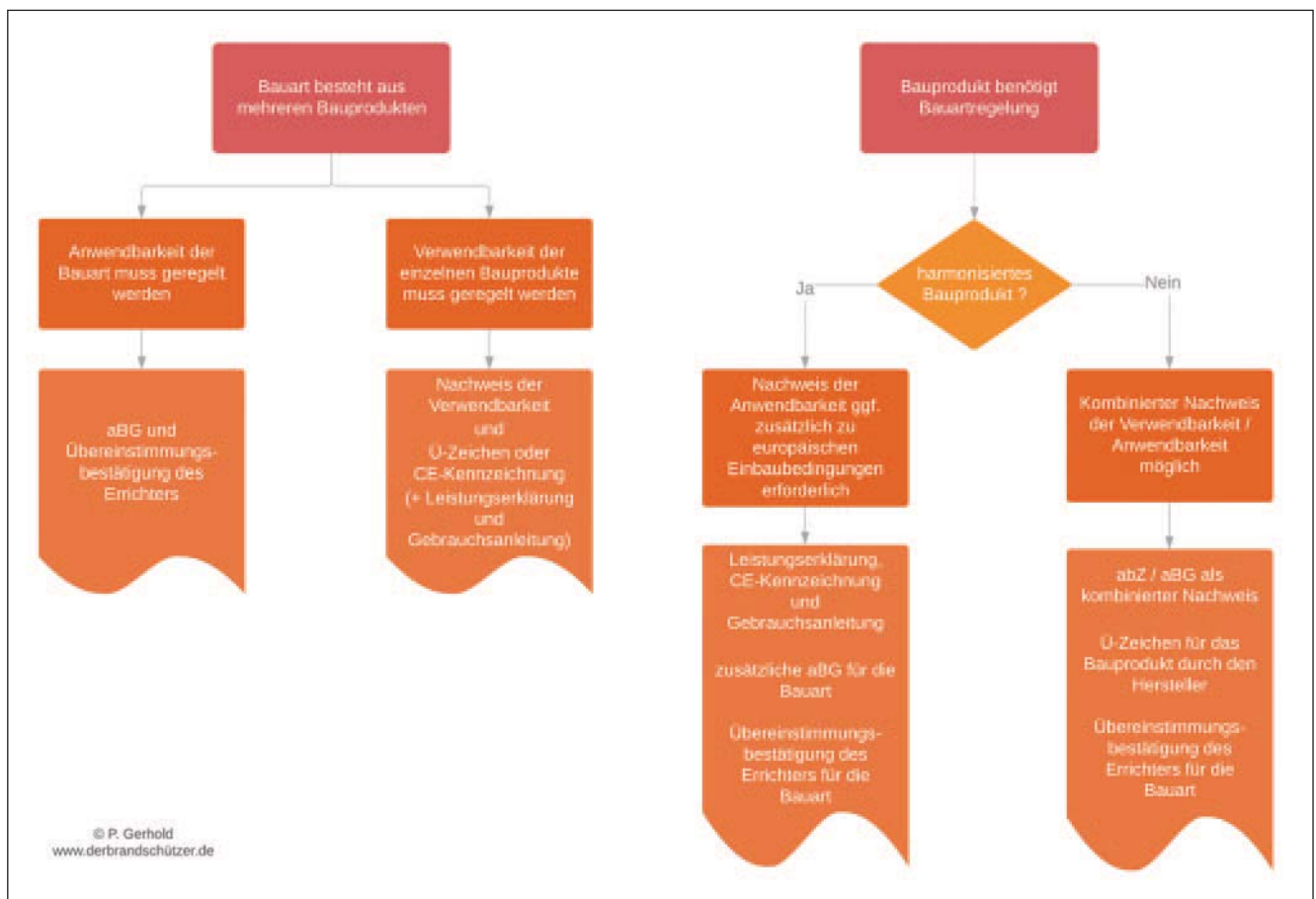
4 Abweichungen von der Anwendung

Die Möglichkeit, dass der Hersteller – wie bei der Verwendung von Bauprodukten – eine nicht wesentliche Abweichung von den Nachweisen der Verwendbarkeit erklärt, ist auch für Bauarten im Rahmen der Anwendung gegeben. Allerdings ist bei Bauarten der vor Ort tätige Fachunternehmer (Errichter) der Hersteller der Bauart. Entsprechend Paragraf 16a Absatz 5 der Musterbauordnung der Länder (MBO) besteht die Möglichkeit, dass eine nicht wesentliche Abweichung bei der Anwendung von der entsprechenden Technischen Baubestimmung oder dem Anwendbarkeitsnachweis durch den Errichter erklärt wird.

Ist die Abweichung jedoch als wesentlich zu bewerten oder gibt es keine Technische Baubestimmung oder allgemein anerkannte Regel der Technik für die Einbausituation, kann eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG) bei der obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes beantragt werden. Bei Abweichungen von allgemein anerkannten Regeln der Technik für Bauarten ist keine formelle Maßnahme erforderlich (auch hier empfiehlt sich jedoch eine Dokumentation).

Durch die neue Unterscheidung zwischen der Verwendung und Anwendung ist somit auch erstmals eine klare Kompetenztrennung hinsichtlich Abweichungen festgelegt, die sich im Zuge der Bauausführung ergeben. Gibt es Abweichungen am materiellen Bauprodukt, so liegt die Verantwortung hinsichtlich der Einstufung als wesentliche oder nicht wesentliche Abweichung beim Produkthersteller. Liegt hingegen eine Abweichung in Bezug auf die Einbausituation vor, so hat der Errichter der Bauart hierzu eine Aussage zu treffen. Die Dokumentation der nicht wesentlichen Abweichung bei der Anwendung erfolgt durch die Übereinstimmungsbestätigung des Fachunternehmers.

Beim Einbau von harmonisierten Bauprodukten ist der Sachverhalt etwas komplexer, aber auch hier ergeben sich durch die neue Nachweisstruktur Vorteile. Grundsätzlich können und werden fortan die nationalen Anwendungsregeln auch bei harmonisierten Bauprodukten angesetzt, und somit können grundsätzlich auch die Regelungen in Bezug auf Abweichungen von der Anwendung genutzt werden. Wenn von den Einbaubedingungen der harmonisierten Spezifikation abgewichen wird, besteht zunächst stets die Möglichkeit, den Nachweis der Anwendbarkeit über einen nationalen Anwendbarkeitsnachweis zu



Aus: Bauproduktenrecht in der Praxis, (Rudolf-Müller-Verlag)

© P. Gerhold
www.derbrandschützer.de

Abb. 2: Die beiden unterschiedlichen Varianten der Bauart und ihre Nachweisführung

führen. Soll das Produkt regelmäßig abweichend von diesen Randbedingungen eingebaut werden, so kann der Hersteller eine allgemeine Bauartgenehmigung (aBG) beantragen. Dies betrifft insbesondere Fälle, in denen die geplante Einbausituation nicht von den Einbau- beziehungsweise von den Prüfbedingungen der harmonisierten Spezifikation erfasst ist. Für Abweichungen von den Montagebedingungen des Herstellers (Gebrauchsanleitung) im Rahmen eines einzelnen Bauvorhabens, besteht die Möglichkeit, eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG) in Abstimmung mit der obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes zu erwirken. Liegt ein Anwendbarkeitsnachweis für ein harmonisiertes Bauprodukt vor, so kann nach Paragraph 16a Absatz 5 der MBO der Errichter eine nicht wesentliche Abweichung über seine Übereinstimmungsbestätigung erklären.

Unklar ist noch, ob die Verfahrensweise der nicht wesentlichen Abweichung für Bauarten bei der Anwendung von harmonisierten Bauprodukten zum Tragen kommen kann, für die kein ergänzender Anwendbarkeitsnachweis vorliegt und auch nicht vorliegen muss. Das Problem ist hierbei, dass Paragraph 16a Absatz 5 der MBO die europäischen Einbaubedingungen nicht explizit als Nachweis der Anwendbarkeit erwähnt und die Möglichkeit einer nicht wesentlichen Abweichung nur für Technische Baubestimmungen und Anwendbarkeitsnachweise vorsieht. Die Möglichkeit einer nicht wesentlichen Abweichung von den Anwendungsregeln der harmonisierten Bauprodukte ist hier nicht ausdrücklich erfasst. Lediglich die Kommentierung zur MBO aus 2016 erwähnt die Möglichkeit der Erklärung von nicht wesentlichen Abweichungen analog zu den nationalen Regelungen auch für harmonisierte Bauprodukte. Hier wäre eine Konkretisierung seitens des Deutschen Instituts für Bautechnik oder der Bauministerkonferenz wünschenswert.

5 Fluch und Segen: Dem Nutzen steht ein erhöhtes Haftungsrisiko gegenüber

Durch die Umstrukturierung des Baurechtssystems wurde mit der Anwendbarkeit eine neue Begrifflichkeit geschaffen, mit der die am Bau Beteiligten fortan umgehen müssen und die sie von der Verwendbarkeit zu unterscheiden haben. Es wird noch seine Zeit brauchen, bis das neue

System verstanden und nachvollzogen worden sein wird. Die am Bau Beteiligten müssen nun mit neuen Nachweisarten umgehen lernen und sind mit den unterschiedlichsten Kombinationen benötigter Nachweise konfrontiert. Hier sind Kombinationen von Zulassungen und Bauartgenehmigung, von kombinierten Verwendbarkeits- und Anwendbarkeitsnachweisen bis hin zu europäischen Leistungserklärungen mit Gebrauchsanleitungen möglich, für die zusätzlich noch eine Bauartgenehmigung erforderlich ist. Was die Verwendbarkeit anbelangt, sind dann unter Umständen bei harmonisierten Bauprodukten noch fehlende wesentliche Merkmale mit ergänzender technischer Dokumentation (zum Beispiel über das sogenannte DIBt-Gutachten) nachzuweisen. Dies alles führt zu einer enormen Erhöhung des Dokumentationsaufwandes und der Nachweispflichten. Auf Grund des derzeit noch vorherrschenden Verständnismangels können Dokumentationslücken entstehen, was auch zu einer Erhöhung des Haftungsrisikos führt.

Der Autor sieht aber auch einen großen Nutzen in der erfolgten Systemumstellung. Die deutliche Abgrenzung von Produktregelungen und Regelungen für den Einbau schafft erstmals klare Zuständigkeitsregelungen, insbesondere für Abweichungen. Die meisten Abweichungen bei den Bauausführungen erfolgen erfahrungsgemäß nicht am materiellen Produkt selbst, sondern hinsichtlich des Einbaus beziehungsweise der Einbaubedingungen. In diesen Fällen muss nicht der Produkthersteller bezüglich einer gegebenenfalls vorliegenden, nur nicht wesentlichen Abweichung befragt werden. Diese Entscheidung trifft nun der Fachunternehmer vor Ort als Hersteller der Bauart. So lässt sich der Entscheidungsprozess während des Bauablaufes wesentlich verkürzen. Die nicht wesentliche Abweichung wird in diesen Fällen über die Übereinstimmungserklärung des Fachunternehmers dokumentiert. Natürlich setzt dies ein entsprechendes Wissen beziehungsweise Erfahrungswerte des Errichters voraus, der stets dennoch die Möglichkeit hat, sich beim Produkthersteller rückzuversichern, der über die entsprechenden Prüferfahrungen verfügt. Die letztendliche Verantwortung liegt aber nun beim ausführenden Fachunternehmer.

Die Systemumstellung bietet dem Gesetzgeber zudem die Möglichkeit, europäisch harmonisierte Bauprodukte zumindest hinsichtlich der Einbaubedingungen verbindlich nachzuregeln. Zudem ist es für Hersteller harmonisierter Bauprodukte nun möglich, im eigenen Interesse weitere zulässige Einbausituationen über einen nationalen Anwendbarkeitsnachweis belegen zu können.

HERAUSGEBER

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

ISSN 1430-9084

REDAKTION

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

TECHNISCHE KORRESPONDENTEN

Baden-Württemberg: Dr.-Ing. Ralf Egner, Freiburg

Bayern: Dr.-Ing. Markus Staller, Gräfelfing

Berlin: Prof. Frank Prietz, Berlin

Brandenburg: Prof. Dr.-Ing. Gundolf Pahn, Herzberg

Bremen: Dipl.-Ing. Ralf Scharmann, Bremen

Hamburg: Dipl.-Ing. Horst-Ulrich Ordemann, Hamburg

Hessen: Dr.-Ing. Ulrich Deutsch, Frankfurt am Main

Mecklenburg-Vorpommern: Dr.-Ing. Günther Patzig, Wismar

Niedersachsen: Dipl.-Ing. Wolfgang Wienecke, Braunschweig

Nordrhein-Westfalen: Dr.-Ing. Wolfgang Roeser, Aachen

Rheinland-Pfalz: Dipl.-Ing. Martin Hofmann, Mainz

Saarland: Dipl.-Ing. Gerhard Müller, Eppelborn

Sachsen: Dr.-Ing. Klaus-Jürgen Jentzsch, Dresden

Sachsen-Anhalt: Dr.-Ing. Manfred Hilpert, Halle

Schleswig-Holstein: Dr.-Ing. Johannes Vogt, Ascheberg

Thüringen: Dipl.-Ing. Volkmar Frank, Zella-Mehlis

vpi-EBA: Dr.-Ing. Markus Hennecke, München

Die Redaktion des PRÜFINGENIEURS bittet seine Leserinnen und Leser dafür um Verständnis, dass sie sich der Zeiterscheinung des grundsätzlichen, durchgängigen Genderns 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.

DRUCK

Vogel Druck und Medienservice, Leibnizstraße 5, 97204 Höchberg

DTP

Satz-Studio Heimerl, Scherenbergstraße 12, 97082 Würzburg

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

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

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

Auflage: 5000 Exemplare

