



# DER PRÜFINGENIEUR

Das Magazin der Bundesvereinigung der Prüfindenieure für Bautechnik

- Der Nachwuchsmangel bedroht den Berufsstand der Prüfindenieure
- Die Elektronische Prüfkarte der BVPI wird jetzt sukzessive eingeführt
- Empfehlungen für mehr Schutz vor Cyber-Angriffen in Ingenieurbüros
- Einheitliche Prüf-Honorare: Die BVS Autobahn hat ihre Arbeit begonnen
- Das DIBt befürchtet eine normentechnische Parallelwelt in Brüssel
- Welche Ausstattung ist für die digitale bautechnische Prüfung nötig?
- Digitalisierung dient keinem Selbstzweck, sondern klaren Geschäftszielen
- Die Hochmoselbrücke: Jahrhundertbau zukunftsweisender Ingenieurskunst
- Mit der neuen Generation der Eurocodes kann man erst ab 2028 rechnen
- Die neuen Eurocodes sollen klare Regeln für Brandschutznachweise bringen



# Dramatische Zeiten – Wir müssen den weiteren Bestand unseres Berufsstandes sichern!



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

In den vergangenen Jahren haben meine Kollegin und meine Kollegen im Vorstand und ich immer wieder über die dringend erforderliche Nachwuchsgewinnung für den Beruf des Prüfsachverständigen oder der Prüfsachverständigen hingewiesen.

Auch heute muss ich nochmals auf dieses Thema zu sprechen kommen, denn die Nachwuchssituation unseres Berufsstandes stellt sich schlicht und ergreifend dramatisch dar. Wir müssen, so die Quintessenz aller Überlegungen, mehr tun, um den weiteren Bestand unseres Berufsstandes zu sichern!

Dazu einige Zahlen: 1995 waren in Deutschland 866 Prüfsachverständige, Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen amtlich anerkannt. Heute sind es gerade noch 626. Das bedeutet einen Rückgang von mehr als 27 Prozent in 27 Jahren!

Darüber hinaus sorgt auch das durchschnittliche Lebensalter der Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen in ihrem Beruf für steile Sorgenfalten. Es liegt, wie entsprechende Berechnungen der BVPI ergeben haben, aktuell – und zwar mit deutlich steigender Tendenz – bei 57,7 Jahren.

Zum Vergleich: Wie deren Berufsverbände beziehungsweise deren Berufskammern statistisch ausgewiesen haben, beträgt das durchschnittliche Lebensalter von Rechtsanwältinnen und Rechtsanwälten 51,7 Jahre, von Ärztinnen und Ärzten 54,2 Jahre und von Wirtschaftsprüferinnen und Wirtschaftsprüfern 54,3 Jahre. Trotz aller Bemühungen unserer Bundesvereinigung, der Ingenieurkammern und unserer anderen benachbarten Berufsverbände ist es aber bisher nicht gelungen, bei der Nachwuchsgewinnung einen durchschlagenden Erfolg zu erzielen. Dabei ist gerade das Berufsbild des Prüfsachverständigen für Bautechnik mit seiner Vielfältigkeit von Tätigkeiten sowohl im Büro als auch auf der Baustelle außerordentlich attraktiv.

Immerhin stehen wir mit den Anerkennungsbehörden in einem guten und regelmäßigen Austausch, um die Situation auf der Anerkennungsebene so weit wie eben möglich zu verbessern. Alle Beteiligten sind

sich dabei einig, dass Durchfallquoten in den Anerkennungsverfahren von 60 oder 70 Prozent vermieden werden müssen, ohne jedoch das Qualitätsniveau der Anerkennungsverfahren selbst abzusenken. Einigkeit besteht auch darüber, dass die Anerkennungsverfahren weniger universitär und stärker praxisorientiert ausgestaltet werden müssen. Darüber hinaus müssen für die Prüfsachverständigen und -kandidaten Vorbereitungsveranstaltungen für die Prüfungssituation angeboten werden, und es muss ihnen dringend Gelegenheit gegeben werden, sich anhand der Prüfungsfragen aus früheren Anerkennungsverfahren auf künftige Prüfungen vorzubereiten. Insgesamt muss das Anerkennungsverfahren so ausgestaltet werden, dass es unter Berücksichtigung der laufenden Berufstätigkeit, zeitlich und finanziell knapp geplanter Bauprojekte und der Erledigung notwendiger administrativer Aufgaben eines Ingenieurbüros einem Antragsteller oder einer Antragstellerin überhaupt möglich ist, das Verfahren erfolgreich zu durchlaufen.

All diese Themen werden meine Vorstandskollegin und -kollegen und ich in den kommenden zwei Jahren noch einmal mit Nachdruck thematisieren und voranbringen. Wir werden gezielt mit den Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen sprechen, die sich selbst als Prüfer oder als Prüferin in Anerkennungsverfahren engagieren, denn wir sollten nicht vergessen, dass unser Berufsstand erhebliche Steuerungsmöglichkeiten in den Anerkennungsverfahren hat.

Zur Wahrheit gehört aber auch, dass wir alle als Prüfsachverständige und Prüfsachverständigen oder als Prüfsachverständige sowie als Inhaber oder Inhaberin von Ingenieurbüros noch mehr unternehmen und zuwege bringen müssen, um den weiteren Bestand unseres Berufs zu sichern. Dazu gehört insbesondere, dass wir in unseren Büros geeignete Kandidatinnen und Kandidaten frühzeitig identifizieren, an uns binden und sie auf dem Weg zur Anerkennung uneingeschränkt fördern. Wir müssen ihnen die Arbeit an geeigneten Referenzprojekten ermöglichen, ihnen ausreichend Zeit zur Vorbereitung auf die Prüfung geben und ihnen selbstverständlich den erforderlichen Rahmen für die selbstständige Berufsausübung als Prüfsachverständiger oder Prüfsachverständigen beziehungsweise als Prüfsachverständiger oder als Prüfsachverständiger bieten.

All das bedeutet einen zusätzlichen, nicht unerheblichen Aufwand für uns und unsere Büros. Die Herausforderung, vor der wir stehen, werden wir aber nur dann meistern, wenn wir uns dieser Aufgabe mit hoher Priorität und hohem Engagement annehmen.

In diesem Sinne wünsche ich uns allen in unserem Berufsstand, dass wir in den nächsten Jahren viele neue Prüfsachverständige und Prüfsachverständigen und Prüfsachverständige als Kolleginnen und Kollegen in unserer Vereinigung begrüßen dürfen.



Foto: Firmengruppe Max Bögl, Sengenthal

*EINEN BRÜCKENÜBERBAU aus vorgespannten Betonfertigteileplatten hat der Präsident des Deutschen Instituts für Bautechnik, Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft, auf der jüngsten Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik vorgestellt. Die vorgespannten Fahrbahnplatten können ohne Asphaltierung oder Bauwerksabdichtung direkt befahren werden (mehr dazu ab Seite 22).*

## EDITORIAL

Dr.-Ing. Hartmut Kalleja: Dramatische Zeiten ... 3

## NACHRICHTEN

Arbeitstagung der BVPI in Berlin: Die Nachwuchssorgen der Prüfengeure nehmen zu: „Es geht jetzt um die Existenz des ganzen Berufsstandes“	6
Mitgliederversammlung der BVPI: Präsident Kalleja und sein Vorstand wurden wiedergewählt / Martin Hamann übernimmt das neue Ressort Digitalisierung	10
Die elektronische bautechnische Prüffakte ELBA der BVPI wird bis zum Frühjahr in sechs Bundesländern umgesetzt / Die meisten Behörden reagieren positiv	11
30 Jahre DER PRÜFINGENIEUR: Rückblick auf die Geschichte der BVPI / „Ihr Zweck ist der Erhalt des unabhängigen Prüfens als elementare Staatsaufgabe“	12
Erwartungen erfüllt: Erfolgreiche Fortbildung Sachkundiger Planer für den Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken in München	14
Der BÜV hat die Kompetenzfelder seiner Mitglieder hochwertig erweitert und vervollständigt / Rüdiger Scheel zum Ehrenmitglied gewählt	15
Die neue BVS Autobahn hat am 1. Oktober ihre operative Tätigkeit aufgenommen / Einheitliche Regeln für Prüf-Honorare nach RVP	16
Professionelle Empfehlungen für mehr IT-Sicherheit und für den Schutz vor Cyber-Angriffen in Ingenieurbüros	16
Das BSI bietet Hilfe beim Aufbau von Abwehrmaßnahmen gegen Cyber-Angriffe	18
Im Frühjahr und Herbst: Neue BÜV-Ausbildungslehrgänge zum Sachkundigen Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken	19
Christian Kühner und Lydia Thiesemann neue Vorsitzende der vpi Hamburg	20
25-jähriges Bestehen des IRCC: Die BVPI präsentiert das deutsche Prüfwesen vor internationalem Publikum	21

### Zum Titelbild:

*DIE HOCHMOSELBRÜCKE gilt als Jahrhundertbauwerk der Ingenieurbaukunst (siehe auch Seite 62).*

Foto: Stephan Dinges/AdobeStock

## BAURECHT / NORMUNG

Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft:

Das DIBt befürchtet in Brüssel die Entstehung einer technischen Parallelwelt zum Normensystem / „Für die Novelle der Bauproduktenverordnung müssen wir unseren Ingenieurverstand einbringen“ 22

## DIGITALES PRÜFEN

Dipl.-Ing. Martin Hamann:

Wenn die Digitalisierung kein Reizthema, aber Anreiz ist, ist die Kenntnis des digitalen Erbes der Weg zum Erfolg / Digitale Prozessinnovationen sind aber kein Selbstzweck, sondern dienen eindeutig definierten Unternehmenszielen 30

## DIGITALES PRÜFEN

BVPI-Arbeitskreis Digitalisierung:

Praktische Hinweise für die Ausstattung von Büros für die digitale Prüfung bautechnischer Nachweise / Hilfe für den Aufbau der Hard- und Softwareausstattung zur Digitalisierung der Arbeitsabläufe im Ingenieurbüro 37

## EUROCODE 1

Dr.-Ing. Hans-Alexander Biegholdt:

Detaillierte Einblicke in die Fortschreibung der neuen Normengeneration für Einwirkungen auf Tragwerke / Der steinige Weg zu tragfähigen Regelungen in Europa und die Suche nach Eindeutigkeit und Klarheit 41

## EUROCODE-NORMUNG

Dipl.-Ing. Christian Klein:

ISO, CEN, CEN/TC250, SCs, TGs, TPs, WGs, AHG, HG, PTs: Beteiligte, Prozesse und Stand der Eurocode-Normung / Mit der überarbeiteten neuen Eurocode-Generation und dem Zurückziehen der bisherigen ist erst 2028 zu rechnen 47

## BETONBAU

Dr.-Ing. Michael Frenzel / Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach:

Analyse und Optimierung des Tragverhaltens punktgestützter, zweiachsig gespannter Betondeckenplatten / Durch die Schichtung verschiedener Betone kann das Deckengewicht um bis zu 40 Prozent reduziert werden 53

## BRÜCKENBAU

Dr.-Ing. Thomas Klähne:

Die Hochmoselbrücke: Brückenschlag der Superlative und Jahrhundertbauwerk zukunftsweisender Ingenieurskunst / Beim Einschub des Stahlüberbaus waren komplexe Anforderungen zu beherrschen 62

## BRANDSCHUTZ-EUROCODES

Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß:

Bei der Revision der Eurocodes waren eindeutige Regeln für die Brandschutznachweise oberstes Gebot / Die neuen Regelungen können wahrscheinlich teilweise schon vor ihrer Einführung im Jahr 2026 genutzt werden 78

## BRANDSCHUTZ

Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Boris Stock / Dipl.-Ing. CEng Karl Wallasch:

Die Brandschutzregeln für Wohnhochhäuser werden in Deutschland und England grundlegend hinterfragt / Hier dominieren feste brandschutztechnische Regeln, dort gelten schutzzielorientierte Ingenieurmethoden 89

## IMPRESSUM

95

# Die Arbeitstagung der Bundesvereinigung mobilisiert 30 Prozent der Mitgliedschaft zur Präsenzveranstaltung

## Die Nachwuchssorgen der Prüffingenieure nehmen zu: „Es geht jetzt um die Existenz des ganzen Berufsstandes“

Ein hochofresenes „Hallo!“ hat es Mitte September immer wieder im Steigenberger Hotel Am Kanzleramt in Berlin gegeben, wo die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) ihre diesjährige Mitgliederversammlung und ihre traditionelle Arbeitstagung durchgeführt hat – seit drei Jahren erstmals wieder als Präsenzveranstaltung. Deutlich war zu spüren, wie sehr die Mitglieder der BVPI sich über die lange vermissste Gelegenheit gefreut haben, mit ihren Kolleginnen und Kollegen wieder persönlich zusammenzukommen und sich mit den Gästen der BVPI aus Politik, Wirtschaft und Verwaltung persönlich zu treffen. Neben dem Austausch qualifizierter Meinungen und Urteile über die fachlichen Vorträge und Diskussionen dieser Arbeitstagung wurde das Nachwuchsproblem der Prüffingenieure für Standsicherheit im Verlauf dieser Tagung immer wieder lebhaft diskutiert.

Als „uns allen große Sorgen bereitendes Problem“ hat der Präsident der Bundesvereinigung, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, das Nachwuchsproblem der Prüffingenieure in den Mittelpunkt seiner Begrüßungsansprache gestellt, mit der er 200 Mitglieder seiner Vereinigung aus ganz Deutschland willkommen heißen konnte – was gut und gerne einer Beteiligung von circa 30 Prozent der gesamten Mitgliedschaft der Bundesvereinigung bedeutet. Vor so vollbesetztem Tagungssaal sprach Kalleja ganz offen über die Schwere dieses Nachwuchsproblems, das ihm „ganz besonders auf dem Herzen liegt“. Es gehe dabei – das müsse jedem Mitglied klar sein – um nicht mehr und nicht weniger als um den Fortbestand des Berufsstandes der Prüffingenieure und Prüfsachverständigen.

Im Mittelpunkt dieser Entwicklung stehe, so Kalleja, das Verfahren, mit dem die Prüffingenieure in Deutschland anerkannt und zugelassen werden. In dem letzten Anerkennungsverfahren, das der gemeinsame Prüfungsausschuss des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) gerade für jene Bundesländer abgeschlossen hat, für die es die Anerkennung von Prüffingenieuren für Standsi-

cherheit durchführt – nämlich für Berlin, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen – haben von mehr als vierzig Prüfkandidaten nur vier Kandidaten das Anerkennungsverfahren erfolgreich durchlaufen. Das entspricht, so beklagt Kalleja unter dem erstaunten Gemurmel seiner Zuhörerschaft im Saal, einer Erfolgsquote von weniger als zehn Prozent und ist „aus meiner Sicht schlichtweg nicht akzeptabel“. Die Gründe für das schlechte Abschneiden der Kandidatinnen und Kandidaten seien sicherlich vielfältig, dennoch bedeute dieser Zustand, potenziert durch die für den Berufsstand ebenfalls bedrohlich sich auswirkende demografische Entwicklung, „eine ganz schwierige Situation für unseren Berufsstand in den kommenden Jahren“.

Kalleja rechnet vor: Aktuell hat die BVPI in Deutschland 626 Mitglieder. Vor zwanzig Jahren waren es noch 769. In den nächsten fünf Jahren drohe ein Rückgang auf weniger

als 550 Mitglieder. Allein diese Zahlen, so Kalleja, „verdeutlichen die Dramatik der Situation“.

Das Nachwuchsproblem der Prüffingenieure und Prüfsachverständigen ist aber nicht nur für den Fortbestand des ganzen Berufsstandes eine ernstzunehmende Gefahr, für, sondern auch für die bautechnische Sicherheit in Deutschland und damit auch für die Sicherheits- und Gefahrenlage unserer ganzen gebauten Umwelt. Und deshalb hat Kalleja die Bauaufsichtsbehörden in Deutschland aufgerufen, in ihren jeweiligen Gremien immer wieder eindringlich darauf hinzuweisen, dass die Tätigkeit und Funktion der Prüffingenieure in Deutschland „ein unverzichtbarer Bestandteil der grundgesetzlich geforderten Garantie des Staates für die öffentliche Sicherheit und Ordnung und für die Unversehrtheit von Leib und Leben und Gesundheit seiner Bürger“ seien. Es liege daher „auch im besonderen Interesse der Bauaufsichtsbehörden, dass Ihnen in den nächsten Jahren ausreichend viele amtlich anerkannte Prüffingenieure zur Verfügung stehen“, sagte Kalleja.

An seine eigenen Mitglieder appellierte Kalleja eindringlich, sich noch intensiver als bisher mit Konzepten und Möglichkeiten der Nachwuchsförderung auseinanderzusetzen und geeignete Kandidatinnen und Kandidaten auf die Ausübung ihres Berufs im Bereich der amtlich abgesicherten bautechnischen Prüftätigkeit aufmerksam zu machen und sie gezielt auch darauf vorzubereiten. „Nur wenn auch wir uns selbst um dieses Thema entschlossen und entschieden kümmern“, rief Kalleja aus, „können wir die Zukunft unseres Berufsstandes sichern“. (Siehe zu diesem Thema auch das *Editorial* auf Seite 3).

Helfen möchte bei Maßnahmen zur Verbesserung der Wirksamkeit der Anerkennungsverfahren der Prüffingenieure auch der Senat von Berlin. Zumindest der Staatssekretär für Bauen und Wohnen der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Christian Gaebler, hat ein solches Vorhaben angekündigt. Auch er beanstandete in seinem politischen Grußwort zur Arbeitstagung der BVPI die derzeitige Situation, die dazu geführt habe, dass beim



Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam

*FAST 30 PROZENT seiner gesamten Mitgliedschaft hat der Präsident der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI), Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, zur diesjährigen Arbeitstagung in Berlin begrüßen können.*

jüngsten Anerkennungsverfahren in Berlin aus einer Reihe mehrerer Bewerber nicht einer der Kandidaten die Prüfung habe bestehen und folglich auch kein Prüfmgenieur in Berlin zusätzlich habe zugelassen werden können. Es müssten, so Gaebler, die Schlussfolgerungen des BVPI-Präsidenten Kalleja aus seiner landespolitischen Sicht bekräftigend, Mittel und Wege gefunden werden, um das Anerkennungsverfahren so rasch wie möglich und so sachdienlich wie nötig derart zu modernisieren, dass wieder mehr Prüfmgenieure anerkannt werden und Dienst tun können. „In Berlin“, so konkretisierte Gaebler seine Meinung, „gibt es derzeit zum Beispiel nicht einen Prüfmgenieur für den Holzbau“, obwohl erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um den Holzbau als nachhaltige Bauweise zu favorisieren und politisch zu befördern.

Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam



*DER STAATSEKRETÄR für Bauen und Wohnen in Berlin, Christian Gaebler (r.), hier zusammen mit BVPI-Präsident Kalleja, hat den Prüfmgenieuren Unterstützung bei der Überarbeitung des Konzepts für die Anerkennungsverfahren der Prüfmgenieure zugesagt.*

Als ähnlich bedrohlich wie die Nachwuchsproblematik dürfte für den Fortbestand des Berufsstandes im Berufsleben der Prüfmgenieure und Prüfsachverständigen jene Versuchung sein, der sie sich ständig ausgesetzt sehen: der Versuchung nämlich, so Kalleja, „bei einer Angebotsabgabe die eine oder andere Kleiner-Gleichposition großzügig nach unten auszulegen“ und darüber hinaus möglicherweise „noch einen Abschlag auf das Gesamthonorar anzubieten“. Eine solche Praxis, sollte sie sich einbürgern oder gar verfestigen, bezeichnete Kalleja als eine große Gefahr für den Bestand des Berufsstandes, denn „im Ergebnis schaden wir uns damit selbst“, weil die auf diesem Weg festgelegten Honorare „schlicht und ergreifend nicht auskömmlich sind für uns“. Ganz im Gegensatz dazu, so mahnte Kalleja Einsicht an, „sollten wir Prüfmgenieure uns immer wieder klarmachen, dass unsere Prüftätigkeit fachlich hochwertig ist und damit ein angemessenes Honorar begründet ist und betriebswirtschaftlich auch erfordert“.

Institutionell unterstützen die Prüfmgenieure bei der Durchsetzung dieses Standpunktes die Bewertungs- und Verrechnungsstellen der Prüfmgenieure (BVS), die, wie Kalleja in Erinnerung ruft, den Prüfmgenieuren helfen würden, die Anwendung solcher Praktiken unnötig zu machen“.

Er verwies in diesem Zusammenhang auf die neue Autobahn-BVS, die im März dieses Jahres von der BVPI und der Bundesingenieurkammer gegründet worden ist und am 1. Oktober dieses Jahres ihre operative Arbeit aufgenommen hat (siehe Seite 16). Sie solle, so erläuterte Kalleja, dabei helfen, „die Aus-

wüchse bestimmter Ausschreibungsverfahren der Autobahn GmbH des Bundes im Bereich der Bundesfernstraßen einzudämmen“, um „im optimalen Fall sogar zu Auftragsvergaben wie im Bereich der Landesbauordnungen zu kommen“.

Vorbild für die BVS-Autobahn ist die BVS-EBA im Bereich der Eisenbahnen, die sowohl für die DB Netz AG als auch für die Prüfsachverständigen im Eisenbahnbereich hervorragend funktioniere und die sich schon kurz nach ihrer Gründung als echtes Erfolgsmodell etabliert habe, so Kalleja. An diesen Erfolg solle die BVS-Autobahn im Bereich der Bundesfernstraßen anknüpfen und insbesondere dafür sorgen, dass Prüfaufträge zukünftig nach einheitlichen Kriterien und unter Ausschluss ruinöser Ausschreibungsverfahren vergeben werden. Aber: diese Mahnung schob Kalleja dann noch an die Adresse seiner Mitglieder ein: „Der Erfolg der neuen BVS für die Autobahn und aller anderer BVS hängt ganz maßgeblich davon ab, dass wir alle die Bewertungsstelle auch tatsächlich konsequent nutzen“.

#### **Zugkräftiges Vortragsprogramm**

Die Arbeitstagung der Bundesvereinigung selbst war wieder eine überzeugende Darstellung der zugkräftigen thematischen Vielfalt, die den Mitgliedern der BVPI auf ihren Arbeitstagungen jedes Jahr geboten wird – und übrigens auch von den vpi-Landesvereinigungen auf deren Tagungen auf Länderebene.

Seit einigen Jahren schon ist es Tradition auf den Arbeitstagungen der BVPI, dass der Präsident des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft, den Prüfmgenieuren der BVPI einen Bericht zur Lage des DIBt erstattet. So auch in diesem Jahr. Ausführlich und mit einigen aufschlussreichen Interna gespickt, berichtete Breitschaft über die Entwicklung des nationalen Regelungsrahmens, über – und das sehr ausführlich und mit vielen interessanten Details – die Novelle der Bauproduktenverordnung, über den Sinn und die Konsequenzen des sogenannten Acquis-Prozesses der EU-Kommission, mit dem die Kommission die technische Harmonisierung nach der Bauproduktenverordnung vorantreiben will, und über das, was die Zukunft voraussichtlich bringen wird. Optimistisch äußerte sich Breitschaft in diesem Zusammenhang über die Weiterentwicklung des Anerkennungsverfahrens für die amtlich anerkannten Prüfmgenieure für Standsicherheit, die bei der inhaltlichen Restauration dieses Verfahrens mit der vollen Unterstützung des DIBt rechnen dürften (siehe auch Seite 22).

Den ersten Vortrag der auf Breitschafts Referat folgenden Vortragsreihe des Fachprogramms des ersten Tages bestritt Dr.-Ing. Hans-Alexander Biegholdt, der Leiter der Landesstelle für Bautechnik des Freistaates Sachsen. Er sprach über die Arbeit an den europäischen Normen für Einwirkungen auf Tragwerke und erlaubte seinem Auditorium einen wissenswert tiefen Einblick in die Kom-



Foto: TU Dresden

*DAS ERSTE CARBONBETONHAUS der Welt steht in Dresden. Es stellt einen großen Schritt in Richtung einer zukunftsfesten nachhaltigen Bauweise dar, denn mit Carbonbeton lässt sich der Energieverbrauch der Bauwirtschaft drastisch reduzieren.*

plexität und Vielschichtigkeit dieser Arbeit und über die Bemühungen der deutschen Seite, mit Beharrlichkeit und guten Argumenten die künftigen europäischen Einwirkungsnormen so zu gestalten, dass sie hinsichtlich ihrer fachlichen Verständlichkeit und ihrer definitorischen Prägnanz eindeutig und präzise formuliert sind (siehe auch Seite 41).

Einige Zeit später betrat Prof. Dr.-Ing. Manfred Curbach, der Direktor des Instituts für Massivbau der TU Dresden, an dem er den Betonleichtbau, den Carbonbeton und Betone unter dynamischer Beanspruchung erforscht, die Bühne der BVPI-Arbeitstagung. Er stellte seinem Publikum den CUBE vor, das erste Carbonbetonhaus der Welt. Dieses Gebäude, so Curbach, ist ein großer Schritt in Richtung einer zukunftsfesten nachhaltigen Bauweise, denn mit Carbonbeton lasse sich der Energieverbrauch der Bauwirtschaft drastisch reduzieren. In großem Maßstab eingesetzt, könne er das Bauen energieeffizienter, materialschonender und kreislauffähiger machen. Zugleich könne man mit dem neuen Baustoff – wie das CUBE demonstrierte – technisch und ästhetisch sehr anspruchsvoll bauen. Das sei, so resümiert Curbach, eine große Chance für das klimagerechte Bauen.

Die Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens nach DIN 18009 und die sich ergebenden Konsequenzen für die Zusammenarbeit der Brandschutzplaner mit den Erfordernissen der Standsicherheit erklärte dann der

Prüfingenieur für Brandschutz Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Geburtig, Chef der Planungsgruppe Geburtig in Weimar und Honorarprofessor für Brandschutz an der Bauhaus-Universität Weimar sowie Dozent mehrerer einschlägig tätiger Weiterbildungsinstitute.

Zeitlich parallel aber räumlich getrennt war der Nachmittag des ersten Tages in zwei Vortragsblöcke über Straßenbau und Brandschutz aufgeteilt. Auf der einen Seite referierten

- der Prüfingenieur für Standsicherheit Dr.-Ing. Thomas Klähne von der Klähne Bung Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH in Berlin, der über den Einschubvorgang des Stahlüberbaus für die Hochmoselbrücke sprach, das zu ihrer Bauzeit größte Brückenbauwerk Europas (siehe auch Seite 62),
- der Experte für Bauwerksmanagement der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Dr.-Ing. Ronald Schneider, der die Überwachung von Brücken mit digitalen Methoden beschrieb und
- Rainer Siegel, der die Abteilung Bau der Autobahn GmbH des Bundes mit den beiden Referaten für Erd- und Straßenbau und Konstruktiven Ingenieurbau leitet. Er stellte die Entstehungsgeschichte und die vielfältigen, sehr weitreichenden und umfassenden Aufgaben und Zuständigkeiten der Autobahn GmbH des Bundes vor, die nach langer Gründungszeit am 1. Januar 2021 ihren Geschäftsbetrieb aufgenommen hat und heute

an 300 Standorten in Deutschland mehr als 12.500 Beschäftigte zählt. Sie ist im Geschäftsbereich Planung, Bau und Innovation praktisch für alles verantwortlich, was an den deutschen Autobahnen gebaut und saniert wird. Seidel hatte eine besonders aufmerksame Hörerschaft, weil seine Abteilung als potenter Auftraggeber der Ingenieurbüros und natürlich auch der Prüfingenieure angesehen werden kann und weil mit der BVS-Autobahn, der Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfingenieure für Prüfprojekte der Autobahn-GmbH, jetzt auch eine sichere und faire Form der Honorierung von Prüfleistungen existiert (siehe auch Seite 16).

Die parallele Vortragsreihe dieses Nachmittags behandelte den Brandschutz. Hier traten

- der Prüfingenieur für Standsicherheit und Brandschutz Dipl.-Ing. (FH) Bernd Stark von der oemig + stark Ingenieurgesellschaft mbH in Kiel auf, der über die Auswirkungen der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) auf das Planen und Prüfen referierte und
- der Prüfingenieur für Brandschutz Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß, der an der TU Braunschweig das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) und die Niederlassung der *hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH* in Hamburg leitet, der über die Brandschutznachweise in den neuen Eurocodes berichtete (siehe Seite 78) sowie

■ Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Boris Stock von der bft Cognos GmbH Köln und Dipl.-Ing. CEng Karl Wallasch von der Trigon Fire Safety in London, die die Brandschutzregeln für Hochhäuser in England mit den Brandschutzvorschriften in Deutschland verglichen und dabei bemerkenswerte Differenzen in der politischen, ingenieurtechnischen und in der sicherheitssensitiven Bewertung konstatiert haben (siehe auch Seite 89).

Auch der Vormittag des zweiten Tages dieser BVPI-Arbeitstagung, ein Samstag, war vollgepackt mit Vorträgen über aktuelle ingenieurtechnische und büroorganisatorische Angelegenheiten. Im Einzelnen:

■ Dr.-Ing. Christoph Alfes, beim Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) als Projektleiter für Betontechnik, Betonfertigteile und Forschung zuständig, erklärte die neuesten Entwicklungen, die bei der Benutzung von Betondecken und -dächern aus Fertigteilhohlplatten zu beachten sind,

■ der Prüfenieur für Brandschutz Dipl.-Ing. Martin Hamann von der Hamann Ingenieure GmbH in Berlin sinnierte darüber, ob die unweigerlich auf ein jedes Prüfbüro zukommende Digitalisierung der bautechnischen Prüfung für die Chefs und Angestellten in den Büros der Prüfenieure ein *Reizthema* oder ein *Anreiz* sei, die eigene Arbeit der Digitalisierung zu unterwerfen, und er gab als Praktiker mit einschlägigen teils guten und teils weniger guten Erfahrungen seinen Kollegen im Saal Empfehlungen und Handlungstipps für die Umstellung der Arbeit von der analogen auf die digitale Arbeitsweise (siehe auch Seite 30),

■ schließlich beendeten diesen Arbeitstag Dr.-Ing. Michael Schwedler von der Jörss-Blunck-Ordemann GmbH in Hamburg mit einem Vortrag über Mörtelverbindungen für den Abtrag von Biegebeanspruchungen und axiale Lasten im Stahlbau und

■ Oliver Schmidt als zuständiger Projektoberleiter der Ed. Züblin AG über die Probleme und Herausforderungen, die sich den Planern und den Bauausführenden bei der Verlängerung der Autobahn 100 quer durch Berlin in den Weg gestellt haben – und mit welchen originellen und ausgefallenen technischen Auswegen sie sie bewältigt haben.

### Bauen im Weltall

Jedes Jahr gibt es bei den Arbeitstagungen der Bundesvereinigung der Prüfenieure einen Festvortrag, der ein besonderes, thematisch aber nicht unbedingt originär zu den professionellen Sachverhalten der Prüfenieure passendes, sie aber dennoch wohl interessierendes Sujet abhandelt. Meistens sind allerlei berufsfremde Experten dabei zu sehen und zu hören.

Dieses Jahr nicht. Dieses Jahr hielt ein Ingenieur-Kollege die Festrede, ein Bauingenieur und Prüfenieur, der auf seinem langen beruflichen Weg von seiner Tätigkeit als Ingenieur sehr weit abkam: Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, vielen aktiven und auch vielen schon ruheständlerischen Ingenieuren namentlich und vielleicht auch persönlich ein Begriff.

Er hat Bauingenieurwesen studiert, arbeitete für ein Ingenieurbüro, wurde Professor an der TU Darmstadt und von 1995 bis 2006 deren

Präsident, schließlich Vorsitzender des Vorstandes des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt und dann, von 2015 bis Februar 2021, Generaldirektor der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Heute ist Wörner Präsident der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech), der von Bund und Ländern geförderten nationalen Akademie der Technikwissenschaften, die – unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten – Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen nach eigenen Angaben unabhängig, faktenbasiert und gemeinwohlorientiert berät.

Wörner hatte ein Thema, das auf den ersten Blick für seine Zuhörerschaft nicht allzu viel Substanzielles zu bieten hat: Bauen im und für den Weltraum. Wer da aber glaubte, beide Themen: Bauen und Weltall, passten nicht zusammen, der irrte. Denn der Bauingenieur Jan Wörner öffnete seiner Zuhörerschaft ein Kaleidoskop bunter Informationen und Neuigkeiten, die, zusammengenommen, ein Bild ergaben, auf dem deutlich zu erkennen war, welch' vielfältige Auftragschancen die Bauwirtschaft im Rahmen bisher ausgeführter und geplanter Raumfahrtmissionen hat – nicht nur im Ausland, sondern auch mannigfaltig und lohnend hier in Deutschland. Wörner konnte seiner erstaunten Zuhörerschaft mit seinem launig und kurzweilig mit vielen Anekdoten gewürzten Vortrag nämlich zahlreiche und wichtige Projekte aufzeigen, bei denen der konstruktive Ingenieurbau maßgebliche Beiträge für die Realisierung liefern konnte und auch weiterhin noch wird liefern können. -kw-

## Die nächste Arbeitstagung der Prüfenieure für Bautechnik ist am 15./16. September 2023 in Hamburg

Foto: adobe stock, Jonas Weimtschke



*Die nächste Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfenieure für Bautechnik (BVPI) wird am 15. und 16. September 2023 im Empire Riverside Hotel im Herzen von St. Pauli in Hamburg stattfinden. Auf ihrem Programm stehen, wie in jedem Jahr auf den Agenden dieser Tagungen, fachlich anregende und informativ bedeutende ingenieurwissenschaftliche Vorträge und Diskussionen. Der traditionelle Landesabend der Landesvereinigung Hamburg der Prüfenieure für Bautechnik wird in der historisch bedeutsamen Hamburger Fischauktionshalle stattfinden.*

# BVPI-Mitgliederversammlung: Präsident Kalleja und sein kompletter Vorstand wurden in ihren Ämtern bestätigt Nach dafür notwendiger Satzungsänderung übernimmt Martin Hamann das neue Vorstandsressort Digitalisierung

Die Mitglieder der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) haben anlässlich ihrer jüngsten Mitgliederversammlung im Vorfeld ihrer Arbeitstagung 2022 in Berlin (siehe Seite 6) ihren bisherigen Präsidenten Dr.-Ing. Hartmut Kalleja und den kompletten amtierenden Bundesvorstand für die kommenden zwei Jahre in ihren Ämtern bestätigt – und ein neues Ressort für das Thema Digitalisierung eingerichtet, das Dipl.-Ing. Martin Hamann aus Berlin verantworten wird.

Nachdem die Mitgliederversammlung 2020 im schriftlichen Verfahren durchgeführt werden musste, traf man sich dieses Jahr wieder in Präsenz. Und zu dieser Sitzung im Steigenberger Hotel am Kanzleramt in Berlin konnte der neue und alte Präsident mehr als 130 Teilnehmer und Teilnehmerinnen begrüßen, das sind fast 20 Prozent der gesamten Mitgliedschaft der BVPI.

Kalleja legte den Rechenschaftsbericht des Vorstandes über die Arbeit der vergangenen zwei Jahre vor. Dessen Schwerpunkte waren unter anderen:

- die Teilnahme an diversen Anhörungsverfahren, vor allem zur geplanten Änderung der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVB TB, Ausgabe 2022/29) und zur Änderung der Musterbauordnung der Länder (MBO),
- die multilaterale berufspolitische und fachtechnische Begleitung der Novellierung der künftigen europäischen Bauproduktenverordnung,
- die Pflege und der Ausbau des internationalen Netzwerkes der deutschen Prüfsachverständigen (siehe auch Seite 21),
- die Zusammenarbeit mit anderen Ingenieurverbänden, Kammern und einschlägig tätigen benachbarten Organisationen des Bauwesens,
- die zielbewusste Mitwirkung an der nationalen Normenarbeit und die deutsche Beteiligung an der zähflüssigen, aber unumgänglichen Arbeit an den europäischen Normen, vor allem an den Eurocodes,



Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam

*OHNE ABSTIMMUNG keine Entscheidungen. Hier wird gerade der Präsident der BVPI für die nächsten zwei Jahre wiedergewählt.*

- die Fertigstellung, Konkretisierung und operative Durchsetzung der elektronischen bautechnischen Prüfkarte (ELBA) der BVPI, die bis zum nächsten Frühjahr in sechs Bundesländern eingeführt werden soll und von den meisten obersten Behörden des Bundes und der Länder durchaus positiv beurteilt worden ist (siehe Seite 11 und Seite 30),
- der Aufbau der Bewertungs- und Verrechnungsstelle Autobahn GmbH, die die BVPI zusammen mit der Bundesingenieurkammer für die Abrechnung der Honorare für die Arbeit an Projekten der Autobahn GmbH des Bundes gegründet hat,

- die Öffentlichkeitsarbeit und, damit zusammenhängend, die fachlich-inhaltliche und organisatorische Vorbereitung und Durchführung der Arbeitstagungen der BVPI,
- die Erstellung und Überarbeitung von Technischen Mitteilungen (TM) der Technischen Ausschüsse der BVPI zu aktuellen technischen und baurechtlichen Sachverhalten, die jedem Interessenten über die Suchfunktion einer speziell dafür eingerichteten Datenbank auf der Website der BVPI erschlossen und als PDF-Dokumente zum Download bereitgestellt werden oder als Link auf aktuelle Dokumente verweisen,
- die Geschäftsbesorgungen für die Vereinigung der Sachverständigen und Prüfer für bautechnische Nachweise im Eisenbahnwesen (vpi-EBA), den Bau-Überwachungsverein (BÜV) und das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ), das die BVPI vor einigen Jahren als Antwort auf die europäischen Entwicklungen als eine spezialisierte Zertifizierstelle gegründet hat, die hochqualifizierte Prüfsachverständige streng nach der Qualitätsnorm DIN EN ISO IEC 17024 zertifiziert und überwacht.

Neben der Digitalisierung der bautechnischen Prüfung liege, so berichtete Kalleja weiter, die größte Herausforderung für die



Foto: Reinhardt & Sommer, Potsdam

*DER GESAMTE VORSTAND DER BVPI wurde in seinen Ämtern bestätigt. Zusätzlich wurde Dipl.-Ing. Martin Hamann (Berlin) (links) hineingewählt, der das neue Vorstandsressort Digitalisierung übernommen hat; neben Hamann sind (weiter von links) hier zu sehen: Dipl.-Ing. Axel Bißwurm, Dr.-Ing. Hartmut Kalleja, Dr.-Ing. Markus Hennecke und Dr.-Ing. Markus Wetzel. Nicht im Bild: die Vorstandsmitglieder Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle und Prof. Dr.-Ing. Sylvia Heilmann.*

Prüfingenieure und für die Prüfsachverständigen und damit für die BVPI als deren Interessenvertretung im Bund nach wie vor darin, hochqualifizierte Bauingenieure und Bauingenieurinnen für den Beruf des Prüfingenieurs anzusprechen und zu begeistern und sie bei der erfolgreichen Absolvierung des Anerkennungserfahrens zu unterstützen. Hierzu bedürfe es der gezielten Anstrengungen sowohl von den Prüfingenieuren selbst als auch von den Bauaufsichtsbehörden (siehe hierzu auch das Editorial Seite 3 und den Bericht über die Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfingenieure auf Seite 6).

Nach den Berichten der beiden Kassenprüfer Dipl.-Ing. (FH) Vinzent Fliegner (Berlin) und Dipl.-Ing. Bernd Kiele (Putbus) erteilten die

Sitzungsteilnehmer dem Vorstand einstimmig die Entlastung für die Arbeit der vergangenen zwei Jahre.

In den Vorstandswahlen stellte sich der komplette Vorstand zur Wahl und wurde für weitere zwei Jahre im Amt bestätigt. Ihm gehören deshalb weiterhin an:

- Dr.-Ing. Hartmut Kalleja (Berlin) als Präsident,
  - Dr.-Ing. Markus Hennecke (München) als Vizepräsident;
- als Vorstandsmitglieder
- Prof. Dr.-Ing. Sylvia Heilmann (Pirna),
  - Dipl.-Ing. Axel Bißwurm (Mannheim),
  - Prof. Dr.-Ing. Robert Hertle (Gräfelfing),
  - Dr.-Ing. Markus Wetzel (Hamburg).
- Darüber hinaus wurde nach Genehmigung

einer dafür notwendigen Satzungsänderung ein neuer Vorstandssitz für das Thema Digitalisierung geschaffen, mit dessen verantwortlicher Bearbeitung der Prüfingenieur Dipl.-Ing. Martin Hamann aus Berlin betraut wurde.

Abschließend wurden die Haushaltspläne für die Jahre 2023 und 2024 vorgestellt und verabschiedet. Die BVPI ist damit für die Arbeit der kommenden zwei Jahre gut gerüstet und aufgestellt.

Die nächste BVPI-Mitgliederversammlung findet am 19. September 2024 am Vortag der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik 2024 in Wiesbaden statt. H. D.

## Die elektronische bautechnische Prüfkarte ELBA der BVPI wird bis zum Frühjahr in sechs Bundesländern umgesetzt Die meisten obersten Behörden reagieren positiv und wollen in die weitere Entwicklung einbezogen werden

Wie bereits in den vergangenen Ausgaben des *PRÜFINGENIEURS* berichtet, arbeitet die Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik (BVPI) seit Mitte 2021 daran, eine webbasierte Daten- und Kommunikationsplattform für bautechnische Nachweise aufzubauen, über die sowohl der gesamte bautechnische Prüfprozess digital abgebildet als auch die komplette Kommunikation zwischen den Beteiligten durchgeführt werden kann. Das unter dem Namen ELBA laufende Projekt ist jetzt in Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg und Schleswig-Holstein in die erste Umsetzungsphase eingetreten.

Zuvor waren im Sommer 2022 im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens die *abacon abp solution GmbH* (Baden-Baden) und die *lundS AG* (Berlin) als geeignete IT-Dienstleister für die Ausarbeitung des ELBA-Lastenheftes ausgewählt worden. In dem Lastenheft sind die wesentlichen technischen und grafischen Anforderungen (Gestaltungskonzept, Layout, Plattformarchitektur, Technikansatz, User-Interface, Module) für ELBA definiert.

Nach einem internen Diskussionsprozess haben sich die genannten sechs Bundesländer entschieden, im Rahmen einer pilotweisen



Einführung von ELBA erste Erfahrungen mit der Plattform zu sammeln. Die Vorgehensweise sieht dabei so aus, dass, ausgehend von einer ELBA-Master-Version, die jeweiligen länderspezifischen Anpassungen identifiziert und in die Software eingearbeitet werden.

Hierbei müssen insbesondere die unterschiedlichen Beauftragungssituationen (hoheitlich/privat) und die Besonderheiten bei den zu erstellenden Berichten und sonstigen Unterlagen beachtet werden. Darüber hinaus müssen vorhandene Bewertungs- und Verrechnungsstellen (BVS) in den Datenaustausch eingebunden werden.

Nach einer ausgiebigen Testphase der Software mit Dummy-Projekten, sollen die länderspezifischen Plattformen zum 31. März

2023 in den produktiven Betrieb übergehen. Im Anschluss daran sollen weitere Bundesländer sukzessive in den ELBA-Betrieb eingebunden werden.

Parallel zu der Entwicklung der Plattform hat die BVPI das ELBA-Projekt in den vergangenen Monaten in nahezu allen Obersten Baubehörden und Obersten Bauaufsichten vorgestellt. Die Rückmeldungen waren durchweg positiv und viele Behörden wollen in die weitere Entwicklung des Projektes einbezogen werden.

Ausführliche Gespräche wurden auch mit Vertretern der EfA-Lösung für die Digitale Bauakte aus Mecklenburg-Vorpommern geführt, um Möglichkeiten zur Integration von ELBA in die dortige Softwarelösung auszuloten. Diesbezügliche Entscheidungen stehen allerdings noch aus.

Schließlich wurde im Zusammenhang mit ELBA ein sogenannter Change-Request-Antrag zur Anpassung des Prüfablaufs der bautechnischen Prüfung bei der X-Leitstelle Plänen und Bauen eingereicht. Über diesen Weg konnten auch mehrere X-Bau-Nachrichten im Rahmen der bautechnischen Prüfung definiert werden. H.D.

# „Zweck der BVPI ist der Erhalt des Prüfens als elementare Staatsaufgabe zur Gewährleistung öffentlicher Sicherheit“ „Um europäisch zu überleben, müssen wir bundesweit wenigstens ungefähr gleiche Randbedingungen anstreben“

Vor genau 30 Jahren, nämlich am 15. November 1992, ist die erste Ausgabe dieses Magazins erschienen, das seither unter dem Titel *Der Prüflingenieur* zweimal im Jahr erscheint. Seine primäre Aufgabe war und ist es, die vielen fachlichen und ingenieurwissenschaftlichen Vorträge, die auf den jährlichen Arbeitstagen der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) gehalten werden, als von den Referenten durchgearbeitete redaktionelle Fachbeiträge zu veröffentlichen. *Der Prüflingenieur* wendet sich bewusst nicht an die Mitglieder der Herausgeberin allein, sondern, weit darüber hinaus, an rund 5.000 fachspezifisch sehr zielgerichtet ausgewählte verbandsexterne Empfänger in den Bauverwaltungen des Bundes, der Länder und der Kommunen sowie in den Bau- und Planungsabteilungen von Wirtschaft und Industrie. Erstrangige Aufgabe des Prüflingenieurs ist daher, der publizistischen Intention seiner Herausgeberin folgend, inhaltlich hochwertige fachliche und ingenieurwissenschaftliche Informationen und Erkenntnisse einem Publikum außerhalb seines eigenen korporativen Terrains anzubieten, einem Publikum zumal, das ein professionell quasi weiterbildendes Interesse an jenen Vortragsinhalten haben dürfte, die die Prüflingenieure aus ihrer täglichen bautechnisch prüfenden Arbeitspraxis heraus als theoretisch wissenswerte und praktisch verwertbare Neuigkeiten oder Erfahrungen ausgewählt haben. Neben dieser aber hat *Der Prüflingenieur* auch die Aufgabe, Meinungen, Argumente, Fakten und Überzeugungen in die jeweils einschlägig tangierte politische, wissenschaftliche oder fachlich anzusprechende Öffentlichkeit hineinzubringen, die das berufspolitische, baujuristische oder rein fachliche Metier der Prüflingenieure und Prüfsachverständigen in ihren Büros und ihren Auftraggebern gegenüber betreffen. Unter diesem Rubrum hat *Der Prüflingenieur* in den vergangenen dreißig Jahren jene Ereignisse, Entwicklungen, Geschehnisse oder Mark-

steine beobachtet und kommentiert, die als komprimiertes Ergebnis den heutigen Stand der beruflichen Situation der Prüflingenieure und Prüfsachverständigen darstellen.

Ein aufmerksamer Zeuge und aktiv Beteiligter und Beobachter der Geschichte der BVPI und des *PRÜFINGENIEURS* in diesen dreißig Jahren ist Dr.-Ing. Dietmar H. Maier. Er hat anlässlich des dreißigjährigen Bestehens des *PRÜFINGENIEURS* eine kurzgefasste Geschichte dieser Zeit geschrieben – aus seiner Sicht und mit jener Klarsicht, die der kritische Blick in die eigene Vergangenheit gelegentlich verschafft. Hier ist sie:

## Zukunft braucht Herkunft

von Dr.-Ing. Dietmar H. Maier

Als im September 2018 ein neuer Vorstand der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) gewählt wurde und auch ein neuer Geschäftsführer die Geschäftsstelle übernahm, zeichnete sich ein Generationenwechsel ab. Auch ich beendete damals nach gut zwei Jahrzehnten mein Engagement für meinen Berufsverband. Jetzt, vier Jahre später, wird unser *PRÜFINGENIEUR* 30 Jahre alt: Ein persönlich geprägter Rückblick bietet sich hier an.

Meine Startphase, zuerst als Beiratsmitglied, unter dem erst kürzlich verstorbenen Präsidenten Dr.-Ing. Günther Timm war geprägt von der Wiedervereinigung Deutschlands. Es war gelungen, den Prüflingenieur auch in allen neuen Bundesländern zu installieren und die neuen Kollegen in Landesverbänden mit Anschluss an den Bundesverband zu organisieren.

Gleichzeitig hat Timm, weil er gewusst hat, wie wichtig für die Verbandsarbeit ein publizistisches Sprachrohr ist, die Zeitschrift *DER PRÜFINGENIEUR* ins Leben gerufen und eine Redaktion bestellt, die bis heute unverbrüchlich ihren Dienst versieht.

Weil die Zukunft der Prüflingenieure für Timm und seinen Vorstand auch damals schon ein Thema war, wurde, mit dem Ziel, umfassendere Aufgaben privat zu übernehmen, der Bau-Überwachungsverein (BÜV) gegründet. Timm erkannte das Manko, dass Prüflingenieure nur für den Hochbau, nicht aber für die Kunstbauwerke der Infrastruktur organisiert waren und knüpfte daher als BÜV-Präsident erste Kontakte zum Eisenbahn-Bundesamt (EBA).

Nachfolger Timms wurde Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä, während ich die Verantwortung für die Geschicke des BÜV übernahm. Andrä versuchte das kleinstaatliche Denken in den Landesverbänden aufzubrechen und den Sinn dafür zu schärfen, dass wir, statt uns in sechzehn unterschiedlichen Prüfverordnungen und Abschottung der Gebietsgrenzen zu differenzieren, gemeinsam mit der Harmonisierung Europas und auch mit den für uns gültigen europäischen Rechtsverordnungen auseinandersetzen müssen. Nach zahlreichen arbeitsreichen Wochenenden versuchte er, in der bunten Masse des um die Vorsitzenden der Landesvereinigungen erweiterten Vorstandes der BVPI ein gemeinsames Verständnis und einen *new approach* zur Verbandsarbeit zu bewirken. Wegen des großen Unmuts aller Baupraktiker über das ausufernde und oft nicht mehr ingenieurmäßig erfassbare europäische Normenwerk gelangte er zu der Auffassung, dass diese jetzt ihr Schicksal selbst in die Hand nehmen müssten. Weil er die Prüflingenieure im Besonderen und die Ingenieure im Allgemeinen allein für zu schwach hielt, suchte er auch den Kontakt zur Bauindustrie, mit der zusammen er letztlich die private Normeninitiative Praxis-Regeln-Bau (PRB) gründete.

Ich versuchte die damals fachlich sehr heterogen zusammengesetzte Mitgliedschaft des BÜV zu ordnen. In ihm sollten sich alle wiederfinden, die sich mit nicht gesetzlich verankerten Prüfaufgaben im Baubereich beschäftigen. Die auf Verordnungen beruhenden Prüfungen im eisenbahntechnischen Bereich beschloss ich aus dem BÜV auszugliedern.

Unter dem Dach der BVPI wurde deshalb 2007 die Vereinigung der Sachverständigen und Prüfer für Bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau (vpi-EBA) als 17. Mitglied neben den sechzehn Landesverbänden gegründet. Dies verschaffte uns gegenüber der Bahn ein neues *Standing* und ermöglichte schließlich auch die Abrechnung aller Prüfaufgaben über eine eigene Bewertungs- und Verrechnungsstelle EBA, ein Erfolgsmodell für alle Beteiligten.

Die Eingliederung der insbesondere in den neuen Ländern etablierten brandschutztechnischen Prüfer wurde wegen der unterschiedlichen Zulassungsvoraussetzungen und anderer behördlicher Randbedingungen anfangs kontrovers diskutiert; Sie stellen inzwischen aber eine wesentliche und bereichernde Mitgliedergruppe der BVPI dar.

Als Hans-Peter Andrä sein Amt niederlegte, wurde Dr.-Ing. Markus Wetzel als junger, engagierter Praktiker aufs Schild gehoben. Der Kampf für praktikablere Normen begeisterte ihn sofort. Das europäische Engagement trägt nicht nur die Aspekte der Anwender in die Bemessungsnormen, gleichzeitig werden auch die deutschen Prüfingenieure mit ihrer ansehnlichen Fachkompetenz erstmals europaweit wahrgenommen.

2018 ließ sich Dr.-Ing. Hartmut Kalleja davon überzeugen, als Präsident die weiteren Geschicke des Verbandes in die Hand zu nehmen. Mit verjüngter Mannschaft und dem neuen Geschäftsführer ging er die Ausrichtung des Verbandes außerordentlich systematisch mit der ihm eigenen Klarheit und Verbindlichkeit an. Die wesentlichen Ziele wurden benannt, Zuständigkeiten festgelegt und die Aktivitäten in monatlichen Berichten dokumentiert.

Besonders freue ich mich, dass die Erweiterung der Einbeziehung von Prüfung und Abrechnung der Infrastrukturbereiche Straße und Wasserstraße mit der Gründung der Bewertungs- und Verrechnungsstelle Autobahn einen ersten Erfolg verbucht. Die Ausweitung auf alle Straßenbauwerke und den Wasserbereich ist ein weiteres Ziel. Auch das Engagement in der europäischen Normungsarbeit zeitigt einen berufsständigen Etappensieg durch die Verankerung der bautechnischen Prüfung in der EN 1990.

### Schwierigkeiten der Verbandsarbeit

Die Gedanken, die uns in den letzten Jahrzehnten in den Vorständen und Gremien der BVPI bewegt und geleitet haben, sowie die

Klippen und Schwierigkeiten, die man als Mitglied des Vorstandes mit Verantwortung für seinen Teil der Verbandsarbeit erkannt hat, will ich hier noch einmal zusammenstellen.

Baurecht ist Länderrecht, deswegen werden die tagtäglichen Probleme der Prüfingenieure und ihrer Standesvertretung lokal gelöst. Hier liegt eine Systemschwäche der BVPI, die bundesweit eine mächtige Vertretung der Prüfingenieure sein soll und will. Durch die politische Zuständigkeit der Bundesländer für das Bauen werden immer und überall unterschiedliche Regelungen erlassen und verschiedene Lösungen gefunden. Der Prüfingenieur vor Ort ist damit mehr oder weniger zufrieden und der Landesvorsitzende um seinen guten Kontakt zur Oberen Bauaufsicht bemüht. Allerdings werden dadurch Antworten auf die Fragen:

- Was definiert einen Prüfingenieur?
- Wie wird er zugelassen?
- Wie arbeitet der Prüfingenieur und wem gegenüber haftet er?
- Wie wird er vergütet?

immer schwieriger. Die Erklärung gegenüber Europäern, dass die Stellung und Aufgabe des Prüfingenieurs ganz vom jeweiligen Bundesland abhängen und dass er in jedem Bundesland anders aussieht, kann dort nur Kopfschütteln erzeugen. Um europäisch überleben zu können, müssen wir uns also für wenigstens näherungsweise gleiche Randbedingungen bundesweit einsetzen.

Gegenüber den politisch schwierigen Aufgaben erscheint der Kampf für anwendungsfreundlichere Normen wie eine Herausforderung, die das Ingenieurherz höherschlagen lässt. Technisch nicht zu begründende Regelungsmonster und nicht baustellentaugliche Bauproduktenregelungen machen uns das berufliche Herz immer schwerer – und das alles von anonymen, schwer fassbaren Gremien verfasst! Hier kämpfen wir für eine Sache aus unserem täglichen Leben, von der wir alle etwas verstehen. Zudem können wir uns des Rückhaltes aller Kollegen und Kolleginnen sicher sein, die sich unser Engagement auch gerne etwas kosten lassen. Rechnet man das dabei eingesammelte Geld und den zusätzlich von der BVPI erbrachten Aufwand zusammen, so ist die Normenarbeit mittlerweile eine auch pekuniär ganz zentrale Aufgabe geworden. Trotz aller Anerkennung für unser Engagement müssen wir uns aber auch fragen, was wir mit unseren begrenzten Ressourcen erreichen können und

wie wir das am effektivsten anstellen. Europa hat hier viele Gremien in denen autorisierte Vertreter aus allen Ländern sitzen. Unsere deutsche Spiegelebene ist das DIN, in dem alle interessierten Kreise vertreten sein sollen. Hierhin sind qualifizierte Ingenieurvertreter zu entsenden und diese für ihre ehrenamtliche Arbeit im DIN gegebenenfalls auch monetär zu unterstützen. PRB als Zusammenschluss der Ingenieur- und Industrierverbände kann gemeinsamen Interessen zusätzliches Gewicht geben.

### Welchem Zweck dient die BVPI?

Der primäre Zweck der BVPI besteht im

- Erhalt des Prüfwesens,
- der Gleichartigkeit der Prüfumfänge und der Art der Dienstleistungserbringung,
- der Verteidigung des bautechnischen Prüffens als elementare Staatsaufgabe zur Gewährleistung öffentlicher Sicherheit,
- der sich hieraus ergebenden Art der Haftung und
- der Forderung nach einer einheitlichen, auskömmlichen und fairen Vergütung.

Es geht darum, wie es gelingen kann, das Recht der Bürger auf körperliche Unversehrtheit und damit die Verpflichtungen der Bauaufsichten in das öffentliche Interesse zu stellen. Es geht darum, dass die Öffentlichkeit den großen Vorteil des präventiven Systems im Vergleich mit einem repressiven System erkennt. Letzteres zieht nicht nur eine größere Gefährdung des Einzelnen nach sich, es ist auch volkswirtschaftlicher Unsinn. Weder wird ein durch ein ungenügendes Bauwerk zu Schaden oder gar Tod Gekommener durch die nachgelagerte Justiz genesen oder auferstehen, noch ist der Aufwand für Reparatur oder Ersatzneubau mit den Kosten für eine bautechnische Prüfung vergleichbar. Das Argument für die Privatisierung, dass der Gefahrenverursacher alleine für die Sicherheitsprüfung zuständig sein müsse, entbindet den Staat nicht von seiner Verantwortung; vielmehr geht die Objektivität verloren, wenn marktwirtschaftliche Gesetze herrschen.

Wir müssen auch die Art und Qualität unserer Arbeit sowohl den Behörden als auch dem Bürger und manchmal auch unseren Mitarbeitern erklären. Bei uns geht es nicht darum, in einem Ja/Nein-Schema erfüllt/nicht erfüllt abzuhaken. Die Beurteilung dauerhaft ausreichender Standsicherheit ist eine hochkomplexe Aufgabe, Normen und Rechenverfahren sind zu bewertende Hilfsmaßnahmen zum Generieren eines ausreichend aussage-

kräftigen Models, auf dessen Grundlage wir zu entsprechenden Aussagen kommen. Die oft eingeforderte Formulierung, die Unterlagen seien vollständig und richtig, stellt unsere Beurteilung nicht richtig dar. Vollständige Ausführungsunterlagen kann nur bedeuten, dass man danach ein standsicheres Bauwerk erstellen kann. Die Richtigkeit kann nur unter Umständen das Einhalten von Vorschriften und eine ausreichende Modellierung beschreiben. Das Wesentliche ist, dass eine Realisierung entsprechend den vorgelegten Unterlagen zu einem dauerhaften standsicheren robusten Bauwerk führt.

Um unseren Stimmen Gehör zu verschaffen, müssen wir Verbündete suchen, Lobbyarbeit betreiben und politisch agieren. Das ist schwierig und beileibe keine Kernkompetenz von Ingenieuren. Aber Beispiele wie das der Eisenbahn, der gegenüber wir im jahrelangen zähen Ringen und bei Umsetzung aller europäischen Vorgaben den Erhalt des unabhängigen Prüfers anstatt der eigentlich europäisch favorisierten Bodies als das bessere System durchsetzen konnten, zeigen, dass Erfolge möglich sind. Allerdings haben wir dabei auch erkennen müssen, dass die bautechnischen Prüfer neben allen anderen bei der Bahn eingesetzten Prüfern die einzigen waren, die ohne Lobby dastanden; für alle anderen haben sich die Betreiber, verschiedene Firmen und Verbände und andere Organisationen stark gemacht.

■ Die auf Landesebene anerkannten Prüfer attackierend, kommt immer mal wieder der

eine oder andere Politiker auf die Idee, den staatlichen Prüfumfang weiter zu beschneiden oder die Stellung der Prüffingenieure zu unterminieren, um den Lobbyisten der Wohnungswirtschaft, der Bauverbände oder wer sonst gerade aktiv war, zu gefallen. Dabei und gleichzeitig werden nicht nur die Prüffingenieure, sondern auch die Bauverwaltungen fachlich immer weiter demontiert. Die Landesverbände sollten hier mehr auf den Bundesverband zurückgreifen, der mit einem größeren Netzwerk ein politisches Gegengewicht bilden kann.

■ Ein Beispiel, wie wichtig es ist, auch für unsere Honorierung zu kämpfen, ist die letzte Überarbeitung der Richtlinie für die Vergütung für die statische und konstruktive Prüfung von Ingenieurbauwerken für Verkehrsanlagen ..., der sogenannten RVP, die zunächst durch ihre Vergütungsmargen der Verhandlungbarkeit der Honorierung Tür und Tor geöffnet hätte und für die wir schließlich eine Revision zu festen und für eine BVS-Bewertung handhabbaren Sätzen erreichen konnten.

■ Unsere Aufgabe ist es, für eine gleichbleibend hohe Qualität unserer Mitglieder zu werben, für vergleichbare Zulassungskriterien zu kämpfen und unseren Nachwuchs zu fördern. Der privatrechtlich beauftragte bautechnische Sachverständige muss von uns idealerweise zum Prüffingenieur zurückgeführt aber zumindest als gleichwertig verteidigt werden. Die noch nicht organisierten Bereiche der bautechnischen Prüfung in den Be-

reichen der Straße und der Wasserstraße, für die behördlicherseits zum Teil Listenführungen bestehen, sollten verbandsmäßig zu einem ähnlichen Erfolgsmodell aufgebaut werden, wie es mittlerweile die vpi-EBA darstellt.

■ Für den Erhalt, das Ansehen und die sorgfältige Berufsausübung sowie eine leistungsgerechte Honorierung zu kämpfen, ist eine zähe, schwierige, aber notwendige Aufgabe des Verbandes. Hierzu müssen wir soziale, gesellschaftliche, politische und juristische Ansatzpunkte zur Einflussnahme finden. In diesen Punkten benötigen wir auch Unterstützung von Profis. Nur mit einem klar definierten, anerkannten Berufsbild auf Bundesebene können wir Prüffingenieure dieses effiziente und überaus wirtschaftliche System nach Europa und darüber hinaus weitertragen: dies muss unsere große Aufgabe für die Zukunftssicherung sein!

### Zukunft braucht Herkunft

In einer sich ständig verändernden Welt muss jede Generation ihre Lösungsansätze und ihren eigenen Weg neu finden. Aber nur, wenn man die Herkunft des Verbandes kennt und weiß, was die vorangegangene Generation umgetrieben hat und warum sie welchen Weg eingeschlagen hat, besitzt man, um die Zukunft zu gestalten, das Fundament, auf dem man seine eigenen Visionen aufbauen kann.

Alle, die sich hier über Jahre ehrenamtlich engagierten, haben Ihren Beitrag dazu geleistet. Ihnen gebührt der Dank aller.

## Erwartungen erfüllt: Fortbildung Sachkundiger Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken in München

Nachdem der Bau-Überwachungsverein (BÜV) seine Fortbildungsveranstaltung *Sachkundiger Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken* wegen der Corona-Pandemie zwei Jahre lang nur online hat durchführen können, fand sie am 13. September dieses Jahres an der Hochschule München erstmals wieder als Präsenzveranstaltung statt.

Mit über 180 Teilnehmern und Referenten war die Veranstaltung sehr gut besucht, und man konnte die hohe Erwartung an das Programm und an die Qualität des zu erwartenden fachlichen Meinungs- und Erfahrungsaustauschs unter Kollegen und Kolleginnen anfangs förmlich spüren; eine Erwartungs-

haltung zumal, die nach dem übereinstimmenden Urteilen vieler Lehrgangsteilnehmer in jeder Hinsicht erfüllt und bestätigt wurde.

Im Focus der Fortbildungsveranstaltung stand, wie immer bei diesen Kursen, die praxisnahe Vermittlung von Neuerungen auf dem Sektor der Betoninstandsetzung und Betoninstandhaltung. Betreffend die Referenten und unter der Überschrift Aktuelle Themen der Instandhaltung kamen renommierte Persönlichkeiten und ausgewiesene Experten vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), der Hochschule München, der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und aus der Praxis der Planung und Wirtschaft zu Wort.

Aberundet wurde die Veranstaltung mit vier praktischen Vorführungen, bei denen die Themengebiete

- Pastenverfahren zur Bestimmung der Rautiefe an vertikalen Betonoberflächen,
- Rissfüllstoffe,
- Instandsetzung von Additivdecken und
- Abdichtung auf PMMA-Basis

behandelt wurden.

Nach Abschluss der Veranstaltung erhielten die Teilnehmer eine Teilnahmebescheinigung, zum ersten Male auf digitalem Wege, mit der die Teilnahme an der Fortbildung bestätigt wird und nachgewiesen werden kann.

Besonderer Dank gebührt in diesem Zusammenhang den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Hochschule München, die sich als hervorragende Gastgeber empfohlen haben und als Ansprechpartner im ständigen Standby-Modus bereitstanden, etwaige inhaltliche oder fachliche Fragen ad hoc zu beantworten.

Der BÜV empfiehlt allen an dieser Fortbildungsreihe interessierten Ingenieurinnen und Ingenieuren sich den Termin der kommenden Fortbildungsveranstaltung Sachkundiger Planer schon vorzumerken. Sie ist am 10. November 2023. Gastgeber wird dann die University Of Applied Sciences in Frankfurt am Main sein.

Seitens des operativen Planungsteams des Bauüberwachungsvereins in der Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure in Berlin geht man von einer Teilnehmerzahl von mehr als 190 Personen aus, so dass mit der Programmplanung bereits am 10. Oktober 2022 begonnen wurde.

M.V.

## Der BÜV hat die Kompetenzfelder seiner Mitglieder qualitativ hochwertig erweitert und vervollständigt Dipl.-Ing. Rüdiger Scheel als langjähriger Vorsitzender des BÜV mit der Ehrenmitgliedschaft ausgezeichnet

Nachdem er im August 2020 seine letzte ordentliche und im März 2022 wegen der Corona-Pandemie eine außerordentliche nur online hat veranstalten können, hat der Bau-Überwachungsverein BÜV seine ordentliche Mitgliederversammlung 2022 am 12. September nun wieder als Präsenzveranstaltung durchgeführt, und zwar im Vorfeld der tags darauf angesetzten BÜV-Fortbildungsveranstaltung für Sachkundige Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken und als Gast der Hochschule München, die ein enger Kooperationspartner des BÜV ist.

Den Vorstand des BÜV, dessen Mitglieder den Bauherrn als Prüfm Ingenieure und unabhängige Experten im Sinne der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit von Bauwerken beraten, bilden seit 2016 Dr.-Ing. Christian Stettner (München) als Vorsitzender, Dr.-Ing. Olaf Drude (Hamburg) sowie Dr.-Ing. Ulrich Scholz (München) als dessen Stellvertreter.

Sie haben, nach der Abarbeitung der obligatorischen Verbandsregularien, ihren Mitgliedern darüber berichtet, inwieweit und inwiefern erreicht worden ist, was zu erreichen man als Verband sich vor zwei Jahren vorgenommen hatte.

Dazu gehören unter anderem die sorgfältige und qualitativ hochwertig erweiterte Bearbeitung und Vervollständigung der Kompetenzfelder der Mitglieder des BÜV, die Überarbeitung der BÜV-Homepage mit neu eingerichteten FAQ-Feldern im internen Mitgliederbereich sowie die erfolgreiche Konsolidierung des BÜV-Haushaltes. Darüber hinaus wurde die erstklassige Ausbildung und Aner-



ZUM EHRENMITGLIED des Bau-Überwachungsvereins (BÜV) ist Dipl.-Ing. Rüdiger Scheel (Bildmitte) ernannt worden. Er hat den Verein mit großem Engagement von 2008 bis 2016 geführt. Ihm dankten die heutigen Mitglieder des BÜV (v.l.9: Dr.-Ing. Ulrich Scholz, Dr.-Ing. Olaf Drude und Dr.-Ing. Christian Stettner, der jetzige BÜV-Vorsitzende).

kennung zertifizierter Sachkundiger Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken sowie die Bemühungen um den reibungslosen und zukünftig abgesicherten Betrieb der DPÜ-Zertifizierungsstelle GmbH besprochen, die hochqualifizierte Ingenieurinnen und Ingenieure nach der Qualitätsnorm DIN EN ISO IEC 17024 zertifiziert und überwacht.

Höhepunkt der Mitgliederversammlung und erstmals in der Geschichte des BÜV war die Verleihung der Ehrenmitgliedschaft an Dipl.-Ing. Rüdiger Scheel. Er war von 2008 bis 2016 Vorsitzender des BÜV und hat sich in seiner Amtszeit durch seinen unermüdlichen

Einsatz für die Verbandsinteressen und damit für die Interessen seiner Mitglieder ausgezeichnet.

Zu den herausragenden Verdiensten Rüdiger Scheels gehören die organisatorische Lösung des BÜV von der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik (BVPI). Dies geschah als Folge der Differenzierung des Prüfwesens in einen hoheitlich geregelten und einen unregulierten Tätigkeitsbereiche. Ursprünglich als zweites Standbein der Prüfm Ingenieure für Standsicherheitsnachweise und für den Fall staatlicher Deregulierungsmaßnahmen gegründet, wurde der BÜV damals lange Zeit von Vorstandsmitgliedern der

BVPI in Personalunion geführt. Dieser Zustand wurde 2006 und zugunsten der Effektivität der Verbandsarbeit des BÜV auf Initiative von Rüdiger Scheel im gegenseitigen Einvernehmen annulliert.

Dabei lag Scheel insbesondere die Schärfung des eigenen BÜV-Vereinsprofils am Herzen.

Der BÜV sollte sich nicht nur durch eine quantitativ noch vielfältigere Abdeckung des ohnehin schon breiten Spektrums des Bauingenieurwesens hervortun – Vergleiche mit anderen Organisationen waren Scheel sowie so suspekt –, sondern ganz gezielt ganz spezielle Nischen abdecken. Diese Nischen sollten mit dem vollen Portfolio des Wissens und

der Erfahrung der Mitglieder des BÜV besetzt und gelebt werden. Die rasch dann eingesetzten verschiedenen Arbeitskreise des BÜV realisierten diese Prämisse mit großem Engagement, und die Ergebnisse dieser Arbeit wurden der Fachwelt bald bestens bekannt und sind mittlerweile fachlich vielfach gelobt und anerkannt worden. *M. V.*

## Einheitliche Regeln für Prüf-Honorare nach RVP: Die BVS Autobahn hat ihre Tätigkeit aufgenommen

Die Ende April 2022 errichtete **Bewertungs- und Verrechnungsstelle Autobahn GmbH (BVS Autobahn GmbH)** hat am **1. Oktober 2022 ihre operative Tätigkeit aufgenommen.**

Die Gesellschaft ist ein Gemeinschaftsunternehmen der Bundesingenieurkammer und der Bundesvereinigung der Prüfindgenieure für Bautechnik (BVPI) und wurde mit dem Ziel errichtet, die Honorare von Prüfindgenieuren und Prüfsachverständigen, die im Bereich der Bundesautobahnen tätig sind, über einheitliche Verfahren und Regelanwendungen abzurechnen.

Die neue Gesellschaft bringt sowohl für den Auftraggeber (die Autobahn des Bundes

GmbH) als auch für die Auftragnehmer (Prüfindgenieure, Prüfsachverständige) deutliche Effizienzgewinne und Arbeiterleichterungen bei der Bewertung und Abrechnung der RVP-Honorare. Finanziert wird die Gesellschaft, wie auch die Bewertungsgesellschaften auf Länderebene, über die Prüfindgenieure und Prüfsachverständigen.

Für die Abwicklung der operativen Tätigkeit hat die Bewertungsstelle für die Honorierung der Prüfaufträge der Autobahn GmbH einen Kooperationsvertrag mit der Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfindgenieure Baden-Württemberg GmbH (bvs Baden-Württemberg) geschlossen. Dort ist umfassendes Know-how für die Bewertung und Abrechnung von RVP-Honoraren vorhanden.

Anfragen und Prüfaufträge können ab sofort über die bvs Baden-Württemberg GmbH eingereicht werden:

bvs Baden-Württemberg GmbH  
Wilhelm-Haas-Str. 6  
70771 Leinfelden-Echterdingen  
Telefon: +49 711 601 716-0  
E-Mail: autobahn@bvs-bw.com

Für die Beantwortung von Fragen steht die BVS Autobahn GmbH gerne zur Verfügung:

BVS Autobahn GmbH  
Kurfürstenstraße 129  
10785 Berlin  
Telefon: +49 30 3198 9140  
E-Mail: info@bvs-autobahn.de

## Oftmals reicht schon ein einfacher Klick auf einen Link, um dem Hacker die Türen fremder IT-Systeme zu öffnen **Empfehlungen für mehr Sicherheit und für den Schutz vor Cyber-Angriffen in mittelständischen Ingenieurbüros**

Auch in den Büros der Prüfindgenieure und in den Unternehmen der Beratenden Ingenieure hat es in letzter Zeit immer öfter kriminelle Angriffe auf die büroeigenen IT-Systeme gegeben. Erhebliche materielle und organisatorische Schäden waren jeweils die Folgen – abgesehen von dem Gefühl der persönlichen Ohnmacht, das die Betroffenen angesichts der Machtlosigkeit überkommt, mit der man solchen Cyberangriffen ausgesetzt ist – aber nur scheinbar machtlos ausgesetzt ist! Denn in Wahrheit gibt es viele bewährte und ausgefeilte technische und organisatorische Möglichkeiten, die

einem helfen können, sich vor Attacken dieser Art wirksam zu schützen. Und genau dazu möchten zwei Artikel auf diesen und den nachfolgenden Seiten beitragen. Sie bieten einen konzentrierten Überblick darüber, was man tun kann und was man lassen sollte, um sich effektiv solcher Anschläge aus dem kriminellen Cyberraum zu erwehren.

Niemals zuvor gab es so viel Schadcode (Viren, Würmer, Trojaner, ...): Im Jahr 2021 waren es über 144 Millionen Variationen, durchschnittlich 400.000 Varianten pro Tag. Hackerangriffe zwecks Erpressung von Unter-

nehmen sind an der Tagesordnung, zum Beispiel mit der Verschlüsselung von Daten in der IT-Infrastruktur oder durch die Drohung, sensible Daten zu veröffentlichen. Die Angreifer gehen dabei hochprofessionell vor, sie untersuchen zunächst die Bilanzen ihrer potenziellen Opfer, ob diese wirtschaftlich stark genug sind, um eine Erpressung bezahlen zu können. Kriminelle tauschen sich im Darknet aus, lernen voneinander und unterstützen sich gegenseitig dabei, Unternehmen zu knacken.

Angesichts solcher Eckdaten resignieren viele Unternehmensverantwortliche, ohne dabei

zumindest einmal grundlegend die Türen und Fenster der eigenen IT-Infrastruktur zu sichern.

Der Mensch spielt nach wie vor eine wichtige Rolle als Einfallstor für Angriffe. Oftmals fühlen sich die Anwender in den Unternehmen allein gelassen. Unsicher und überfordert, wie sie in einer solchen Situation meistens sind, verhalten sie sich unter subjektiv empfundenem Zeit- und Handlungsdruck falsch und erleichtern den Angreifern so die Durchführung ihrer Vorhaben. Dabei reicht ein einfacher unbedachter Klick auf einen Link bereits aus, um den Angreifern die Türen und Fenster fremder Systeme zu öffnen! Das macht kein Anwender bewusst, aber in der speziellen Notsituation und durch mangelnde Aufmerksamkeit passiert genau das in Deutschland jeden Tag. Hier hilft nur eine kontinuierliche Sensibilisierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an PC-gestützten Arbeitsplätzen.

Durch das verteilte Arbeiten öffnen sich die Mittelstandsunternehmen der Digitalisierung mehr und mehr. Eine erfolgreiche Digitalisierung kann ohne adäquate Cybersicherheit im Unternehmen aber nicht stattfinden. „Im schlimmsten Fall können Digitalisierungsprojekte sogar scheitern, und das volle Potenzial der Digitalisierung kann nicht ausgenutzt werden“, so warnt auch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) immer wieder.

### Was können Mittelstandsunternehmen gegen die Cyber-Angriffe tun?

Es geht um eine gezielte Verbindung der Mitarbeiter und der IT-Dienstleister, und dabei um technische Einstellungen, organisatorische Sicherheit in Verbindung mit der strategisch richtigen Auswahl von IT-Lösungen, abgerundet von Rechtssicherheit.

Oftmals liegt in den Organisationen oder Unternehmen keine schriftliche aktuelle Inventarisierung der Infrastruktur mit allen Endgeräten, Servern, Verteilern, mobilen Geräten, Smart-Geräten und so weiter inklusive aller Softwarestände vor. Ohne eine Inventarisierung kann aber kein Schwachstellenmanagement stattfinden. Die Inventarisierung erfolgt mithilfe kleiner Tools vollautomatisch und kann dann mit der Sicherheitslage und den Warnmeldungen abgeglichen werden, die zum Beispiel vom BSI laufend abgesetzt werden. Ein qualifizierter und verantwortlicher IT-Administrator kann dann die Updates oder Patches der Hersteller ohne große Mühe und Unterbrechungen des laufenden Betriebes

auf deren Systeme zentral installieren. Organisationen, die das nicht können, werden keine angemessene Umsetzung der IT-Sicherheit haben können.

Auch wenn ein Betrieb alles richtig gemacht hat, kann es dazu kommen, dass ein unbekanntes Einfallstor von einem kriminellen Profi ausgenutzt wird. In einem solchen Fall hilft nur noch ein Backup. Das hört sich ganz einfach an, ist es aber nicht. Die meisten Unternehmen in Deutschland – Fachleute sprechen sogar von nur einem Prozent – haben in den letzten Jahren ein vollständiges Datensicherungskonzept erarbeitet. Nicht die IT-Abteilung bestimmt über die Datensicherung, sondern die Fachabteilung gibt der IT-Abteilung vor, wie Datensicherungen notwendig sind: von vernetzten oder auch unernetzten Einzelsystemen, zum Beispiel in der Produktionssteuerung, in der Logistik, in der Analytik oder wo auch immer.

Wenn diese interne Kommunikation nicht stattfindet, wird eine IT-Abteilung immer die bestmögliche Datensicherung von zentralen Systemen machen. Unternehmenskritische Systeme werden dann allerdings oft nicht berücksichtigt. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass für die Langzeitarchivierung ein schriftliches Archivierungskonzept im Unternehmen formuliert werden muss.

Mobile Endgeräte, wie zum Beispiel Notebooks, müssen grundsätzlich verschlüsselt werden. Bei strategisch korrekter Wahl des Betriebssystems ist eine Verschlüsselung in der Regel kostenfrei und im Lieferumfang enthalten. Nachweislich wird dies von Unternehmen selten bis gar nicht genutzt.

Es kann dem Unternehmen im Prinzip ja gleichgültig sein, wenn eine Verlustmeldung für ein solches Gerätes eingeht, denn dann geht es nur um einen Versicherungsschaden, nicht aber um einen Verlustschaden von Daten oder einen Schaden an Daten. Ganz nebenher müssen solche Verluste dann auch nicht als Datenschutzverletzung an Aufsichtsbehörden oder an den Auftraggeber gemeldet werden.

Private Endgeräte oder Software sind grundsätzlich im dienstlichen Umfeld zu vermeiden. Eine Organisation hat stets einen Kontrollverlust, wenn auf nicht dienstlicher Infrastruktur gearbeitet wird. In erster Linie würden Auftraggeber Aufträge zurückziehen, wenn die Organisation nicht nachweisen kann, was sie zum Schutz von empfangenen Daten des Auftraggebers getan hat. An der

Stelle brauchen wir noch gar nicht über Datenschutzanforderungen zu sprechen, jedem Entscheider ist sofort klar, dass zwischen privaten und dienstlichen Endgeräten und Nutzungen strikt zu unterscheiden ist. Neue Strategien wie Zero Trust sind dabei noch Zukunftsmusik im Mittelstand. Das Zero-Trust-Modell ist ein Sicherheitskonzept, das auf dem Grundsatz basiert, keinem Gerät, Nutzer oder Dienst innerhalb oder außerhalb des eigenen Netzwerks zu vertrauen. Es erfordert umfangreiche Maßnahmen zur Authentifizierung sämtlicher Anwender und Dienste sowie zur Prüfung des Netzwerkverkehrs.

Cloud Lösungen sind en vogue. Organisationen, die immer stärker in der Cloud arbeiten, sind sich oftmals der strategischen Relevanz der Umstellung von Prozessen von eigenen internen Systemen in die Cloud hinein nicht bewusst. Hier bedarf es erfahrener IT-Strategieberater mit profunden IT-Sicherheits- und IT-Compliance-Wissen, zum Beispiel im Bereich Datenschutz, und einer Zertifizierung nach der ISO 27001, mit der die Wirksamkeit eines Informationssicherheitsmanagementsystems (ISMS) objektiv und glaubwürdig nachgewiesen werden kann, um Unternehmen wertvolle Hinweise darauf zu geben, welche Prozesse ausgelagert werden können und welche nicht. Das ist nicht einfach mit einer Lizenz getan und mit der Installation durch einen Administrator, vielmehr müssen die Prozesse bekannt sein und durchdacht migriert werden. Die Anwender sind dabei einzubeziehen und zu trainieren, auch das wird ein guter IT-Compliance-Berater im Portfolio haben. Schließlich müssen die Identitäten in Rollen-/Berechtigungskonzepten organisiert und durch Multifaktor (MFA) Authentifizierungen sichergestellt sein.

Neue Cloud-Lösungen, wie zum Beispiel das Portal der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik, sollten vor Inbetriebnahme auf Schwachstellen geprüft werden. In Verbindung mit rechtlicher IT-Compliance wie Datenschutz, Nutzungsbedingungen und Verpflichtung der Anwender werden so die Grundlagen für einen professionellen Betrieb geschaffen.

Auch wenn die neuen modernen Arbeitsumgebungen noch so verlockend sind, ist immer gut zu überlegen, wie diese Lösungen eingesetzt werden.

Insbesondere die Anwender müssen bereits in die Planungen, aber spätestens vor der konkreten Nutzung, in die *Do's and Dont's* eingeführt und ihnen erläutert werden, wozu

diese Lösungen (nicht) genutzt werden sollen. Diese Klarheit wird den Anwendern in der Regel in einem Betrieb nicht mitgegeben. Abschließend sei an der Stelle auch auf das Gesetz zum Schutz von Geschäftsgeheimnissen (GeschGehG) hingewiesen, dass bereits seit April 2019 Gültigkeit hat. Betriebe, die ihr geistiges Eigentum nicht als solches markieren, klassifizieren, dokumentieren, technisch schützen und Zugriffsberechtigte ausdrücklich auf diese Gesetzgebung nicht verpflichten, verlieren möglicherweise einen Rechtsanspruch an ihrem geistigen Eigentum.

Zur angemessenen und pragmatischen Umsetzbarkeit der Anforderungen aus diesem Beitrag stellt die BVPI interessierten Büros und Unternehmen eine Zehn-Punkte-Prüfliste als QR Code bereit. Den Führungskräften der

betreffenden Büros und Unternehmen wird empfohlen, diese Prüfliste gemeinsam mit der IT-Abteilung durchzugehen, um Abweichungen von den eigenen Verhältnissen festzustellen. Optional kann auch gezielter Rat fachkundiger IT-Compliance-Spezialisten angefordert werden, die auch praxisgerechte, leicht realisierbare Empfehlungen abgeben können.

Hier der QR-Link zur Zehn-Punkte-Prüfliste als vollständig anonyme Befragung:



Die BVPI weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die Ergebnisse dieser Umfrage in der kommenden Ausgabe des PRÜFINGENIEURS veröffentlicht werden – natürlich streng anonym!

Es ist ja davon auszugehen, dass ein Vergleich des eigenen Reifegrades der IT-Sicherheit und des Schutzes vor Cyberangriffen mit dem Stand dieser Bemühungen in anderen Büros oder Unternehmen von durchaus großem Interesse ist. Womöglich wird die Aussicht auf einen solchen dezidierten Vergleich auch viele Büros oder Unternehmen motivieren, sich jetzt an dieser Umfrage zu beteiligen.

*Dr. Ralf Schadowski, Swiss IT Security Group  
Schadowski@ADDAG.de*

# Mit einfachen Mitteln viel erreichen: Effektiver Schutz vor Cyberattacken ist machbar Das BSI bietet auch kleinen und mittleren Unternehmen wirksame Hilfe beim Aufbau eigener Abwehrmaßnahmen

**Die Qualität und Intensität von Cyber-Angriffen auf deutsche Unternehmen steigt seit Jahren stetig an. Davon sind auch immer mehr kleine und mittlere Unternehmen (KMU) betroffen, beispielsweise auch die Büros der Beratern Ingenieure oder der Prüfingenieure und Prüfsachverständigen. Aber: mit konsequent umgesetzten Informationssicherheitsmaßnahmen kann sich jede Firma schützen. Dabei kann ihnen auch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) als zentrale Cyber-Sicherheitsbehörde des Bundes dienlich sein, das speziell für KMU mehrere wirkungsvolle Pakete geschnürt hat, in denen, je nach Bedarf, unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen vorgeschlagen werden. Darüber berichtet hier Manuel Bach, Leiter des BSI-Referates „Cyber-Sicherheit für KMU“ in Bonn.**

Die Folgen eines Cyberangriffs können für Unternehmen oder Büros gravierend sein und neben wirtschaftlichen Verlusten auch die aufgebaute Reputation gefährden. Erpressungsvorfälle mit eingeschleuster Schadsoftware, die zum Ausfall von Informationssystemen und Produktionssystemen führen, legen den Betrieb oft tage- oder wochenlang lahm.

Auch die Auftraggeber zum Beispiel der Prüfingenieure und Prüfsachverständigen dürften wenig Verständnis dafür haben, wenn sich Abnahmen in der Bautechnik erheblich verzögern, weil nach einem Cyber-Angriff die Prüfunterlagen plötzlich verschlüsselt oder gar nicht mehr vorhanden sind. Desgleichen dürfte das öffentliche Bekanntwerden interner Kundenunterlagen immer sehr unangenehme Folgen haben.

Trotz dieser Gefahren haben laut einer aktuellen Umfrage des BSI (2021) nur sechzehn Prozent der Unternehmen ihr IT-Sicherheitsbudget in der Corona-Krise erhöht. Dabei ist klar: Informationssicherheit ist die Voraussetzung für eine sichere und nachhaltige Digitalisierung.

**Die Gefahr für KMU ist besonders hoch**  
Anders als Großunternehmen beschäftigen KMU in der Regel keine IT-Sicherheitsteams. Daraus folgt vielfach eine mangelnde Beurteilungskompetenz für IT-Sicherheitsgefährdungen und eine besondere Anfälligkeit gegenüber Bedrohungen aus dem Cyberraum.

2021 identifizierte das BSI beispielsweise eine große Zahl von Microsoft-Exchange-Servern, die durch Schwachstellen verwundbar waren

– bei vielen davon hatte sich in den Unternehmen seit mehr als einem Jahr niemand mehr darum gekümmert, Sicherheitsupdates zu installieren. Bei den meisten der Systeme handelte es sich um Systeme von KMU.

**KMU können sich effektiv schützen**  
Viele Unternehmen schützen ihre Daten, Systeme und Prozesse bereits jetzt. Auch das sicherheitstechnische Niveau ihrer Produkte und Dienstleistungen haben sie im Blick. Anderen wiederum fehlen dazu Informationen und der geeignete Einstieg.

Hier findet man Abhilfe beim Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), der Cyber-Sicherheitsbehörden des Bundes. Das BSI gestaltet Informationssicherheit in der Digitalisierung durch Prävention, Detektion und Reaktion für Staat, Wirtschaft und Gesellschaft.

Dabei setzt es auf einen kooperativen Ansatz mit möglichst vielen Multiplikatoren, die praxisorientierte und zielgruppengerechte Handlungsempfehlungen des BSI umsetzen. Unter seiner Website ([bsi.bund.de/kmu](https://bsi.bund.de/kmu)) finden sich Tipps und Tricks speziell für die Zielgruppe KMU. Und im BSI-KMU-Newsletter kann man sich über die relevanten Neuigkeiten aus dem

Bereich Cyber-Sicherheit informieren lassen. Und falls doch einmal etwas schiefgeht, lässt sich auf der BSI-Website über ein Webformular auch eine IT-Sicherheitsvorfallmeldung an das BSI-Lagezentrum absetzen.

Ebenfalls dort abrufbar (und kostenlos als Print-Version bestellbar) ist eine neue KMU-Broschüre des BSI, in der unter vierzehn Fragen die wichtigsten Sicherheitsgrundlagen zusammengefasst sind. Tatsächlich reicht oftmals schon eine Handvoll einfach umzusetzender – überwiegend kostenloser – Maßnahmen aus, um die größten Cybergefahren abzuwenden, nämlich:

- regelmäßig Updates einspielen,
- sichere Passwörter, Passwortmanager und Zwei-Faktor-Authentisierung nutzen,
- Makros deaktivieren,
- regelmäßige Datensicherungen (Backups) so anlegen, dass sie durch eine Schadsoft-

ware nicht mitverschlüsselt werden können.

#### IT-Grundschutz des BSI

Der IT-Grundschutz ist in Deutschland der Maßstab, wenn es um die Absicherung von Informationen und den Aufbau eines Managementsystems für Informationssicherheit (ISMS) geht. Inzwischen existieren mehrere branchenspezifische IT-Grundschutz-Profile, mit denen wichtige Vorarbeiten bereits erledigt sind. Und die vom BSI zertifizierten IT-Grundschutz-Berater können KMU unter anderem unterstützen bei der

- Einführung eines Informationssicherheitsmanagements (ISMS),
- Entwicklung von Sicherheitskonzepten,
- Definition und Umsetzung geeigneter Maßnahmen,
- Vorbereitung eines ISO 27001-Audits auf Basis von IT-Grundschutz.

Für viele kleine und Kleinunternehmen stellt aber selbst das Umsetzen einer Basisabsicherung nach IT-Grundschutz noch eine zu große Hürde dar. Damit auch diese Unternehmen einen Einstieg in das Thema Cyber-Sicherheit finden, erarbeitet das BSI deshalb derzeit in einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Projekt gemeinsam mit dem Bundesverband mittelständische Wirtschaft, dem Deutschen Institut für Normung, der Versicherungswirtschaft, IT-Dienstleistern und weiteren Konsortialpartnern eine DIN SPEC 27076 *IT-Sicherheitsberatung für Klein- und Kleinunternehmen*. Ziel ist ein standardisiertes, niedrigschwelliges Verfahren, nach dem IT-Dienstleister eine Bewertung der IT-Sicherheit von KMU erstellen und darauf basierend Handlungsempfehlungen abgeben können. Die Arbeit an dieser Spezifikation wird Ende 2022 abgeschlossen sein.

*Manuel Bach, BSI Bonn*

## Im Frühjahr und Herbst: BÜV-Ausbildung zum Sachkundigen Planer für Schutz und Instandhaltung von Betonbauwerken Primäres Ziel der Kurse ist der Erwerb einer Zertifizierung als eines auftragsträchtigen beruflichen Qualitätsmerkmals

**Der Bau-Überwachungsverein (BÜV) hat die Zahl seiner Ausbildungslehrgänge für Sachkundige Planer für den Schutz und die Instandhaltung von Betonbauwerken von einmal auf zweimal jährlich erhöht und seit 2019 inhaltlich an die neue Technische Regel (TR) Instandhaltung von Betonbauwerken (Teil 1 und Teil 2, Stand Mai 2020) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) angepasst. Sie gilt zwischenzeitlich als eingeführt und wird sukzessive in den Bundesländern in Gebrauch genommen. Die beiden Lehrgänge des kommenden Jahres finden Ende Februar, Anfang März 2023 in Berlin und im Oktober 2023 in Feuchtwangen statt.**

Durch die Einführung der neuen TR Instandhaltung des DIBt wird für Planungssicherheit unter den Sachkundigen Planern gesorgt, wobei sie weite Teile der Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RiLi SIB) des DAFStb vom Oktober 2001 ersetzt. Daraus ergibt sich, dass der planende Ingenieur als Grundlage seiner täglichen Arbeit zwingend auf die eingeführten technischen Baubestimmungen der jeweiligen Bundes-

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

Der BÜV bietet seine Lehrgänge in Kooperation mit der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft, der Bayerischen BauAkademie, der Hochschule München, der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau und der HafenCity Universität Hamburg in Zusammenarbeit mit der DPÜ-Zertifizierungsstelle GmbH 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.

#### Termine der nächsten BÜV-Ausbildungslehrgänge in Berlin und Feuchtwangen

Für die Durchführung des nächsten, des 19. Ausbildungslehrgangs 2023 an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin,

steht die Zeit von Montag, dem 27. Februar, bis Freitag, den 04. März 2023 fest, der 20. Lehrgang ist vom 09. bis 14. Oktober 2023 bei der Bayerischen Bauakademie in Feuchtwangen; vorher aber, nämlich am Freitag, dem 24. Februar 2023, respektive am Freitag, dem 06. Oktober, werden, was inzwischen Usus ist, mit den Teilnehmern im Rahmen eines Web-Seminars die wichtigsten Grundlagen wiederholt, um den sehr vollen Stundenplan der dann folgenden Präsenzveranstaltung zu entlasten, die ohnehin Bestandteil des Hochschulstudiums und somit als Auffrischung zu betrachten sind. Um eine Teilnahme an dieser Ausbildungsreihe kann man sich bereits jetzt bewerben.

Da es sich bei der Instandhaltung von Betonbauwerken um ein überaus auftragsträchtiges Tätigkeitsfeld handelt, wird nicht nur den planenden Ingenieuren, sondern auch den Prüfungingenieuren und Prüfsachverständigen empfohlen, sich um eine Teilnahme an diesem BÜV-Ausbildungslehrgang zu bewerben.

Bei der Zulassung zur Teilnahme werden, wie immer, neben jenen Bewerbern, deren primä-

## NACHRICHTEN

res Ziel die Erlangung eines gesonderten professionellen Qualitätsmerkmals in Form einer Zertifizierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17024 ist, auch nur an der Vortragsreihe Interessierte und Techniker von ausführenden Unternehmen berücksichtigt. All jene, die eine fünfjährige Berufserfahrung auf diesem Gebiet nachweisen können und die die schriftliche und mündliche Prüfung bestanden haben, deren Wahrnehmung auf freiwilliger Basis erfolgt, bekommen eine vom BÜV abgestempelte Urkunde mit der Prägung des Ausbildungsbeirates Sachkundiger Planer überreicht und dürfen dann die Bezeichnung Sachkundiger Planer führen.

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, soweit in Besitz, Diploms mit samt 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.

Nach vorher angemeldeter und dann bestandener Prüfung sowie im Sinne der angestrebten Zertifizierung müssen eine fachliche Unabhängigkeitserklärung und ein polizeiliches Führungszeugnis beigebracht werden, das nicht älter als drei Monate sein darf.

Bewerbungen und Anfragen sind bis zum 10. Februar 2023 ausschließlich auf digitalem Wege zu richten an

Dipl.-Ing. M. Vidackovič  
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 zur Ausbildung, zur Ausbildung nebst Prüfung oder zur Ausbildung nebst Prüfung und (gegebenenfalls späteren) Zertifizierung zugelassen worden ist. Der Teilnehmer entscheidet dann im eigenen Ermessen verbindlich, ob er an der Veranstaltung teilnehmen wird.

Kooperationspartner dieses Lehrgangs sind neben der Bayerischen BauAkademie auch wieder die Bayerische Ingenieurekammer-Bau sowie die Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. *M.V.*

## Christian Kühner und Lydia Thiesemann zum Vorstand der Vereinigung der Prüffingenieure in Hamburg gewählt Mit Workshops wollen sie die Hamburger Prüffingenieure auf die digitalen Arbeitsprozesse im Büro vorbereiten

Im Rahmen der jüngsten Mitgliederversammlung der Landesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik in Hamburg (vpi Hamburg) wurde Dipl.-Ing. Christian Kühner zum neuen Vorsitzenden gewählt. Er löst Dr.-Ing. Ulrich Jäppel ab, der diese Position seit 2012 innehatte. Als Kühners Vertreterin wurde Dr.-Ing. Lydia Thiesemann gewählt. Sie übernahm das Amt von Dr.-Ing. Rainer Grzeschkowitz, der ebenfalls zehn Jahren im Amt gewesen war.

Mit der Wahl Christian Kühners zeigt die vpi-Landesvereinigung Hamburg ihre große Bereitschaft, die Digitalisierung der bautechnischen Prüfung zügig und engagiert voranzutreiben. Kühner und Thiesemann wollen durch Workshops und Beratung dazu beitragen, dass alle Hamburger Kollegen bei der nahenden Umstellung von analogen auf digitale Arbeitsprozesse im Rahmen der bautechnischen Prüfung gut vorbereitet sind. Hierzu fanden bereits produktive Arbeitsgespräche mit den baustatischen Prüfstellen statt, die

die Umstellung nach eigenem Bekunden behördlicherseits ebenfalls schnell umsetzen wollen.

Neben der Digitalisierung wollen die beiden neu gewählten Vorsitzenden den über viele Jahre aufgebauten engen und vertrauten Kontakt zu den Prüfstellen der Hansestadt Hamburg und der Prüfstelle der Hamburg Port Authority (HPA) pflegen und weiter ausbauen.



*SIE LEITEN SEIT KURZEM die Landesvereinigung Hamburg der Prüffingenieure für Bautechnik: Dipl.-Ing. Christian Kühner und Dr.-Ing. Lydia Thiesemann.*

Die anwesenden Mitglieder der vpi Hamburg bedankten sich sehr herzlich bei ihren scheidenden langjährigen Vorsitzenden Jäppel und Grzeschkowitz. In seiner Laudatio hob der neue Vorsitzende ihr unermüdliches Engagement, das gute Miteinander und die enge Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden hervor. Beide werden, so betonte Kühner, die Arbeit der vpi Hamburg auch weiterhin als Mitglieder des neu gewählten Ehrenausschusses unterstützen.

Christian Kühner ist seit 2010 einer der Geschäftsführenden Gesellschafter des Ingenieurbüros Wetzel & von Seht, das seit mehr als einhundert Jahren über mehrere Generationen hinweg auf allen Gebieten der Tragwerksplanung tätig ist. Der gebürtige Stuttgarter lebt seit über zwanzig Jahren in der Hansestadt Hamburg und engagierte sich schon vor seiner Wahl zum neuen Vorsitzenden intensiv im Bereich der Digitalisierung. Seit 2021 ist er im Arbeitskreis Digitalisierung der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) als Vertreter Hamburgs

tätig. Im Frühjahr 2020 hat er zusammen mit seinen beiden Kollegen Dr.-Ing. Alexander Steffens und Dr.-Ing. Olaf Drude und in Zusammenarbeit mit der Prüfstelle für Bautech-

nik der Hansestadt Hamburg und der Hamburg Port Authority (HPA) ein Austauschformat zur Einführung der digitalen Prüfung ins Leben gerufen. Durch das Aufsetzen digitaler

Testprojekte werden hier zusammen mit der Behörde Erfahrungen gesammelt, die die künftigen Arbeitsprozesse in Hamburg beeinflussen werden.

## Anlässlich der 25-Jahrfeier des IRCC wurde das deutsche Prüfwesen vor internationalem Publikum präsentiert

### Ein weiteres Element der vielseitigen internationalen Partnerschaften der deutschen Prüffingenieure in aller Welt

Die Mitglieder des Interjurisdictional Regulatory Collaboration Committee (IRCC) waren Mitte Oktober anlässlich ihres 25-jährigen Bestehens zu Gast in Bayern. Im Rahmen einer Tagung im geschichtsträchtigen Kloster Raitenhaslach, dem Akademiezentrum der TU München, brachten die BVPI-Vorstandsmitglieder Prof. Dr.-Ing. Hertle und Dr.-Ing. Markus Wetzel ihren Kollegen aus aller Welt die Vorzüge und Vorteile des deutschen Systems der unabhängigen bautechnischen Prüfung näher.

Die BVPI ist schon seit 2019 als *Affiliate Member* Mitglied im IRCC, einer weltweiten Vereinigung von Organisationen und Institutionen, die mit der Erarbeitung von bautechnischen Vorschriften befasst sind.

Ziel des IRCC ist es, die Einführung leistungsorientierter Bauvorschriften (Performance Based Codes) und den internationalen Erfahrungsaustausch im Zusammenhang mit Änderungen in den bautechnischen Anforderungen in den IRCC-Mitgliedsländern zu verstärken, insbesondere vor dem Hintergrund globalisierter Strukturen auf Seiten der Bauherren und der Bauausführenden.

Diese und die vielen anderen internationalen Aktivitäten der BVPI und ihres Vorstandes gehen auf deren Überzeugung und Wunsch zurück, dass bei der Formung internationaler Bauordnungs- beziehungsweise Bauaufsichtssysteme, als Grundlage der bautechnischen Prüfung, immer die Elemente der unabhängigen Prüfung und des Vier-Augen-Prinzips, enthalten sein müssen, um den Berufsstand der Prüffingenieure auch im europäischen und weltweiten geschäftlichen Miteinander zu etablieren. Ein weiteres nationales Mitglied im internationalen Ausschuss ist das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt).



IM KLOSTER Raitenhaslach trafen sich die Repräsentanten der BVPI mit internationalem Publikum (v.l.): Dr. Markus Wetzel (BVPI), Neil Savery (IRCC), Dr. Andreas Hechtel (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr), Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft (DIBt), Prof. Robert Hertle (BVPI), Prof. Steve Denton (CEN/TC250), Judy Zakreski (IRCC), Prof. Gerhard Müller (TUM).

Neben dem Engagement der BVPI für die europäische Normungsarbeit wurden in den letzten Jahren die Aktivitäten in internationalen Gremien intensiviert. Beispielsweise mit ihrer Mitgliedschaft im *Consortium of European Building Control* (CEBC), einer internationalen Non-Profit-Organisation, in der Mitgliedsorganisationen aus verschiedenen europäischen und assoziierten außereuropäischen Ländern sowohl aus dem öffentlichen als auch aus dem privaten Sektor vertreten sind. Die Mitglieder der Verbände, die im CEBC organisiert sind, sind, an der Gebäudekontrolle oder an der Entwicklung geeigneter Gesetze und Standards im Zusammenhang mit Gesundheits-, Sicherheits-, Zugänglichkeits-, Energiespar- und Nachhaltigkeitsaspekten der gebauten Umwelt beteiligt und umfassen Berufsverbände, Regierungsstellen und vergleichbare Behörden.

Ihr Engagement im IRCC ergänzend, hat die BVPI in den letzten Jahren die Aktivitäten in einschlägigen internationalen Gremien ausgebaut. Neben der Mitgliedschaft im CEBC sind die Vertreter der Prüffingenieure gern gesehene Gäste oder referieren über das System der deutschen unabhängigen bautechnischen Prüfung

- bei CROSS (*Confidential Reporting on Structural Safety*), einer Organisation, die ein einzigartiges Berichtssystem über Bauschäden in aller Welt entwickelt hat, um aus strukturellen Sicherheitsproblemen Lehren zu ziehen und damit dazu beizutragen, ähnlich künftige Schäden zu verhindern,
- bei der *International Association for Bridge and Structural Engineering* (IABSE), der internationalen Vereinigung für Brückenbau- und Hochbau, die sich dem weltweiten Austausch des Wissens vom konstruktiven Brücken- und Hochbau und der Förderung der Praxis im Interesse der Gesellschaft verschrieben hat.

Das über den Wissensaustausch hinaus politisch motivierte Ziel der internationalen Aktivitäten der BVPI ist es, das Vier-Augen-Prinzip international zu propagieren und das deutsche Prüffingenieurwesen, das aus deutscher Sicht das Optimum an Bauwerkssicherheit gewährleisten kann, darzustellen und um internationale Nachahmung zu werben. Ein weiteres Beispiel der Internationalisierung der Arbeit der BVPI war auch die zweisprachige Ausgabe des *PRÜFFINGENIEURS* (Heft 57) und die *Special Edition 2020* mit vielen weiterführenden, ausführlichen Informationen und Links. C.K.

# Das DIBt befürchtet in Brüssel die Entstehung einer technischen Parallelwelt zum Normensystem

## „Für die Novelle der Bauproduktenverordnung müssen wir unseren Ingenieurverband einbringen“

Bei jeder der jährlichen Arbeitstagungen der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) – die Coronapause ausgenommen – stand in den vergangenen Jahren nach den jeweiligen Eröffnungsreden ein besonderer Vortrag am Beginn des Fachprogramms: Der „Aktuelle Bericht aus dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt)“, den auch in diesem Jahr dessen Präsident, Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft, bei der BVPI-Arbeitstagung 2022 in Berlin hielt. In seinem aktuellen Vortrag konzentrierte Breitschaft sich auf die Beschreibung relevanter Details der kommenden EU-Bauproduktenverordnung, deren Novelle die Europäische Kommission im März dieses Jahres vorgestellt und den Mitgliedstaaten und dem Parlament zur weiteren Beratung übergeben hatte. Die Novelle, so Breitschaft, hat viele Hoffnungen geweckt, viele neue Fragen aufgeworfen, aber auch positive und zukunftsorientierte Akzente gesetzt. Neben der Bauproduktenverordnung beschrieb Breitschaft auch einige Details des deutschen Regelungsrahmens und des sogenannten Acquis-Prozesses, mit dem die Kommission die technische Harmonisierung nach der Bauproduktenverordnung vorantreiben will – und er riskierte einen Blick auf die künftige Durchführung und strukturelle Weiterentwicklung des Anerkennungsverfahrens für Prüferingenieure, dessen Geschäftsführung immer mehr obere Bauaufsichtsbehörden dem DIBt übergeben\*.



Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft

studierte Konstruktiven Ingenieurbau an der TU Berlin und war danach in verschiedenen Ingenieurbüros tätig, wo er Tragwerke geplant, Standsicherheitsnachweise geprüft und an der Softwareentwicklung mitgearbeitet hat; 2003 übernahm er die Leitung der Abteilung Konstruktiver Ingenieurbau des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) und seit 2009 ist er Präsident dieses Instituts; gleichzeitig leitet er in dieser Funktion das Bautechnische Prüfamt; seit 2012 vertritt Gerhard Breitschaft als Beauftragter des Bundesrats die Interessen der Bundesländer im Ständigen Ausschuss für das Bauwesen (StAB), dem EU-weiten Beratungsgremium der Europäischen Kommission für Fragen der praktischen Umsetzung der Bauproduktenverordnung.

### 1 Einführung

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) übt im Bauwesen eine zentrale Funktion aus. Mit seinen Zulassungen, Genehmigungen und Bewertungen gewährleistet es die Sicherheit von Bauwerken und unterstützt gleichzeitig die Entwicklung neuer Bauprodukte und Bauarten. Das DIBt ist eine technische Behörde und zugleich Dienstleister für die Bauwirtschaft. Es übernimmt im Auftrag der sechzehn Länder und des Bundes zahlreiche öffentliche Aufgaben im Bereich der Bautechnik. Immer im Zentrum stehen dabei die Sicherheit von Bauwerken und der Schutz von Mensch und Umwelt.

Rund 230 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wirken an den Aufgaben des Instituts mit. Die technischen Referentinnen und Referenten des DIBt sind Expertinnen und Experten ihres Fachs. Beraten wird es zudem von mehr als 500 ehrenamtlichen Sachverständigen aus Forschung, Wirtschaft und Verwaltung. Die Zusammenarbeit und der Dialog mit den Partnern und Experten auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene ist für die Arbeit des DIBt von großer Bedeutung.

Die Aufgaben und Pflichten des DIBt sind im DIBt-Abkommen zwischen den Bundesländern und dem Bund verbindlich festgelegt. Ergänzt wird es durch ein Verwaltungsabkommen, das eine zügige Ergänzung von Aufgaben ermöglicht. Die letzte Änderung des Verwaltungsabkommens gab es im Juni dieses Jahres. Danach sollen die EU-Referenten der Bauministerkonferenz, die sich um den Kontakt der Bundesländer zu den Europäischen Institutionen kümmern und früher wechselnd in einem der Länderministerien angesiedelt waren, in Zukunft beim DIBt verortet sein. Vorteile sind insbesondere eine bessere Kontinuität der Gremienarbeit und die Nähe zu den Bundesbehörden.

### 2 Neue Bescheide des DIBt

#### 2.1 Recycling-Beton

Das DIBt hat in den vergangenen Monaten und Jahren zahlreiche Zulassungen für Innovationen erteilt, bei denen das Thema Nachhaltigkeit eine immer größere Rolle spielt. Erstmals zugelassen und genehmigt wurden etwa Betonbauteile mit einhundertprozentigem Recyclinganteil in der Gesteinskörnung (**Abb. 1**). Nach den bestehenden Normen ist die Verwendung dieser Betonzusammensetzung noch nicht erlaubt, unter Beachtung bestimmter Randbedingungen ist eine solche Bauart aber auch schon heute durchaus praktikabel. Man kann mit einhundert Prozent Recyclinganteil bauen. Das aber ist nicht ganz

\* Dieser Text ist eine redigierte und autorisierte Abschrift der elektronischen Aufzeichnung des Vortrags, den Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft am 16. September 2022 im Steigenberger Hotel Am Kanzleramt anlässlich der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) gehalten hat.



Foto: Betonwerk Bütscher GmbH & Co. KG, Heek

Abb. 1: Betonfertigteile aus einhundert Prozent rezyklierter Gesteinskörnung sind auf Basis einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ)/allgemeinen Bauartgenehmigung (aBG) des DIBt möglich.

trivial. Deswegen muss in diesem Bereich noch mit DIBt-Zulassungen gearbeitet werden. Insgesamt sind hier noch interessante technische Weiterentwicklungen zu erwarten.

In die Richtung der Politik muss gesagt werden, dass die teils diskutierte politische Vorgabe verbindlicher Mengenquoten von Recyclingmaterial in der Praxis problematisch ist, da das Material nicht immer

verfügbar ist. Auch in Bezug auf die Standsicherheit müssen bestimmte Kriterien berücksichtigt werden. Die politisch Verantwortlichen, die solche Forderungen aufstellen, sollten deshalb immer erst mit den fachkundigen Technikern sprechen, um Machbarkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit beim Einsatz solcher Betonsorten zu gewährleisten.

Im Einzelnen geht es um die folgende Zulassung/Bewertung:

- einhundert ProzentabZ/aBG für Betonfertigteile aus rezyklisiertem Beton für tragende und nichttragende Wände (Z-3.51-2184, Juni 2021);
  - *Besonderheiten:* 100 Prozent rezyklierte Gesteinskörnung ähnlich Typ 3 für Expositionsklassen X0 und XC1 (trocken);
  - *Hintergrund:* Die Technischen Baubestimmungen decken bislang die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen > 2 mm der Typen 1 und 2 bis zu höchsten 45 beziehungsweise 35 Vol.-% ab.

## 2.2 Vorgespannter Brückenüberbau

Eine andere Innovation betrifft den Brückenbau. Die vorgestellte aBG (Z-13.4-161) regelt einen Brückenüberbau aus vorgespannten Betonfertigteileplatten aus Hochleistungsbeton (Abb. 2). Das Besondere: Die vorgespannten Fahrbahnplatten können direkt befahren werden, ohne zusätzliche Asphaltierung oder andere Maßnahmen der Bauwerksabdichtung. Über die Vorspannung sind die einzelnen Segmente ausreichend dicht und zugfest verbunden. So kann ein hohen Vorfertigungsgrad erreicht werden.

Dieser ist im Infrastrukturbau ebenso wichtig wie im Hochbau, um schneller und qualitativ besser zu werden und Ressourcen einzusparen. Die hohe Qualität in der Vorfertigung kann zur Reduzierung von



Foto: Firmengruppe Max Bögl, Sengenthal

Abb. 2: Seriell gefertigter Brückenüberbau aus vorgespannten Betonfertigteileplatten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)/allgemeinen Bauartgenehmigung (aBG) des DIBt.



Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

Abb. 3: Seit Oktober 2018 erteilt das DIBt Zustimmungen im Einzelfall/vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen (ZiE/vBG) für das Land Berlin, so etwa für die glasfaserverstärkten Betonfassadenplatten des 24-geschossigen Bürohochhauses STREAM in Kreuzberg-Friedrichshain.



Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

Abb. 4: Im umgebauten Tower und westlichen Kopfbau des ehemaligen Flughafens Tempelhof kommen absturzsichernde Brandschutzverglasungen mit Zustimmung im Einzelfall/vorhabenbezogener Bauartgenehmigung (ZiE/vBG) des DIBt zum Einsatz.



SOLARWATT, Dresden

Abb. 5: Auf Grundlage einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abz)/allgemeinen Bauartgenehmigung (aBG) des DIBt können diese Photovoltaikmodule als Überkopfverglasung eingesetzt werden.

Teilsicherheitsbeiwerten und damit von Material genutzt werden, ohne die Gesamtsicherheit zu verlieren.

### 2.3 Modulares Bauen

Ein weiteres Beispiel für das Thema Vorfertigung betrifft das Modulare Bauen mit Raumzellen (Modulen). Aus solchen Modulen können ganze Häuser zusammengesetzt werden. Der äußere Eindruck lässt aber nicht erahnen, dass das Gebäude aus Fertigteilen zusammengesetzt ist. In der vom DIBt erteilten Bauartgenehmigung ist der Brandschutz bereits sehr weitgehend geregelt, sodass die Baugenehmigung für solche Gebäude schnell und unkompliziert erfolgen kann. Die Bauweise wird sich gewiss weiter etablieren, immer unter den Prämissen: hohe Vorfertigung, hohe Qualität und Ressourceneinsparung bei gleicher Sicherheit.

Im Einzelnen gibt es in diesem Bereich eine erste allgemeine Bauartgenehmigung (aBG) des DIBt für:

- Feuerwiderstandsfähige Bauteile in mit nichtbrennbaren Bauplatten bekleideter Stahlbauweise (Z-19.33-2537, März 2021); diese aBG regelt die Feuerwiderstandsfähigkeit beinahe sämtlicher Bauteile, an die nach MBO Anforderungen gestellt werden (ohne Gebäudehülle);
  - Herausforderungen: Bewertung der konstruktiven Ausbildung der Anschlüsse und Fügungen, Abhängigkeiten zwischen Raumabschluss, Integrität der Plattenbekleidung und Verformung der Tragkonstruktion.

### 2.4 Zustimmungen im Einzelfall

Das DIBt ist seit 2018 für das Land Berlin für die Zustimmungen im Einzelfall und für die vorhabenbezogenen Bauartgenehmigungen zuständig. Dafür drei Beispiele: **Abb. 3** zeigt Fassadenplatten mit glasfaserverstärkten Betonbauteilen, in **Abb. 4** sind liniengelagerte Brandschutzverglasungen zu sehen, die beim Umbau des Flughafens Tempelhof zum Einsatz kamen und ebenfalls im Einzelfall geregelt werden mussten. Vorhabenbezogen beurteilt wurden auch das Folienkissendach und die Holz-Hybrid-Deckenkonstruktionen des Bürokomplexes EDGE am Südkreuz in Berlin. Das letzte Beispiel unterstreicht erneut die zunehmende Bedeutung von Nachhaltigkeit.

### 2.5 Grünes Bauen im Kommen

Weitere Beispiele für „grüne“ Produkte und Bauarten in der Zulassungspraxis des DIBt sind etwa eine Überkopfverglasung aus PV-Modulen (**Abb. 5**) und Hohlkörper, die zum Zweck der Betoneinsparung in Deckenplatten aus Beton eingebracht werden. Die Hohlkörper sind zum Teil aus Recyclingmaterial hergestellt, auch die Formen und viele konstruktive Details verändern sich immer wieder, stets mit dem Ziel, Beton genau dort einzusparen, wo man ihn nicht braucht.

Ebenfalls erwähnenswert ist ein Aerogel-Dämmputz, der sich insbesondere für die Altbausanierung und für denkmalgeschützte Bauten eignet (**Abb. 6**), da es sich um eine relativ dünne Putzschicht handelt, mit der man Stuck bekleiden kann, ohne ihn zu überdecken. Dieser Putz ist ein gutes Beispiel für aktiven Wärmeschutz im Einklang mit dem Denkmalschutz.

Als letztes sei eine tragende Bambuskonstruktion vorgestellt. Bambus ist ein rasch nachwachsender Rohstoff, der nicht genornt ist. Mit Bambus steht neben Holz ein weiterer nachwachsender Rohstoff zur Verfügung, der für tragende Zwecke eingesetzt werden kann (derzeit noch auf Basis einer Zulassung).



Abb. 6: Für die energetische Sanierung der Bauhaus Universität Weimar wurde ein Aerogel-Hochleistungs-Dämmputz mit Europäischer Technischer Bewertung (ETA) des DIBt verwendet. Aerogel-Dämmputze bestechen durch hervorragende Wärmedämmeigenschaften bei geringem Platzverbrauch.

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

### 3 Digitalisierung im DIBt

Das DIBt hat 2021 ein großes Digitalisierungsprogramm aufgelegt. Es erstreckt sich über zehn Jahre und zielt insbesondere auf die Digitalisierung der internen Prozesse des DIBt ab. Darüber hinaus geht es um die Kommunikation mit allen Beteiligten, um den Datenaustausch in BIM, XPlanung und XBau (Abb. 7). Die Bundesländer stellen die finanziellen Mittel für diese „Investition in die Zukunft“ bereit.

Auf die Organisation bezogen hat das DIBt während der Coronazeit viel dazugelernt und viele Umläufe in Papierform durch digitale Prozesse ersetzt. Diese Erfahrungen werden nun auf eine solide technologische Basis gestellt.

Natürlich will das DIBt bei der Digitalisierung des Baugenehmigungsprozesses seinen Beitrag leisten. Bescheide und Informationen sollen langfristig digital zur Verfügung gestellt werden. Dafür müssen alle Verfahren und Prozesse zunächst aktualisiert und zum Teil vollkommen neu durchdacht und strukturiert werden.



Abb. 7: Die Digitalisierung im Bauwesen schreitet fort. Hierfür sind auch auf bauaufsichtlicher Seite die entsprechenden Weichen zu stellen.

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

## 4 Fortschreibung der GruSiBau

Das DIBt hat sich zusammen mit einigen erfahrenen Bauingenieuren und Experten auf dem Gebiet der Sicherheitstheorie die *Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für Bauliche Anlagen* „vorgenommen“, die bekannte GruSiBau. Die Veröffentlichung stellt ein Grundlagenwerk dar, mit dem der Normenausschuss Bauwesen 1981 das sogenannte semiprobabilistische Bemessungskonzept im Bauwesen eingeführt hatte, die Bemessung auf Basis von Teilsicherheitsbeiwerten also – womit damals die Bemessung im Bauwesen revolutioniert wurde. Das Werk diente in der Folge als Richtschnur für die Erstellung zahlreicher nationaler und internationaler Normen, allen voran der heutigen Eurocodes.

Seit mehreren Jahrzehnten arbeiten Bauingenieure in Deutschland und weltweit mit diesem semiprobabilistischen Bemessungskonzept. Auch in der nächsten Generation der Eurocodes wird dieses Bemessungskonzept Anwendung finden. Es kann also mit Fug und Recht behauptet werden, dass die GruSiBau die etablierte Basis für die Bemessung im Bauwesen darstellen.

Im Laufe der vier Jahrzehnte seit der Erstveröffentlichung der GruSiBau haben sich die Rahmenbedingungen für die Bemessung im Bauwesen aber stark verändert und weiterentwickelt. Nicht nur Herstellmethoden, Transport, Einbau und Werkstoffkombinationen haben sich erheblich entwickelt, sondern auch die Nachweismethoden. Insbesondere stehen heutzutage neue computerbasierte Rechenverfahren zur Verfügung, die eine wesentlich komplexere und genauere Nachweisführung und Modellierung erlauben, als es vor vier Jahrzehnten denkbar war.

Vor diesem Hintergrund scheint eine Befassung mit den Grundlagen der Sicherheitstheorie im Bauwesen geboten. Eine Autorengruppe, die vom DIBt koordiniert wurde, erarbeitete daher einen Vorschlag zur Fortschreibung den GruSiBau. Unterstützung erfuhr diese Autorengruppe durch Ergebnisse aktueller ARGEBAU-Forschungsvorhaben. Zur Autorengruppe gehörten auch einige Pioniere der ersten Stunde, Autoren, die an den ursprünglichen GruSiBau mitgewirkt haben und somit deren Geist und Hintergründe genau kennen.

Unter dem Arbeitstitel *GruSiBau 2.0* haben die Autoren nun einen Vorschlag zur Fortschreibung der GruSiBau vorgelegt (Abb. 8). Im Fokus stehen dabei drei zentrale Aspekte:

- Sensitivitätsanalysen,
- verdeckte Sicherheiten,
- Grundbau.

Am 2. Mai 2022 hat das DIBt diesen Vorschlag dem Normungsausschuss Bau (NABau) übermittelt. Um einen breiten Dialog in der Fachöffentlichkeit zu ermöglichen, stellt das DIBt diesen Vorschlag auf seiner Website unter *Aktuelles* nun auch öffentlich zur Verfügung. Damit möchten die Autoren einen Beitrag zur Diskussion über die Fortschreibung der Grundlagen der Sicherheitstheorie leisten. Eine parallele Betrachtung des hier vorgelegten Vorschlags und weiterer Ansätze, die bei der Überarbeitung der Eurocodes angewendet werden, erscheint sinnvoll und kann neue Potentiale und Forschungsperspektiven erschließen.

Wenn Bauingenieure über Sicherheiten nachdenken und darüber, wie man Sicherheiten ermitteln kann, dann gehört der Ressourcenschutz

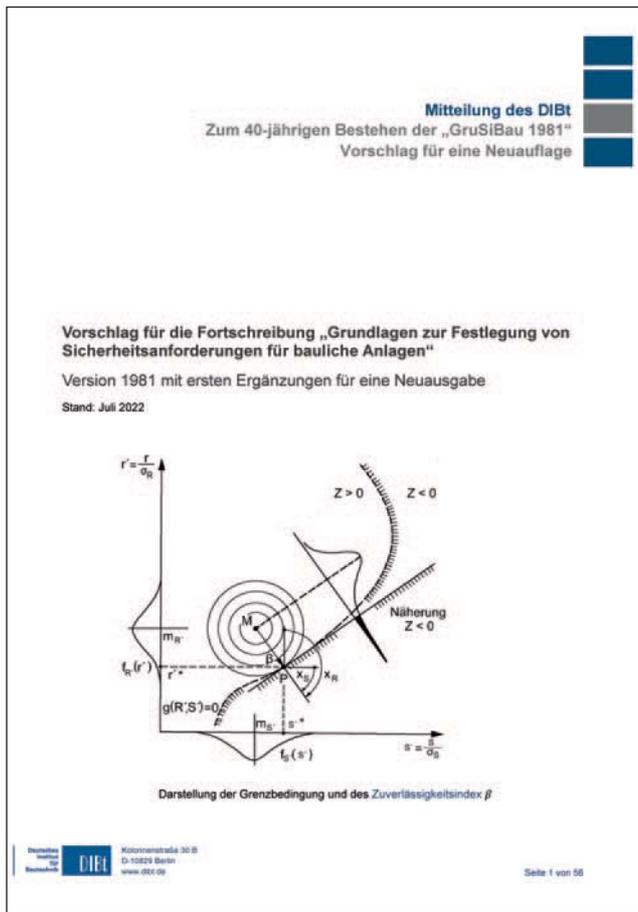


Abb. 8: Im August 2022 hat eine Expertengruppe unter Federführung des DIBt einen Vorschlag zur Fortschreibung der GruSiBau vorgelegt.

immer dazu. In manchen Bereichen sind die eingebauten Sicherheiten sehr groß und wir könnten leicht einiges an Ressourcen sparen. Auf der anderen Seite wollen wir natürlich auch robust und dauerhaft bauen, und es sollen flexibel gedachte Gebäude entstehen, die auch solche Umnutzungen erlauben, an die man heute noch nicht denkt, die aber in dreißig Jahren relevant werden könnten. Diese Robustheit bedingt einen gewissen Ressourceneinsatz. Es gibt also einiges zu bedenken, auch Sachlagen, die im Widerstreit miteinander stehen. Letztlich basiert aber alles, was wir machen, auf unserer Sicherheitstheorie.

Wenn wir diese bewährte Theorie klug und mit Sachverstand weiterentwickeln, dann können wir gute, gewinnbringende Fortschritte erzielen. Das Thema wird uns in den nächsten Jahren noch viel und vorrangig beschäftigen.

## 5 Nachhaltigkeit – freiwillig oder gesetzlich verpflichtend?

Neben den Zulassungsgegenständen, die heute schon häufig mit Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz zu tun haben, sind wir natürlich auch mit dem nationalen Rechtsrahmen befasst. In einzelnen Landesbauordnungen sind bereits Ziele für die Nachhaltigkeit und die Kreislaufwirtschaft formuliert. Vorreiter ist hier das Land Berlin. Aber auch in anderen Bundesländern laufen die Diskussionen. Es wird zurzeit insbesondere erörtert, was in den Landesbauordnungen machbar oder was gegebenenfalls über Bundesrecht zu regeln ist.



Abb. 9: Als Orientierungshilfe für die Bauwirtschaft stellt das DIBt seit dem Frühjahr 2022 eine Informationsseite zum Nachhaltigen Bauen bereit: [www.dibt.de](http://www.dibt.de) ▶ Sie sind ▶ An Nachhaltigem Bauen interessiert

Aktuell gibt es nur wenige konkretisierende Technische Baubestimmungen, die sich mit der Nachhaltigkeit befassen. Einige Verbände haben sich schon positioniert und haben Orientierungshilfen herausgegeben mit Hinweisen auf mögliche Ansätze in Planung, Konstruktion und Ausführung sowie bei der Zusammensetzung der Baustoffe (Abb. 9).

Auch sind wir mit *Architects for Future* im Gespräch, die Forderungen nach einer *Musterumbauordnung* stellen. Dabei geht es darum, der Wiederverwendbarkeit von Bauteilen und Gebäuden den Vorzug vor dem Neubau zu geben. Das ist aktiver Ressourcenschutz und spart große Mengen an CO<sub>2</sub>. Ob und wie dies aber rechtssicher in die Bauordnungen integriert werden kann, ob es beispielsweise demnächst eine Genehmigung für den Abriss von Gebäuden geben kann, all das wird gerade ausführlich und fachkundig diskutiert. Dabei werden interessante und gut durchdachte Ideen entwickelt, mit denen sich die Politik und letztlich auch das DIBt auseinandersetzen müssen und wollen.

Weiterhin gibt es Anforderungen, die künftig aus der novellierten EU-Bauproduktenverordnung auf uns zukommen. Wir können möglicherweise bereits in den nächsten Monaten erste *Europäische Technische Bewertungen* (ETA) erstellen, die Produktleistungen im Bereich der Nachhaltigkeit ausweisen; auch ist bereits eine Norm für Heizgeräte mandatiert, die Nachhaltigkeitsaspekte umfasst. Danach könnten sämtliche Nachhaltigkeitsparameter angegeben werden, die zum Beispiel für die Erstellung einer Ökobilanz für ein Gebäude notwendig sind.

Ob man solche Ökobilanzen in den Bauordnungen irgendwann verpflichtend macht, wie beispielsweise auch die statischen Berechnungen, ist dann eine politische Entscheidung, die auch im Hinblick auf die erhöhten Planungskosten und auf die Machbarkeit gefällt werden sollte. Eventuell erhöhte Kosten für klimaschonendes Bauen sollten aber über den Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet und mit möglichen Gewinnen während der Lebensdauer und auch mit den Kosten aus Klimaschäden (die dadurch vermieden werden) verrechnet werden.

## 6 Entwicklung des nationalen Regelungsrahmens

### 6.1 Stand der Umsetzung der MVV TB in den Bundesländern

Die Umsetzung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) ist bundesweit nicht einheitlich. Das merken vor allem die Planer und Bauausführenden.

Als die Musterbauordnung der Länder 2016 neu aufgelegt wurde, hatte man, eingedenk einschlägiger schlechter Erfahrungen, zunächst versucht, die länderweise Zersplitterung des Baurechts zu vermeiden. Aber aufgrund landesverfassungsrechtlicher Gründe konnte die einheitliche und zeitgleiche Umsetzung der MVV TB bislang nicht umgesetzt werden. Die Länder und das DIBt arbeiten nun mit Hochdruck in mehreren Arbeitsgruppen an diesem Problem und suchen nach Wegen, in allen Bundesländern möglichst zur gleichen Zeit inhaltlich möglichst deckungsgleiche Technische Baubestimmungen einzuführen.

Bis vor Kurzem haben wir den Entwurf für die *Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen* Ausgabe 2022/1 in der Anhörung gehabt. Sie wird jetzt unter Berücksichtigung der Einsprüche aus der Anhörung auf die Notifizierung bei der Europäischen Kommission und den EU-Mitgliedstaaten vorbereitet.

Die Anhörungsverfahren haben – entgegen den Befürchtungen, die über ihren praktischen Nutzen gelegentlich geäußert werden – durchaus einen fachlichen Mehrwert. Die Erfahrungen mit diesem Verfahren haben uns wieder gezeigt, wie zweckmäßig und vernünftig es ist, dass in diesen Anhörungen jeder einzelne Einwand von unabhängigen Gremien betrachtet, bedacht und beraten wird, die keiner Lobbygruppe verpflichtet sind. Zwar wird nicht jedem Einspruch nachgegeben, aber jeder Einspruch wird gewissenhaft behandelt (**Abb. 10**).



Abb. 10: Die Fortschreibung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen gehört zu den Kernaufgaben des DIBt. Die Bekanntmachung erfolgt nach Anhörung der interessierten Kreise und im Einvernehmen aller Länder.

### 6.2 Muster-Holzbaurichtlinie

Die relativ neue Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL) 2020-10 wurde mit der MVV TB-Ausgabe 2021/1 in die Technischen Baubestimmungen aufgenommen. Sie erlaubt einiges im Holzbau, was früher nicht möglich war. Trotzdem gibt es noch offene Fragen, wie zum Beispiel in Bezug auf die Rauchdichtigkeit. Es gibt im DIBt-Newsletter darüber eine Veröffentlichung der Projektgruppe Brandschutz der Fachkommission Bauaufsicht, wie mit diesem Thema umzugehen ist.

Auch in Bezug auf den Holzbau haben die Planer und die Bauausführenden ein Problem mit den verschiedenen Regelungsständen in den einzelnen Bundesländern.

Das betrifft auch die Arbeit des DIBt, denn die bauaufsichtlichen Zulassungen sollen ja in allen Bundesländern gelten. Das ist dann mit rechtlichen Schwierigkeiten verbunden, wenn zum Beispiel eine bestimmte technische Option in einem Land erlaubt ist, in einem anderen aber nicht.

## 7 Novelle der Bauproduktenverordnung

### 7.1 Ziele der Bauproduktenverordnung

Das vorrangige Ziel der Bauproduktenverordnung (BauPVO) ist ein funktionierender Binnenmarkt für Bauprodukte. Als Grundlage hierfür wird über die harmonisierten Europäischen Normen und Europäischen Bewertungsdokumente eine gemeinsame technische Fachsprache festgelegt. Sie bildet wiederum die Basis für die CE-Kennzeichnung der Produkte und für die Leistungserklärungen der Hersteller. Außerdem sollen mit der Novelle die Marktüberwachung verbessert und der europäische Rechtsrahmen vereinfacht werden. Ob letzteres gelingt, ist fraglich, denn die jetzt vorliegende Entwurfsfassung ist deutlich umfangreicher und komplexer als die aktuelle Verordnung.

Am 30. März 2022 hat die Europäische Kommission den Legislativvorschlag für eine Novellierung der Bauproduktenverordnung veröffentlicht. Seit Mitte Mai liegt auch eine deutsche Fassung des Vorschlags vor. Er umfasst mehr als 130 Seiten, 94 Artikel, sieben Anhänge sowie 106 sogenannte Erwägungsgründe. Damit ist die Arbeit der Kommission vorerst getan. Jetzt müssen der Europäische Rat und das Europäische Parlament sich mit dem Vorschlag befassen. Beide Gremien haben zu diesem Zweck eigene Arbeitsgruppen gebildet, an deren Debatten und Meetings auch die Kommission teilnimmt.

Die Kommission schlägt eine vollständige Ablösung der geltenden Verordnung bis 2045 vor. Gleichzeitig wird seitens der Kommission erhofft, dass die neue Bauproduktenverordnung bereits in zwei bis drei Jahren zumindest teilweise in Kraft tritt. Danach soll eine gestufte Ablösung der alten Verordnung von der neuen stattfinden. Der Grund für die langfristige Parallelgeltung ist die Annahme, dass die Überarbeitung der geltenden Produktnormen noch sehr viel Zeit in Anspruch nehmen wird.

Direktiv für den Inhalt der Bauproduktenverordnung und in die unmittelbare Zukunft weisend ist der Wille aller an der Novelle Beteiligten, den Bauproduktensektor grüner und digitaler zu gestalten. Um dieses Ziel zu erreichen, sind in der Novelle einige gute Ansätze enthalten. Ein umstrittener Punkt ist allerdings die sogenannte inhärente Produktsicherheit. Damit ist zum Beispiel die Vermeidung von scharfen Kanten, Elemente für die elektrische Sicherheit und andere arbeitschutzrelevante Eigenschaften der Bauprodukte gemeint. Ob der zwei-

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

folsonne wichtige Arbeitsschutz auch in den Produktnormen geregelt werden soll, wird noch heiß diskutiert.

Aus unserer Sicht sehr bedauerlich ist das Faktum, dass die Kommission an ihrem Grundsatz der *abschließenden Harmonisierung* festhält, ihn in dem neuen Entwurf sogar noch schärfer formuliert als bisher. Abschließende Harmonisierung bedeutet: Die Kommission geht unverrückbar davon aus, dass die europäischen Produktnormen *umfassend, vollständig, richtig und ohne Ergänzungsbedarf* ausformuliert seien. Die Kommission räumt zwar gleichzeitig ein, dass die Normen überarbeitet werden müssen, weil sie unvollständig, teilweise falsch und/oder veraltet sind, aber sie muss – vermeintlich zwingender juristischer Gründe wegen – trotzdem feststellen, dass sie *umfassend* sind, um nationale Nachregelungen zu verhindern. Die Bauwerkssicherheit erscheint hier gegenüber dem freien Handel nachrangig.

Wir denken hier anders. Wir wissen, dass Normen eigentlich niemals fertig sind. Sobald sie gedruckt sind, sind sie nicht mehr aktuell, und man muss sie über kurz oder lang fortschreiben. Aber wenn man Normen als Teil eines Gesetzeswerkes ansieht, kommt man offenbar zu anderen Schlussfolgerungen.

Weiterhin werden in dem Vorschlag der Kommission möglicherweise die Kompetenzen der Mitgliedstaaten im Bereich der Bauwerkssicherheit eingeschränkt. In diesem Punkt gibt es sehr viele Unklarheiten und eine große Grauzone, über die diskutiert werden muss. Zum Glück wissen wir uns in diesem Thema mit vielen Mitgliedsstaaten der EU einig, die dieses Problem ähnlich sehen wie wir in Deutschland. Aber ob es letzten Endes zu einer einheitlichen, geschlossenen Position gegenüber der Kommission kommt, ist noch ungewiss.

### 7.2 Harmonisierte Zone

Ein wesentlicher Baustein der neuen Bauproduktenverordnung ist die sogenannte harmonisierte Zone. Dieses Konzept wird neu eingeführt, um den Kompetenzbereich der EU für das Handelsrecht vom Kompetenzbereich der Mitgliedstaaten (in diesem Fall für die Bauwerkssicherheit) im Sinne der Kommission besser abgrenzen zu können. Dem Vorschlagstext folgend ist davon auszugehen, *dass die harmonisierte Zone umfassend ist und alle potenziellen Anforderungen an Produkte abdeckt, die nicht unter andere Rechtsvorschriften der Union fallen*. Der Vorschlag enthält des Weiteren einen detaillierten Katalog von Maßnahmen, die den Mitgliedstaaten im Bereich der harmonisierten Zone untersagt sein sollen. Dies soll selbst bei lückenhaften Normen gelten, die in der Vergangenheit Gegenstand gerichtlicher Auseinandersetzungen mit der Kommission vor dem Europäischen Gerichtshof waren. Bei zwingenden Gründen der Gesundheit, Sicherheit oder anderer relevanter Belange der Mitgliedstaaten ist nach dem Textentwurf nunmehr ein Genehmigungsverfahren vorgesehen. Die Kommission wäre damit berechtigt, über Maßnahmen der Mitgliedstaaten zu entscheiden.

Abgesehen von der Widersprüchlichkeit dieses Konzepts ist fraglich, ob es geeignet ist, ein hohes Niveau an Bauwerkssicherheit in Europa zu gewährleisten.

Nach deutscher Auffassung müsste für jede mitgliedstaatliche Anforderung die Möglichkeit gegeben sein, sie in den harmonisierten Normen zu berücksichtigen, auch wenn sie nur für einen einzelnen Mitgliedstaat relevant ist. Nach dem Vorschlag der Kommission aber würden solche wesentlichen Merkmale nur *so weit wie möglich* berücksichtigt.

### 7.3 Neue Anforderungen an die Produktsicherheit

Neben den Grundanforderungen an Bauwerke soll die neue Verordnung auch neue Anforderungen an die Produktsicherheit und neue Informationsverpflichtungen enthalten. Vorgesehen ist eine verpflichtende Normanwendung für die Bauwerkssicherheit und eine freiwillige Normanwendung für Aspekte der Produktsicherheit. Die Produktsicherheit und auch Teile der Nachhaltigkeitsaspekte fallen zunächst in den Bereich der freiwilligen Normanwendung. Entsprechend steht dann neben der Leistungserklärung eine Konformitätserklärung. Die beiden Erklärungen sollen nach dem Vorschlag gemeinsam abgegeben werden müssen. Die Konformitätserklärung drückt allgemein die Übereinstimmung mit der Bauproduktenverordnung aus und die Leistungserklärung beschreibt detailliert die Produktleistungen des jeweiligen Produkts. Für die Praxis könnte diese zweite Erklärung allerdings eine weitere bürokratische Hürde darstellen.

### 7.4 Weitgehende Befugnisse für die Europäische Kommission

Im Großen und Ganzen muss man konstatieren, dass sich die Kommission, was die Gestaltung der Normen angeht, sehr viele neue Befugnisse einräumen will für den Fall, dass

- Normen sich verzögern,
- dringender Bedarf an weiteren harmonisierten technischen Spezifikationen (*htS*) besteht,
- Normen unvollständig sind oder nicht oder nur mit Einschränkungen im Amtsblatt veröffentlicht werden könnten,
- Normen nicht im Einklang mit Klima- und Umweltvorschriften der Union stehen usw.

In allen diesen Fällen möchte die Kommission das Recht haben, die Normen mittels *delegierter Rechtsakte* eigenständig nachzubessern. Deutschland sieht hier die Gefahr, dass eine technische Parallelwelt zum Normensystem entsteht. Bei den delegierten Rechtsakten gibt es nur wenig Mitsprachemöglichkeiten für die Mitgliedstaaten oder die Experten der Fachwelt. Der delegierte Rechtsakt ist eine weitere Besonderheit des EU-Rechtssystems. Er wird üblicherweise dann genutzt, wenn Rechtsakte – und deren Anhänge – (regelmäßig) an den technischen oder wissenschaftlichen Fortschritt angepasst werden müssen.

Die Bundesländer und der Bund haben sich einheitlich für eine Stärkung und gegen eine Schwächung der Normungsstrukturen ausgesprochen, auch weil die Kommission über keine ausreichende technische Expertise verfügt, was zu technischen Regelungen führen würde, die keine Akzeptanz in der Fachwelt finden können. Selbst wenn die Kommission die Regelsetzung an externe Consultants fremdvergeben würde, hätte dieses Vorgehen mit konsensbasierter Normungsarbeit durch Fachexperten aller interessierten Kreise nichts zu tun.

### 7.5 Die ETA-Route bleibt bestehen, aber ...

Auch in dem neuen Entwurf der Bauproduktenverordnung soll die bewährte ETA-Route als alternativer Weg zur CE-Kennzeichnung solcher Bauprodukte erhalten bleiben, für die es keine harmonisierte Norm (*hEN*) gibt. Es sind aber in die Novelle einige Einschränkungen eingebaut, deren Auswirkungen noch nicht abschließend bewertet wurden. So sollen die Europäischen Bewertungsdokumente in Zukunft ihren Status als *harmonisierte technische Spezifikationen* verlieren, aber trotzdem zur CE-Kennzeichnung führen können – allerdings erst nach einer wesentlich längeren Vorlaufzeit als bisher. Neu ist auch, dass die Kommission, was bislang den Herstellern der Produkte vorbehalten war, Europäische Bewertungsdokumente (EAD) selbst initiieren könnte.

### 7.6 Digitalisierung und Produktdatenbank der EU

Auch zur Digitalisierung ist im Verordnungsentwurf einiges vorgesehen. Es soll eine elektronische CE-Kennzeichnung und einen digitalen Produktpass geben. Die Kommission wird ermächtigt, Datenbanken aufzubauen, in denen die Produktinformationen der Hersteller gesammelt werden, die einzugeben und zu pflegen sie verpflichtet wären. Auch die Produktinformationsstellen, wie das DIBt eine ist, müssten ihre Informationen und damit jegliche produktbezogene Information digital zur Verfügung stellen.

### 7.7 Anforderungen an das Grüne Bauen

Der Entwurf für die Novelle der Bauproduktenverordnung enthält auch zahlreiche neue Anforderungen und Verpflichtungen, um das wichtige Ziel des ökologischen Wandels und einer ressourceneffizienten Wirtschaft zu erreichen. Die Regeln sind bisher noch recht unpräzise, weil alle diesbezüglichen Details *delegierten Rechtsakten* vorbehalten sind. Gleichwohl muss man in diesem Punkt zugestehen, dass es grundsätzlich der Zeit angemessen und auch richtig ist, in den Produktnormen auch die Nachhaltigkeitsleistung zu erfassen.

### 7.8 Fazit zur Bauproduktenverordnung

Der Entwurf birgt sehr viele offene und möglicherweise neue Fragestellungen. Im Vordergrund sollten allgemein die Verständlichkeit und die Praxistauglichkeit stehen. Es gibt positive und zukunftsorientierte Akzente, aber auch Mängel. Potenziell bedeutet der Entwurf mehr Bürokratie, eine größere Eigenmächtigkeit der Kommission und wenig Mitbestimmungsrechte für die Mitgliedstaaten.

## 8 Der Acquis-Prozess: Ziele und Arbeitsauftrag

Der Acquis-Prozess beinhaltet die Überarbeitung des gesamten technischen Besitzstandes (*Technical Acquis*) unter der derzeit geltenden Bauproduktenverordnung, insbesondere harmonisierter Normen, EADs und Kommissionsentscheidungen. Der Auftrag zielt auf eine Anpassung dieses Besitzstandes an den heutigen und künftigen Regelungsrahmen. Dafür wird eine einheitliche Struktur (*High-Level-Structure*) für harmonisierte technische Spezifikationen entwickelt, die alle notwendigen Produktleistungen und Nachweisverfahren enthält. Diese Struktur dient dann als Blaupause für künftige Normungsaufträge (*Standardisation Requests*), jedoch nicht für die Erstellung oder Überarbeitung der Normen selbst.

Der Acquis-Prozess ist im Kontext der Novelle der Bauproduktenverordnung zu sehen. Die Ergebnisse sollen aber auch unter der aktuellen Verordnung anwendbar sein. Es sollen dabei alle bestehenden Produktnormen daraufhin beleuchtet werden, ob sie aus der Sicht der Kommission bekanntmachungsfähig sind. Gegenwärtig, muss man konstatieren, genügt nicht eine einzige Norm diesem Kriterium, gleichzeitig erklärt die Kommission (siehe oben), dass harmonisierte Normen umfassend, vollständig, richtig und ohne Ergänzungsbedarf formuliert sind.

Aktuell gibt es bereits zwei Arbeitsgruppen, die an den High-Level-Structures, arbeiten, das heißt: bei jeder Normungs- oder Produktfami-

lie wird noch einmal zusammentragen, was die Mitgliedstaaten benötigen und was sie für sinnvoll erachten. Begonnen wurde diese Arbeit mit Stahlbetonfertigteilen und vorgefertigten Stahlbauteilen. An der Art und Weise, wie dieses Zusammentragen geschieht, ist zu kritisieren, dass den Mitgliedstaaten zu wenig Zeit gegeben wird, manchmal nur ein bis zwei Wochen. Die interessierten Verbände werden an diesen Umfragen beteiligt und können sich äußern. Aber es kommt aufgrund der kurzen Bearbeitungszeit nicht zu einer wirklichen Abstimmung.

Der Acquis-Prozess wird von der Kommission geleitet. Das DIBt ist in den entsprechenden Arbeitsgruppen aktiv beteiligt und vertritt in Absprache mit Bund und Ländern die Belange der Bauaufsicht. Auch die Bauwirtschaft hat die Möglichkeit, als *Observer* oder als *Expert* mitzuwirken, allerdings nur mit eingeschränkten Rechten.

Zuletzt hat die horizontale Gruppe Nachhaltigkeit ihre Arbeit aufgenommen. Die deutsche Delegation hat nun die Aufgabe anzugeben, welche Aspekte der Nachhaltigkeit für Deutschland produktübergreifend wichtig sind. Ein schwieriges Unterfangen, weil hierzulande viele Nachhaltigkeitsziele noch gar nicht konkret definiert sind.

## 9 Anerkennung von Prüflingenieuren

Das DIBt leitet seit 2015 die Geschäfte des Berliner Prüfungsausschusses für die Anerkennung von Prüflingenieuren und Prüflingenieurinnen für Standsicherheit. Mittlerweile ist dieser Ausschuss auch für die Gemeinsame Anerkennungsprüfung der Länder Berlin, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen zuständig. Die Länder Rheinland-Pfalz und Hessen haben sich inzwischen ebenfalls entschlossen, sich dem gemeinsamen Ausschuss anzuschließen.

Dazu muss bemerkt werden: Die Mitwirkung und Unterstützung der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) beim Anerkennungsprozess ist aus Sicht des DIBt sehr erwünscht, insbesondere was die Vorbereitung angeht. Das DIBt sucht die Zusammenarbeit mit den Prüflingenieuren, nicht nur bei der Vorbereitung der Kandidaten auf die Prüfung, sondern auch im Prüfungsausschuss selbst.

Natürlich kann man sich fragen, ob der Prüfungsausschuss gelegentlich zu schwere Fragen stellt. Gleichzeitig muss durch die Prüfung sichergestellt werden, dass die Bewerber für die verantwortungsvolle und vielschichtige Praxis, die sie erwartet, qualifiziert sind. Hier sollten wir für die Zukunft ansetzen, hier kann die BVPI unterstützen, zum Beispiel durch vorbereitende Schulungen oder durch Teilnahme an den Sitzungen des Prüfungsausschusses selbst. Die Teilnahme am Prüfungsausschuss steht qualifizierten Personen offen. Das zeigt sich auch in der Zusammensetzung des aktuellen Prüfungsausschusses, der überwiegend mit Prüflingenieuren besetzt ist und nur von drei Behördenvertretern personell ergänzt wird. Die Praxis ist also stark vertreten, und sie stellt die Prüfungsfragen.

# Wenn die Digitalisierung kein Reizthema, aber Anreiz ist, ist die Kenntnis des *digitalen Erbes* der Weg zum Erfolg Digitale Prozessinnovationen sind aber kein Selbstzweck, sondern dienen eindeutig definierten Unternehmenszielen

Bis zum Ende dieses Jahres müssen die öffentlichen Verwaltungsstellen des Bundes, der Länder und der Kommunen die meisten ihrer Dienstleistungen, und damit auch das Baugenehmigungsverfahren, in digitalisierten Prozessen anbieten. Mit diesem Gesetz sind nun auch die Prüfsingenieure endgültig vor die Aufgabe gestellt, ihre Arbeitsabläufe in der bautechnischen Prüfung möglichst rasch zu digitalisieren. Doch was bedeutet das konkret? Wie geht man um mit der gewaltigen Herausforderung, nahezu alle Arbeitsabläufe im eigenen Büro quasi neu zu erfinden. Wie soll man die Mitarbeiter für die Technik begeistern? Wie soll der Chef des Büros fundiert und verlässlich ermitteln und ermitteln, ob die notwendigerweise zu tätigen Investitionen auch jenen Ertrag und Erfolg bringen werden, die er benötigt, um die ganze Aktion nicht vor die Wand zu fahren? Diese und viele andere Fragen, die mit der Digitalisierung des Ingenieurbüros und der bautechnischen Prüfung im Zusammenhang stehen, beantwortet der folgende Beitrag eines Beratenden Ingenieurs und Prüfsingenieurs, der genau weiß, wovon er schreibt, weil er weiß, was er falsch zu machen Gefahr gelaufen war, als er die strategische Entscheidung traf, die Büroprozesse vollständig zu digitalisieren. Erst nachdem er sich eingehend mit der Thematik auseinandergesetzt und die Fallstricke und Hindernisse, die Risiken und Unsicherheiten der Einführung der digitalen Arbeitsweise im eigenen Büro herausgefunden hatte, konnte er ihnen sachkundig und gezielt begegnen – und sie hier seinen Kollegen und Kolleginnen aufschreiben, die in ähnlicher Situation waren oder sind, wie er es war.



Dipl.-Ing. Martin Hamann

studierte Bauingenieurwesen an der TU Dresden und an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne, war Projektleiter der Ingenieurbüros Leonhardt, Andrä & Partner (Stuttgart) und der Krone Hamann Reinke GmbH (Berlin) bevor er in diesem Büro 2004 Geschäftsführer und Gesellschafter wurde; seit 2014 ist Martin Hamann Geschäftsführer und Gesellschafter der Hamann Ingenieure GmbH (Berlin), seit 2004 Beratender Ingenieur und seit 2010 auch Prüfsingenieur für Brandschutz; im Vorstand der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) ist er für das Ressort Digitalisierung zuständig.

## 1 Einführung: Reize, Reizthemen und Reizschwellen

Dem Thema der Digitalisierung möchte ich mich aus einem scheinbar sachfremden Blickwinkel nähern. Ich beginne daher mit einer Analyse des Begriffes Reiz.

Als Reiz wird eine äußere oder innere Einwirkung auf den Organismus verstanden, zum Beispiel auf unsere Sinnesorgane, die eine bestimmte, vom Willen nicht gesteuerte Reaktion auslöst. Als eine Unterform des Reizes kann im deutschen Wortgebrauch der *Anreiz* als eine äußere oder innere Einwirkung, Sache oder Person verstanden werden, die eine ebenso unbewusste wie verlockende Wirkung ausüben oder für den Empfänger einen Antrieb bewirken oder eine Anziehungskraft erzeugen. Als *Reizschwelle* wird jene Grenze definiert, hinter der ein Reiz, der unsere Nerven oder Sinnesorgane trifft, eine Empfindung und eine zugehörige Reaktion auslöst. Dies gilt für alle Reize. Anreize unterscheiden sich somit von anderen Reizen allein dadurch, dass sie eine Reizschwelle bereits überschritten haben und die zugehörige Reaktion beim Empfänger bereits erzeugt haben, beispielsweise den verlockenden, unbewussten Antrieb.

Reize und Anreize entstehen spontan oder willkürlich, wenn wir beispielsweise zufällig in eine Flamme greifen, oder geplant, wenn wir beim Sport bestimmte Muskeln trainieren. Die bewusste und geplante Anregung von Reizen kann aber auch politisch motiviert sein, zum Beispiel durch bestimmte Formulierungen, in der Literatur oder auch in Gesetzestexten, wobei die Autoren jeweils bemüht sind, beim Empfänger eine unbewusste innere Reizreaktion zu erzeugen und sie in seinem Sinne zu steuern.

Reize erzeugen somit wahrnehmbare Reaktionen, wenn Reizschwellen überschritten werden. Inwieweit der Empfänger unbewusste Reizreaktionen als positiv oder negativ empfindet, hängt

- vom Reiz selbst (zum Beispiel von Wärmereizen in unterschiedlichen Temperaturbereichen),
- von individuellen Erfahrungen und Empfindungen des Empfängers und
- von seinen persönlichen Reizschwellen ab.

Unter Berücksichtigung dieser Sachverhalte kann man mit der Stimulierung definierter Reize versuchen, beim Empfänger bestimmte, subjektiv positiv wahrgenommene Reizreaktionen zu wecken – also: ganz bewusst bestimmte Anreize zu setzen.

Hierbei ist es jedoch erforderlich – vor allem dann, wenn man viele Menschen erreichen möchte –, die Art des jeweiligen Reizes sorgfältig auszuwählen und die individuellen Erfahrungen und Reizschwellen der jeweiligen Zielgruppe zu berücksichtigen. Diese Aufgabe wird umso

komplexer, je unterschiedlicher die individuellen Erfahrungen und Reizschwellen der einzelnen Zielpersonen ausgeprägt sind. Weiterhin muss man zur Kenntnis nehmen, dass individuelle Reizschwellen nicht starr sind, sondern dass diese sich aus unterschiedlichen Gründen im Laufe der Zeit ändern können.

Ich möchte diese Erkenntnisse nun für die Einführung der Digitalisierung in den Büros von Ingenieuren und Prüflingen anwenden. Anhand von vielleicht kontrovers verstandenen Auswirkungen der Digitalisierung kann man herauszufinden versuchen, ob die Digitalisierung einen Reiz oder einen Anreiz auslösen könnte – und welche Schwellenwerte bei den einzelnen Mitarbeitern und warum zu jeweils unterschiedlichen Reaktionen führen können.

Als Digitalisierung versteht man die Umwandlung von analog darstellbaren Werten und Prozessen zu Formaten, die sich für eine Verarbeitung in digitaltechnischen Systemen eignen. Hierbei sollen anhand von digitalen Daten und algorithmischen Systemen neue, verbesserte Prozesse, Produkte oder auch Geschäftsmodelle entstehen.

Wenn man die Digitalisierung mit seinen vielen verschiedenen Facetten als Reiz (oder als Reizthema) beschreiben möchte, beginnt man am besten mit einem möglichst einfachen Beispiel: dem Versenden einer Nachricht, die ein Absender einem Empfänger zukommen lassen möchte, und einem Vergleich der Abläufe in der analogen Welt mit denen in der digitalen Welt. Es soll also der Nachrichtenversand im klassischen analogen Papierbriefformat mit dem Versand einer E-Mail verglichen werden.

*Der analoge Prozess:* Ein Absender besitzt geeignetes Briefpapier und ein Schreibwerkzeug, verfasst handschriftlich die Nachricht, frankiert den Brief, nutzt einen Briefkasten, die Postfiliale oder einen Kurierdienst und vertraut dann auf die Zuverlässigkeit des Verteilungs- und Austragungsweges. Die Nachricht erreicht den Empfänger, vorausgesetzt die Adresse auf dem Brief ist korrekt, innerhalb Deutschlands in der Regel nach circa ein bis zwei Tagen. Bei entfernten und schwer erreichbaren Destinationen ist der Brief entsprechend länger unterwegs und das Transportentgelt entsprechend höher. Ein konkretes Feedback, ob die Nachricht den Empfänger erreicht hat, ist beim analogen Regelversand nicht inkludiert.

*Der digitale Prozess:* Der Absender benötigt ein geeignetes digitales Endgerät, wie zum Beispiel einen PC, sowie eine Internetverbindung an einem beliebigen Ort. In aller Regel verfasst der Absender die Nachricht in einer E-Mail-Applikation, nutzt eine oder auch viele korrekte E-Mail-Adressen von Empfängern und versendet die E-Mail über seinen Internetprovider an den oder die Empfänger. Die Nachricht wird dem Empfänger fast in Echtzeit weltweit mit geringen Kosten ausgeliefert und zur Verfügung gestellt. Der Absender erhält lediglich bei technischen Verteilungsproblemen ein Feedback von seinem Provider, wenn die E-Mail zum Beispiel – aus welchen Gründen auch immer – nicht weitergereicht werden konnte. Ein konkretes Feedback, ob die Nachricht den Empfänger erreicht hat und von diesem gelesen wurde, ist bei E-Mails durch zusätzliches Einfordern einer Empfangs- und Lesesebestätigung als Antwort-E-Mail möglich.

Welche Botschaft soll dieser triviale Vergleich transportieren?

Für beide Prozessansätze benötigt man die geeigneten Werkzeuge und prozesskonforme Empfängeradressen. Die Nutzer beider Prozesse vertrauen auf einen sicheren Transportweg. Der große Unterschied im Vertrauensstatus wird sichtbar beim Vergleich des Postweges mit den

verwendeten E-Mail-Transporten. Unstrittig ist sicher, dass ein handschriftlicher Brief offenkundiger Ausdruck der persönlichen Wertschätzung sein kann, die der Absender dem Empfänger entgegenbringt, was eine E-Mail allein mit ihrem äußeren Format nicht leisten kann. Die Prozessabläufe beider Formen des Nachrichtentransports – des analogen und des digitalen – sind also völlig unterschiedlich. Nur weil ein Absender in der Lage ist, einen Brief zu schreiben und zu versenden, muss er aber noch lange keinen Erfolg mit der Verwendung der digitalen E-Mail-Werkzeuge haben. Dies gilt im Übrigen umgekehrt genauso. Völlig unterschiedlich sind die vom Absender jeweils bekundeten und vom Empfänger wahrgenommenen Reize – natürlich auch die jeweiligen persönlichen Reizschwellen sowohl beim analogen Brief als auch bei der E-Mail. Der Absender eines analogen Briefes sendet eine ernst gemeinte und bewusst persönlich gehaltene Botschaft, und der Empfänger seines Briefes hat eine bestimmte Reizschwelle schon überschritten, wenn er die Adresse des Absenders auf dem Umschlag liest, die sehr unterschiedlich ausfallen kann (zum Beispiel: Briefe vom Partner, vom Finanzamt oder von einem Gericht).

Auf der anderen Seite prüft heute jeder Verfasser von E-Mails mit seinen eigenen Reizschwellen, ob die versendeten Inhalte zum Beispiel wegen des erforderlichen Datenschutzes oder aus Sicherheitsbedenken überhaupt per E-Mail versendet werden sollten. Empfänger von E-Mails lernen zunehmend den Umgang mit Werbe-, Junk- und Spam-E-Mails, die trotz vielfältiger Filterabwehr den Weg in das persönliche E-Mail-Postfach gefunden haben und fragen sich, wie die eigene E-Mail-Adresse in die Verteiler dieser Absender geraten sein konnte. Vielleicht haben E-Mail-Empfänger auch Reizschwellen beim Öffnen von Dateianhängen korrigieren müssen, da sie schlechte Erfahrungen mit heimlich eingeschleuster Schadsoftware machen mussten.

Weitere Erkenntnisse aus diesem einfachen Vergleich:

- Ob im konkreten Anwendungsfall der analoge oder der digitale Prozess Verwendung finden soll, muss sich danach richten, welche Ziele der Absender jeweils verfolgt und wie diese Ziele mit der verwendeten Prozessgestaltung verwirklicht werden können.
- Jeder Prozess kann und muss entsprechend den Zielvorstellungen der Prozessteilnehmer einer steten Prozessoptimierung unterworfen werden. Dies erfordert bei allen Prozessteilnehmern ein hohes Maß an Achtsamkeit (*Awareness*) bei analogen wie auch bei digitalen Prozessen.
- Jeder Prozess kann nur dann erfolgreich im Sinne der Zielvorgaben sein, wenn man ein Mindestmaß inhaltlicher verstehender Kenntnisse vom Prozessablauf und seinen Bestandteilen mitbringt.
- Analoge Teilprozesse lassen sich nur schwer oder gar nicht mit digitalen Teilprozessen kombinieren.
- Gesendete und empfangene Reize und Reizschwellen sind vom Absender und vom Empfänger abhängig.
- Reizschwellen sind niemals starr. Diese können sich unbewusst oder bewusst unter den individuellen Erfahrungen der Prozessteilnehmer verschieben.

## 2 Das Planen und Bauen und die bautechnische Prüfung wandeln sich

Die Errichtung, Änderung und der Unterhalt von Bauwerken sind komplexe integrale Prozesse mit sehr vielen Beteiligten. Diese Prozesse bestehen sowohl aus einer Vielzahl von Teil-, Planungs- und Produktionsprozessen, die miteinander in Verbindung stehen, einander bedingen

## DIGITALE PRÜFEN

und miteinander geeignet kommunizieren können müssen. Beteiligte Akteure sind Bauherren, Planer, Ausführungsunternehmen und die behördliche Verwaltung.

Die Anforderungen an moderne Bauwerke werden in vielen Fachgebieten immer größer. Dies führt zu:

- fortschreitender Erhöhung der Zahl der Beteiligten,
- fortschreitendem Zuwachs anzuwendender Vorschriften,
- fortschreitender Spezialisierung auf Einzelgewerke (Detailspezialisten).

Nicht selten sind heute am Planungs- und Bauprozess mittelgroßer Bauvorhaben mehr als 50 Parteien und einige Hundert Personen beteiligt – mit zunehmender Tendenz. Moderne Bauwerke sind geprägt von der immer weiter voranschreitenden Verflechtung und Abhängigkeit verschiedener Planungsbereiche voneinander. Bestandteile der Haustechnik werden in Tragwerke integriert – Fassadengestaltungen übernehmen Aufgaben der Energiegewinnung und so weiter. Planungs- und Bauzeiten werden immer weiter reduziert, obwohl aufgrund dieser Verflechtung und Abhängigkeiten die Zahl der notwendigen Abstimmungen zwischen den Planungsgewerken ständig ansteigt.

Die Teilprozesse der Bauwerksplanung sind immer öfter fachkundigen Detailspezialisten vorbehalten. Jede einzelne Partei bearbeitet ihre Teilprozesse in der Regel aus ihrer eigenen Firmenumgebung heraus. Nur wenige beteiligte Parteien kennen und beeinflussen den Gesamtprozess der Entstehung. Jede Partei arbeitet mit eigener EDV in derzeit unterschiedlichen Graduierungen der Nutzung digitalisierter Werkzeuge. Einige Parteien erledigen noch heute Ihre Teilprozesse vollständig analog und manuell – also mit Stift und Papier (zum Beispiel staatliche Verwaltungen und Behörden), andere Parteien bearbeiten ihre spezialisierten Prozesse komplett mit Hilfe der EDV (zum Beispiel Spezialisten in einigen Planungsbüros), wieder andere setzen hybride Hilfsmittel als eine Kombination beider Arbeitsweisen ein.

Einzelne Prozessbestandteile des Bauens sind einer quasi-evolutionären Weiterentwicklung unterworfen. Arbeitsabläufe verändern sich wegen der anstehenden Aufgaben im Einzelfall oder sie werden insgesamt effizienter gestaltet. Auch der Gesamtprozess des Bauens ist einem stetigen Veränderungsprozess ausgesetzt. Dies gründet sich unter anderem darauf, dass alle Bauvorhaben Unikate mit jeweils individuellen Anforderungen und Entwürfen darstellen. Bauwerke sind in aller Regel keine Serienprodukte, deren serieller Erstellungsprozess allein zu optimieren wäre, sondern unterliegen immer den im Einzelfall anpassenden Gesamtprozessen.

Diese Anforderungen des modernen Bauens müssen gemeistert werden. Die Geschwindigkeit und Effizienz in der Abstimmung zwischen den beteiligten Parteien sind hierbei ein Schlüssel zum Erfolg. Wer diese Abstimmungen nicht effektiv meistern kann, dem wird das moderne Bauen verschlossen bleiben – oder er wird die Ziele heutiger Bauaufgaben nicht erfüllen können.

Bei jeder evolutionären Prozessveränderung ist es eine Frage der Anwendung und des Verständnisses der zur Verfügung stehenden Werkzeuge, diese technische, organisatorische und strukturelle Evolution zu meistern und voranzutreiben. Wenn man das Verständnis für diese Entwicklung nicht mitbringt, besteht das Risiko, mit der Veränderung nicht Schritt halten zu können, abgehängt zu werden, am Wettbewerb nicht mehr teilnehmen zu können oder digitalisierte Prozesse vorge-

setzt zu bekommen, die im professionellen Alltag des eigenen Büros nicht bewältigt werden können, weil sie von externen Dritten gestaltet worden sind, die den professionellen Alltag des Spezialisten nicht verstanden und durchdrungen haben.

Dieser Sachverhalt trifft in gleicher Weise auf die Teilprozesse der bautechnischen Prüfung zu.

Einige Beteiligte sehen in dieser Entwicklung einen Reiz für spontane, oft wenig begründbare Abwehrreaktionen – andere sehen in dieser Entwicklung einen Anreiz, an dieser Entwicklung mitzuwirken und sie mitzugestalten. Die jeweiligen Schwellenwerte hängen dabei von jedem individuellen Empfänger ab.

### 3 Digitalisierte Prüfung bautechnischer Nachweise: Reiz oder Anreiz?

In den Bereichen unserer Gesellschaft, in denen Wirtschaftsunternehmen Prozesse gestalten, wird stets abgewogen, ob Innovationen, die eine maßgebliche Veränderung im eigenen Arbeitsalltag nach sich ziehen, tatsächlich mit hinreichender Wahrscheinlichkeit eine Effizienz- oder Qualitätssteigerung erwarten lassen. Solche Einschätzungen können in Unternehmen aber nur dann evidenzbasiert begründet werden, wenn die Entscheider mit Wissen und Weitblick (manchmal auch mit etwas Glück) alle Auswirkungen der Einführung der in Betracht gezogenen Innovationen erfassen können. Hierfür müssen sie, wenn sie selbst das dafür notwendige Wissen nicht mitbringen, hinreichend beraten werden. Digitale Prozessinnovationen sind vor allem in Wirtschaftsunternehmen kein Selbstzweck, sondern dienen vorher definierten Unternehmenszielen. Wichtig ist hierbei zu beachten, dass sich Unternehmensziele mit der Zeit verändern können. Dies bedeutet, dass Prozessanpassungen notwendig werden, sobald sich ein Unternehmensziel verändert hat. Solange eine digitale Innovation keinen wirtschaftlich gewünschten Mehrwert verspricht, wird diese in den Unternehmen keine Anwendung finden. Der Mehrwert muss zunächst erkannt und mit den aktuellen Unternehmenszielen auf Übereinstimmung geprüft werden (**Abb. 1**).

Die Besonderheiten innovativer digitaler Werkzeuge bestehen in der Regel in der Notwendigkeit, dass für deren Einführung und Anwendung ein hohes Maß an digitaler Expertise vorhanden oder eingekauft werden muss, und dass diese Innovationen normalerweise mit vergleichsweise hohen Investitions- und Unterhaltungskosten verbunden sind. Damit muss dem innovierenden Unternehmen auch klar sein, dass die eingesetzten finanziellen Mittel sich erst durch Routine mittelfristig amortisieren können. Dieser Sachverhalt trifft für die planenden Ingenieurunternehmen oder Prüferingenieure genauso zu wie für bauausführende Baufirmen.

Zusammengefasst kann der Gesamtprozess Bauen allein dann zielführend einer Optimierung unterzogen werden, wenn man folgende Punkte beachtet:

- Formulierung bewertbarer Ziele des Gesamtprozesses des Bauens,
- regelmäßige Überprüfung der Prozessziele auf Aktualität,
- Verständnis aller für den Gesamtprozess erforderlichen Teilprozesse im analogen und digitalen Prozessverständnis,
- Verständnis möglicher Auswirkungen von Prozessanpassungen,
- Einführung von Teil-Prozessinnovationen, wenn diese den Gesamtzielen des Prozesses dienen.

# Zyklus Prozessoptimierung



Abb. 1: Digitale Prozessinnovationen sind kein Selbstzweck, sondern dienen genau definierten Unternehmenszielen: Der Zyklus der Prozessoptimierung

Es sollen nun die schematischen Arbeitsmodelle in einem Ingenieurunternehmen (Abb. 2) aus dem analogen Zeitalter mit einem digitalisierten Arbeitsmodell (Abb. 3) betrachtet werden.

Nach einem Vergleich der in Abb. 2 und Abb. 3 schematisch dargestellten analog und digital geprägten Arbeitsmodelle in einem Ingenieurbüro können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- In der Betrachtung müssen externe und interne Bestandteile des Arbeitsmodells unterschieden werden.
- Für den Unternehmensinhaber begrenzt sich die Möglichkeit der aktiven Einflussnahme auf die internen Anteile und auf die Schnittstellen nach außen.
- Selbst wenn sich die schematischen Darstellungen der beiden Arbeitsmodelle zunächst äußerlich ähneln, unterscheiden sich die Prozesse und Teilprozesse, die verwendeten Arbeitsgeräte, die Datenmodelle und Unterlagen, die Büroorganisation und vor allem die hierfür ausgerüsteten Mitarbeiter zwischen analogem und digitalem Arbeitsmodell fundamental.
- In beiden Unternehmensformen sind allein die Mitarbeiter für Reize und Anreize empfänglich. Man muss hierbei beachten, dass sich die Anreize selbst und auch die mitarbeiterbezogenen Reizschwellen im analogen Arbeitsmodell deutlich von denen im digitalisierten Arbeitsmodell unterscheiden.
- Auch in einem Ingenieurbüro muss jede digitalisierte Prozessinnovation im Ergebnis auf Übereinstimmung mit den Zielen des Unternehmens abgeglichen werden. Nur dann wird diese Innovation Anwendung finden.

Jetzt wird erkennbar, dass jede digitale Prozessinnovation zu einem unternehmerischen Anreiz wird, sobald diese die ausgerufenen Unternehmensziele protegieren. Die Herausforderung besteht darin, die wesentlichen Auswirkungen einer jeden digitalen Innovation – das sogenannte *digitale Erbe* – auf den Gesamtprozess zu erkennen und bewertbar zu machen. Dies erfordert ein hohes Maß an digitaler Expertise, welche man selbst einbringen oder einkaufen muss. Ohne detaillierte Kenntnis der Auswirkungen des digitalen Erbes auf die Gesamtziele des Unternehmens könnte man den Einsatz für die Einführung

von digitalen Teilprozessen auch mit einem Roulettespiel vergleichen – der Einsatz kann gewinnen, aber auch nicht.

Neben den Reizen oder Anreizen, die aus rein unternehmerischer Sicht gesehen werden und hier ihre Wirkung entfalten, können Reize aber auch von außen gesetzt werden – zum Beispiel, wenn hiermit bestimmte politische Intentionen formuliert werden sollen. Mit dem *Gesetz zur Verbesserung des Onlinezugangs zu Verwaltungsleistungen* (Onlinezugangsgesetz, OZG) hat der Gesetzgeber beispielsweise den gesetzlichen Auftrag verknüpft, dass die meisten Verwaltungsdienstleistungen des Bundes, der Länder und der Kommunen, und damit auch das Baugenehmigungsverfahren, bis Ende 2022 in digitalisierten Prozessen angeboten werden müssen.

Die hoheitliche Prüfung bautechnischer Nachweise ist integraler Prozess dieses Baugenehmigungsverfahrens. Somit werden die Prüffingenieure auch einem politischen Reiz ausgesetzt. Die Prüffingenieure müssen anerkennen, dass künftig ihre prüfende hoheitliche Tätigkeit somit in einem digitalisierten Gesamtprozess stattfinden wird. Damit dieser politische Reiz von den Prüffingenieuren als positiver Anreiz verstanden werden kann, muss noch eine Vielzahl von Reizschwellen überwunden werden. Ich gehe davon aus, dass die hier beschriebenen Erkenntnisse, dass nämlich digitale Innovationen unter korrekter Anwendung einen wirtschaftlichen Anreiz darstellen, geeignet sind, eine zielführende Reizschwellenkorrektur im eigenen Büro vorzunehmen.

## 4 Vom analogen zum digitalen Prozess – wo liegen die Herausforderungen?

Für die Umstellung von analogen auf digitale Prozesse in Ingenieurbüros werden in den folgenden Themengebieten die größten Herausforderungen gesehen:

- 1) Vermeidung von Mischprozessen und Medienbrüchen,
- 2) Datenkommunikation und Datenorganisation digitaler Daten in internen und externen Büroprozessen,
- 3) Der Faktor Mensch – der digital arbeitende Mitarbeiter.

# DIGITALES PRÜFEN

Zu 1): Mischprozesse und Medienbrüche sind in Testphasen oder bei der Anpassung von Teilprozessen nicht immer vermeidbar. Jedoch zeigt die Erfahrung, dass die Effizienz von digitalen Teilprozessen leidet, wenn zum Beispiel digitale Prozessergebnisse über Medienbrüche an Folgeprozesse weitergegeben werden. Sehr oft kann beobachtet werden, dass im Falle von Medienbrüchen sogar ein Effizienzurückgang erkennbar wird.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass die Ergebnisse digitaler Teilprozesse womöglich gar nicht zur Übergabe an einen analogen Folgeprozess geeignet sind oder Zusatzaufwand erfordern (Beispiel: Das Versenden eines handgeschriebenen Briefes per E-Mail erfordert mindestens das zusätzliche Einscannen des Briefes). Im Ergebnis leidet so die Effizienz der Gesamtpformance des Prozesses und bewirkt sehr oft auch einen unbefriedigenden Arbeitsablauf. Daher

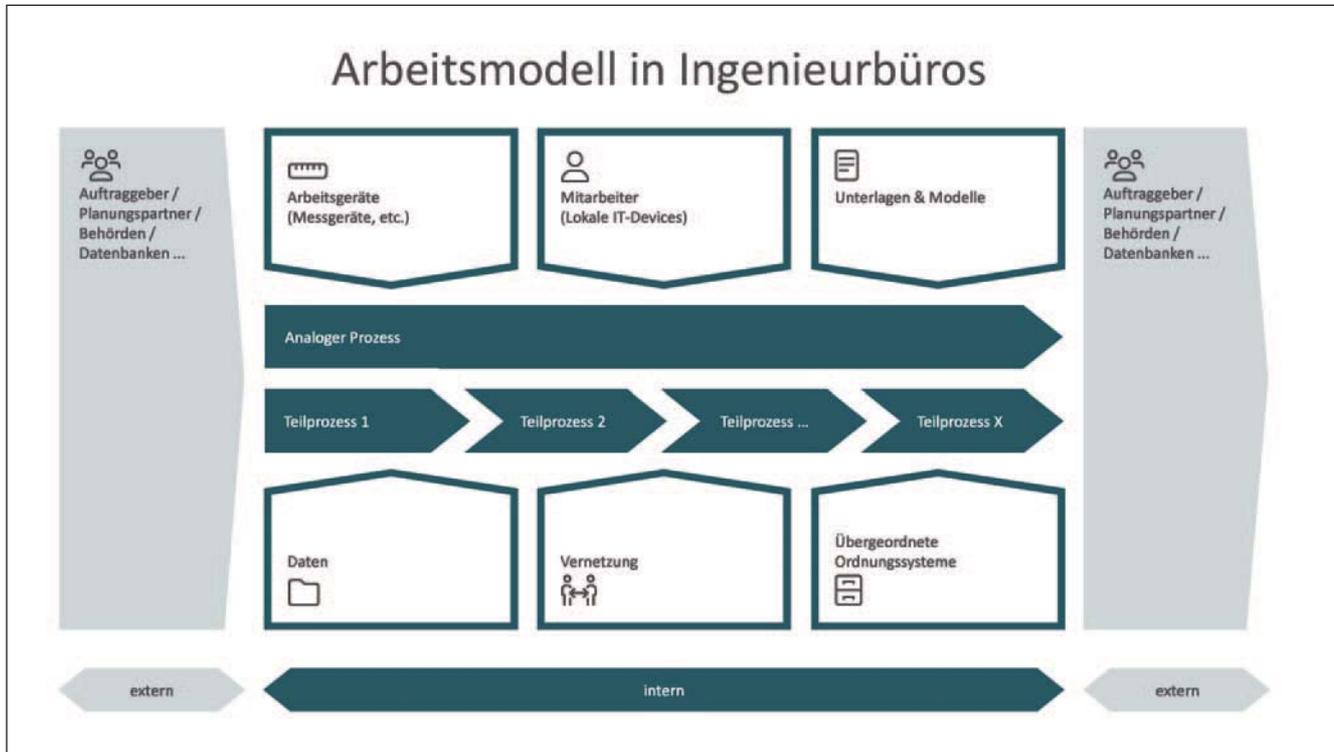


Abb. 2: Vergleich der schematisch dargestellter Arbeitsmodelle in einem Ingenieurbüro, das analog arbeitet und ...

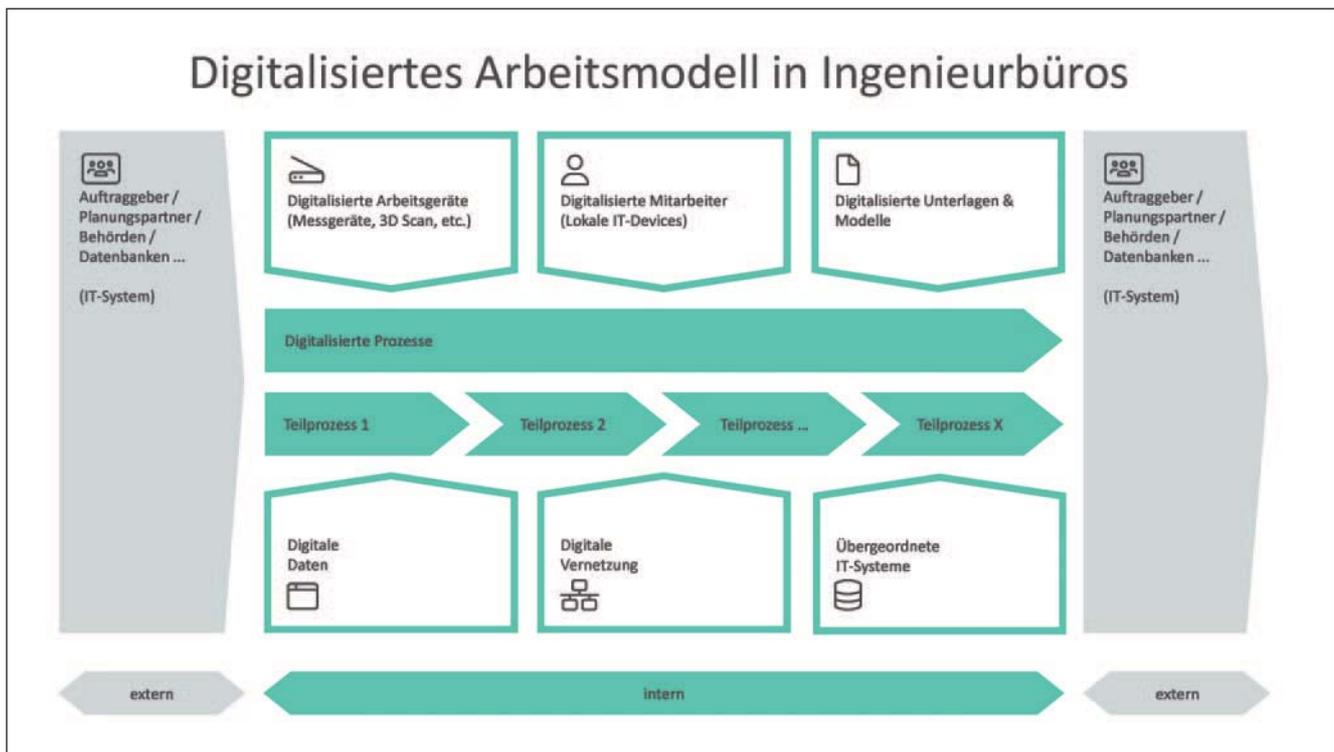


Abb. 3: ... in demselben Ingenieurbüro, das sich bereits der Digitalisierung seiner Arbeitsvorgänge unterzogen hat.

muss das grundsätzliche Ziel einer digitalen Prozessinnovation immer darin bestehen, möglichst den Gesamttablauf von Anfang bis Ende frei von Medienbrüchen zu halten und vollständig zu digitalisieren.

Zu 2): Die Zeit des Übergangs von analogen zu digitalen Prozessen in Baugenehmigungsverfahren ist hinsichtlich der Datenkommunikation oft geprägt von ...

- ... vielen Medienbrüchen aufgrund unklarer Gesetzeslage und projekt- und beteiligtenspezifisch ständig wechselnder Vorgaben,
- ... einer fehlenden projektübergreifend einheitlichen Datenkommunikation,
- ... fehlenden projektübergreifend einheitlichen Datenordnungssystemen,
- ... einer Flut ungeordneter Nachrichten an beliebige Empfänger innerhalb von Projekten, ohne Reflexion der Absender darüber, ob die Mitteilungen tatsächlich für diese Empfänger relevant sind,
- ... E-Mail-Verteilern oder Verteilern in privaten Kommunikationssystemen, die immer größer werden, um möglichst alle Beteiligte mit allen Informationen zu versorgen, ohne im Einzelfall zu prüfen, ob die jeweiligen Informationen für diesen Empfänger überhaupt relevant sind.

In der analogen Kommunikation hat der Absender entschieden, ob und für welche Empfänger seine jeweiligen Informationen wichtig sind.

Heute, in einer Zeit, in der der Datentransport kaum etwas kostet, machen sich die Absender kaum noch die Mühe, herauszufinden, ob die Daten für den Empfänger etwas bedeuten können oder nicht. Der Empfänger muss die übermittelten Daten also wohl oder übel einsehen und kann erst dann entscheiden,

ob er sie braucht oder nicht. Der Aufwand für die Überprüfung der Relevanz einer E-Mail und die unterstellte richtige Adressierung und sachliche Zuständigkeit des Empfängers wechselt also vom Absender zum Empfänger.

Zu 3): Eine besondere Bedeutung bei der Umstellung von analogen zu digitalen Prozessen muss den Mitarbeitern beigemessen werden. Sie allein reagieren auf Reize, sie alle haben unterschiedliche Reizschwellen und völlig unterschiedliche Erfahrungen mit der analogen und in der digitalen Welt. Die Herausforderung für die Unternehmensführung besteht nun darin, ihre Mitarbeiter von der Richtigkeit und von der Notwendigkeit der geplanten Prozessveränderungen zu überzeugen und sie dann in den Gesamtprozess der Umstellung so einzugliedern, dass sie ihn passioniert und engagiert mittragen.

Für einen optimierten und einheitlichen Kommunikationsablauf bei der Übergabe von bautechnischen Nachweisen im Genehmigungsverfahren möchte die Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautech-



### Digital – mit ELBA der elektronischen bautechnischen Prüfsakte

OZG – bis Ende 2022  
Genehmigungsverfahren im digitalisierten Prozess

Bundesweite Plattform für Datenaustausch prüfpflichtiger digitaler bautechnischer Nachweise

Webbasiert, Einheitlich, Modular, Unabhängig, Sicher, Schnittstellenoffen

In direkter Abstimmung mit den zuständigen Behörden und Ministerien

Abb. 4: Für einen optimierten und einheitlichen Kommunikationsablauf bei der Übergabe von bautechnischen Nachweisen im Genehmigungsverfahren hat die Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik (BVPI) an der Schnittstelle von externen und internen Büroprozessen ein neues digitales Werkzeug zur Verfügung gestellt: die Elektronische bautechnische Prüfsakte ELBA.

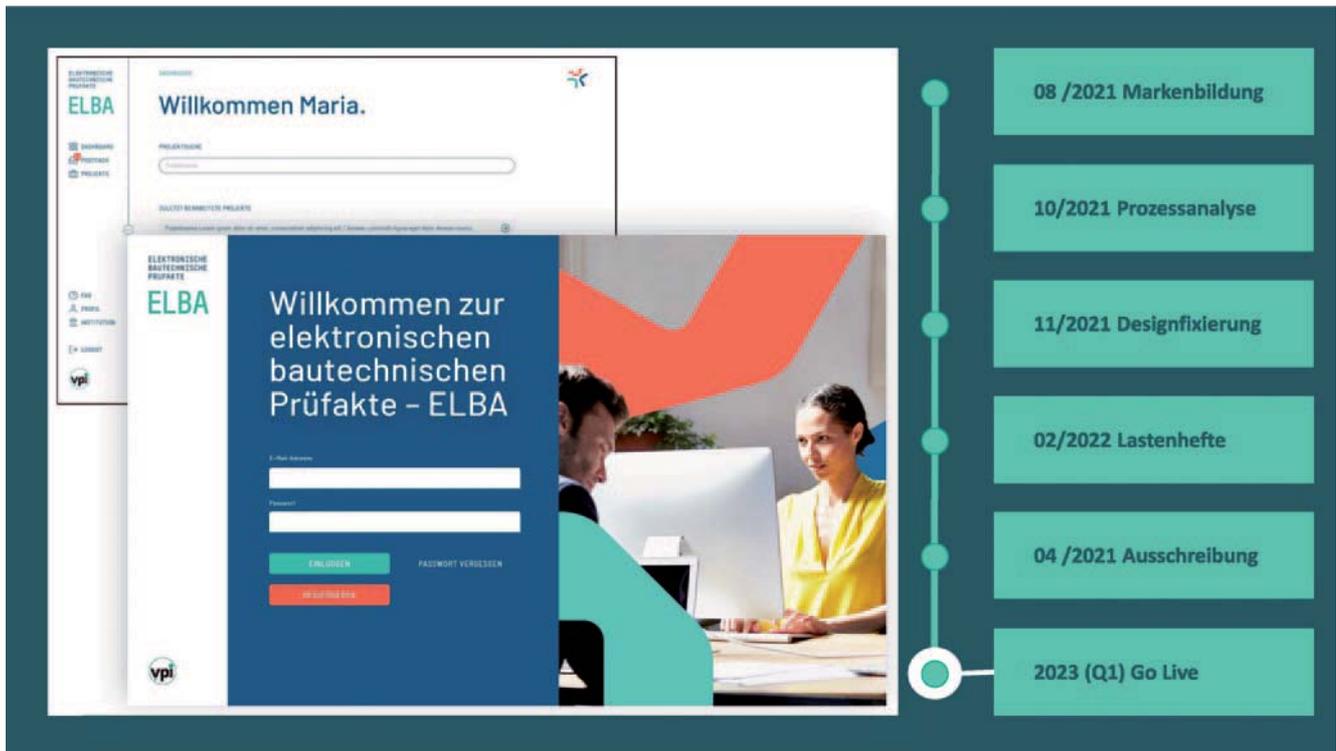


Abb. 5: ELBA ist eine webbasierte Daten- und Kommunikationsplattform für prüfpflichtige bautechnische Nachweise. In dieser elektronischen Akte können künftig Bauaufsichtsbehörden, Fachbehörden, Prüffingenieure, Nachweisersteller und andere am Bau Beteiligte direkt, sicher und ohne Medienbrüche miteinander kommunizieren.

nik (BVPI) an der Schnittstelle von externen und internen Büroprozessen ein neues digitales Werkzeug zur Verfügung stellen, nämlich die *Elektronische bautechnische Prüfkarte ELBA (Abb. 4)*.

ELBA ist eine webbasierte Daten- und Kommunikationsplattform für prüfpflichtige bautechnische Nachweise. In dieser elektronischen Akte können künftig Bauaufsichtsbehörden, Fachbehörden, Prüffingenieure, Nachweisersteller und andere am Bau Beteiligte direkt, sicher und ohne Medienbrüche miteinander kommunizieren. Das System wird schnittstellenoffen sein und auch die Anbindung von Datenbanken der Bauaufsichten ermöglichen (Abb. 5).

Die Umsetzung erfolgt in allen Bundesländern mit einheitlichen Webdesignvorgaben, sodass im ersten Quartal 2023 für die ersten sechs teilnehmenden Bundesländer, nämlich für Hamburg; Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg und Schleswig-Holstein, einheitliche Plattformoberflächen für die Anwendung von ELBA zur Verfügung stehen werden. Es ist vorgesehen, im Verlauf der ersten Jahreshälfte 2023 alle weiteren Bundesländer in die Plattform einzubinden. ELBA schafft eine einheitliche Kommunikationsgrundlage für die am Bau Beteiligten, macht die digitale Datenflut beherrschbar und schafft Transparenz für einheitliche Prüfprozesse.

## 5 Zusammenfassung

Inwiefern planende und prüfende Ingenieure die Digitalisierung als Reizthema oder Anreiz verstehen, hängt davon ab, ob ihre individuell sehr unterschiedlichen Reizschwellen zu diesem Thema bereits erreicht wurden und inwieweit ihr individueller Erfahrungshorizont auf dieses Thema eher pragmatisch bewusst oder unbewusst, also: *gereizt* oder *angereizt* wird.

Die folgenden Thesen sollen der Zusammenfassung dienen:

- Wenn ein Prozess des Bauens insgesamt effizienter beziehungsweise in höherer Qualität erfolgen soll, müssen die Randbedingungen eines jeden digitalen Teilprozesses durchdrungen und die Auswirkungen auf den Gesamtprozess erkannt werden.
- Jeder digitale Teilprozess eines Vorgangs hat gewünschte und ungewünschte sowie direkt erkennbare, aber auch versteckte Auswirkungen an unterschiedlichen Stellen. Diese digitalen Auswirkungen spielen einerseits innerhalb des Teilprozesses eine Rolle oder sind übergreifend an dem Gesamtprozess abzulesen. Im Gesamtprozess einer Bauwerksentstehung können einzelne digitale Auswirkungen für den gesamten Prozessablauf, für die Prozessdauer und für das grundsätzliche Erreichen der Prozessziele relevant werden. Alle diese Auswirkungen eines digitalen Teilprozesses werden vom Verfasser als *digitales Erbe* bezeichnet.
- Wenn digitalisierte Prozesse übergreifend reibungsarm funktionieren sollen, liegt der Erfolgsschlüssel darin, jeden einzelnen Teilprozess auf seine digitalen Erben hin zu untersuchen und jede Erbfolge auf Übereinstimmung mit den Gesamtprozesszielen zu vergleichen. Hierbei sind im Bedarfsfalle alle Teilprozesse so lange anzupassen, bis die digitalen Erben den Gesamtprozesszielen entsprechen.

Es ist aus heutiger Sicht sehr unwahrscheinlich, dass künftig lediglich ein einzelnes Werkzeug der Digitalisierung allein für alle Prozessbestandteile eine Lösung anbieten wird. Das bedeutet auf dem Weg der Digitalisierung:

- Ziele formulieren, wenn erforderlich auf dem Weg der Digitalisierung die Ziele anpassen und nicht mehr aus den Augen verlieren,
- Achtsamkeit (*Awareness*) für das digitale Erbe schaffen,
- Individuelle Anreize und Reizschwellen beachten, um die Ziele zu erreichen.

# Praktische Hinweise für die erforderliche Ausstattung von Büros für die digitale Prüfung bautechnischer Nachweise

## Hilfe für den Aufbau der Hard- und Softwareausstattung zur Digitalisierung der Arbeitsabläufe im Ingenieurbüro

Mit ihren Erläuterungen und Hinweisen zum Umgang mit elektronischen Signaturen bei der digitalen Prüfung von bautechnischen Nachweisen hat der Arbeitskreis Digitalisierung der Bundesvereinigung der Prüfungingenieure für Bautechnik (BVPI) vor einiger Zeit erste Hilfestellungen für die Umstellung von der analogen zur digitalen Arbeitsweise gegeben\*. Mit den folgenden Hinweisen zur Büroausstattung für die digitale Prüfung soll dieser Weg fortgesetzt und ein Überblick über die erforderliche IT-Ausstattung der Büros für die digitale Arbeitsweise gegeben werden. Die Empfehlungen für die Hard- und Softwareausstattung sowie zum Aufbau des bürointernen Workflows mit digitalen Dokumenten sind als unverbindliche Hinweise aus den bisherigen Erfahrungen von Prüfungingenieuren im Umgang mit digitalen Arbeitsweisen zu verstehen. Sämtliche Empfehlungen erfolgen herstellerunabhängig und müssen vor dem Hintergrund von ständig erneuerten und verbesserten Hard- und Softwareprodukten eingeordnet werden.

\* Dem Arbeitskreis gehören an:  
 Dr.-Ing. Manfred Arend (Bremen)  
 SRA Henning Dettmer (Berlin)  
 Dipl.-Ing. Jörg Duensing (Hannover)  
 Dipl.-Ing. Roland Eisler (Paderborn)  
 Dipl.-Ing. Martin Hamann (Berlin)  
 Dr.-Ing. Markus Hennecke (München)  
 Dipl.-Ing. Martin Hofmann (Mainz)  
 Dipl.-Ing. Christian Kühner (Hamburg)  
 Dr.-Ing. Stefan Kraus (Berlin)  
 Dipl.-Ing. Michael Posselt (Leipzig)  
 Prof. Dr.-Ing. Dirk Werner (Brandenburg)

Darüber hinaus hat M. Eng. Eduard Reimer (hmr-ingenieure, Bielefeld) an der Ausarbeitung dieser Empfehlungen mitgewirkt.

## 1 Hard- und Softwareausstattung zur Digitalisierung von Arbeitsabläufen im Ingenieurbüro

### 1.1 Bildschirme

Für die digitale Prüfung wird digitale Arbeitsfläche benötigt. Sämtliche Unterlagen, die sich zuvor auf Schreibtischen, an Magnetwänden oder Zeichenbrettern befanden, müssen nun auf der digitalen Arbeitsfläche virtuell dargestellt werden. Die Anzahl der Monitore entscheidet über die parallele Anzahl der anzuzeigenden Applikationen; die Größe des einzelnen Bildschirms hat Einfluss auf die Menge der darzustellenden Informationen, die eine Applikation anzeigen kann.

Es werden drei Monitore für die Statik-Software, das Statik-Dokument und für Plan-Dokumente empfohlen (Abb. 1). Theoretisch kann auf einem Monitor zwischen Statik-Dokument und Plan gewechselt werden, ein effizientes Arbeiten ist hiermit aber nicht möglich.

Die Bildschirmdiagonale sollte mindestens 24 Zoll betragen, damit lassen sich zwei DIN-A4-Seiten nebeneinander lesbar darstellen. Ein Monitor dieser Größe hat etwa eine Breite von 55 Zentimetern, somit passen auf einen üblichen Schreibtisch mit einer Breite von 1,8 Metern maximal drei Monitore nebeneinander. Alternativ können auch zwei Monitore mit 27 Zoll oder 32 Zoll verwendet werden.

Die Monitore sollten eine Pixeldichte von mindestens 80 ppi aufweisen, wobei die Pixeldichte das Verhältnis von Bildschirmfläche zu Pixelanzahl beschreibt. Diese Vorgabe erfüllen 24-Zoll-Monitore mit einer Full-HD-Auflösung (1920x1080) und 27-Zoll- und 32-Zoll-Monitore mit einer WQHD-Auflösung (3840x2160).



Abb. 1: Für die Statik-Software, das Statik-Dokument und die einzelnen Plan-Dokumente sind drei Arbeitsplatzmonitore (hier: 27 Zoll) empfehlenswert.

# DIGITALE PRÜFEN

Die Blickwinkelstabilität wird mit einem IPS-Panel sichergestellt, von einem VA- oder TN-Panel wird abgeraten. Der Bildschirm sollte eine plane Oberfläche aufweisen, eine gekrümmte Bildschirmoberfläche lässt gerade Linien im Augenwinkel krumm erscheinen, was insbesondere bei CAD-Anwendungen irritierend ist.

## 1.2 Anschluss der Monitore

Welche und wie viele Monitore genutzt werden können, hängt von der vorhandenen Hardware ab. Die Hardware, als Signalgeber, und der Monitor, als Signalnehmer, haben unterschiedliche Steckverbindungen. Die wesentlichen drei Anschlüsse sind: (Mini-)DisplayPort, (Mini-)HDMI und DVI.

Die Verbindung kann durch unterschiedliche Kombinationen der Anschlüsse realisiert werden. Bei dem Signalgeber sollten mindestens drei, mit Grafik-Tablet vier Anschlüsse vorhanden sein.

Als Anschlussart ist der DisplayPort 1.4 zu bevorzugen. Dieser unterstützt alle gängigen Auflösungen und ist zu allen anderen Anschlüssen per Adapter kompatibel (Abb. 2). Der Anschluss über HDMI ist möglich; der Funktionsumfang ist aber leicht reduziert. In Ausnahmefällen geht auch der Anschluss über DVI.

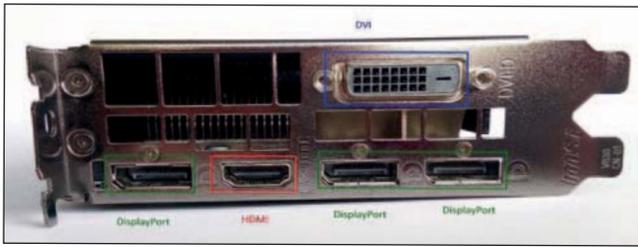


Abb. 2: Mit einer Anschlussleiste können alle Monitore verbunden und alle gängigen Auflösungen unterstützt werden.

Auf der Seite des Signalempfängers ist der Anschluss über DisplayPort oder HDMI dem Anschluss über DVI vorzuziehen.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass nicht allein die Anzahl der Anschlüsse darüber entscheidet, wie viele Monitore parallel betrieben werden können, sondern dass die vorhandenen technischen Eigenschaftsparameter der Grafikkarte für den möglichen Betrieb mehrerer Monitore maßgebend sind.

### 1.2.1 Stationärer Computer

Bei einem stationären Computer hängen die Anschlussmöglichkeiten von der verbauten Grafikkarte ab. Es sollte eine dezidierte Grafikkarte genutzt werden. Es werden professionelle CAD-Grafikkarten wie die Nvidia Quadro-Serie oder die AMD Radeon PRO-Serie empfohlen. Auch bei der Bearbeitung von BIM-Modellen profitiert der Benutzer von einer leistungsfähigen Grafikkarte. Diese Grafikkarten besitzen meist drei oder vier DisplayPorts.

### 1.2.2 Laptop Dockingstation

An einem Laptop-Arbeitsplatz ist meist eine Dockingstation vorhanden. Diese gibt die Anschlussmöglichkeiten vor. Sollte keine Dockingstation vorhanden sein, können über einen Multi-Monitor-Adapter mehrere Bildschirme angesteuert werden. Der technischen Dokumentation des Laptops in Kombination mit der zugehörigen Dockingstation kann die Anzahl der anschließbaren Monitore entnommen werden.

Auch bei Laptop-Arbeitsplätzen hängt die Anzahl der nutzbaren Monitore von der eingebauten Grafikkarte ab. Laptops ohne gesonderte Grafikkarte können lediglich maximal drei Monitore einschließlich des Laptop-Monitors verwalten. Laptops sollten daher ebenfalls über eine dezidierte Grafikkarte verfügen.

### 1.2.3 Grafik-Tablet/Grafik-Monitor

Ein Grafik-Tablet ist ein Bildschirm, der auf dem Schreibtisch liegt und mit einem Digitizer-Stift bedient wird (Abb. 3). Gerade zu Beginn erleichtern Grafik-Tablets den Übergang zur digitalen Prüfung, da die Arbeitsweise mit dem Stift der analogen Prüfung stark ähnelt.

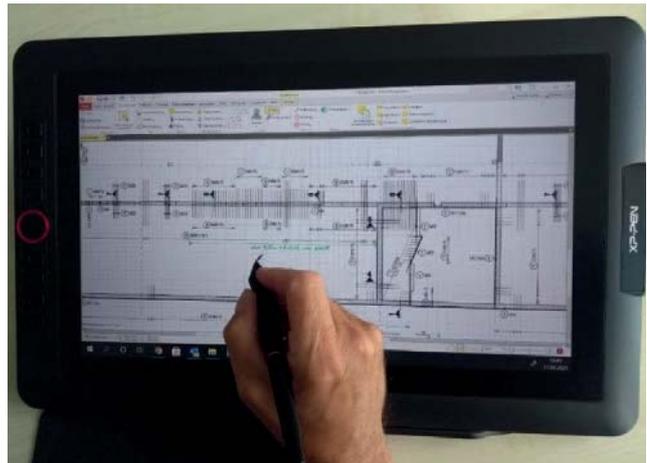


Abb. 3: Grafik-Tablets mit Digitizer-Stift erleichtern den Übergang von der analogen zur digitalen Arbeit (hier: das AS Grafik Tablet von XP-PEN).

Ein Grafik-Tablet sollte eine Bildschirmdiagonale von mindestens 15,6 Zoll aufweisen. Ab etwa 22 Zoll kann das Tablet einen Monitor ersetzen. Die Auflösung sollte, wie bei den Monitoren, Full-HD entsprechen.

### 1.2.4 Baustellen-Tablet

Für die stichprobenhaften Kontrollen der Bauausführung müssen die digitalen Dokumente auch auf der Baustelle eingesehen werden können. Hierzu wird ein Tablet benötigt. Die Anforderungen variieren je nach Anwendungszweck.

#### 1.2.4.1 Tablet für Indoor

Finden die Abnahmen vorwiegend in überdachten Umgebungen statt, sind die Anforderungen an das Tablet moderat. Die Bildschirmdiagonale sollte zwischen 10 und 13 Zoll betragen. Als Betriebssystem wird unter Berücksichtigung des Umgangs mit Dateisystemen eine Windows-Architektur empfohlen. Das Tablet wird in das Unternehmensnetzwerk integriert und der Zugriff auf Netzwerklaufwerke kann wie gewohnt erfolgen. Es kann PDF-Software wie am Desktop genutzt werden. Darüber hinaus sollte das Tablet mit passenden Apps (zum Beispiel Goodnotes für iOS) ausgestattet sein. Der Sachbearbeiter hat damit die gewohnte digitale Arbeitsumgebung.

Durch ein LTE-Modem kann im Notfall per VPN auf der Baustelle auf fehlende Dokumente zugegriffen werden. Hierbei ist zu beachten, dass Baustellensituationen nicht immer störungsfreie Internetverfügbarkeiten sicherstellen können (zum Beispiel Tiefgeschosse, ländliche Situationen und so weiter). Es wird in solchen Fällen empfohlen, die

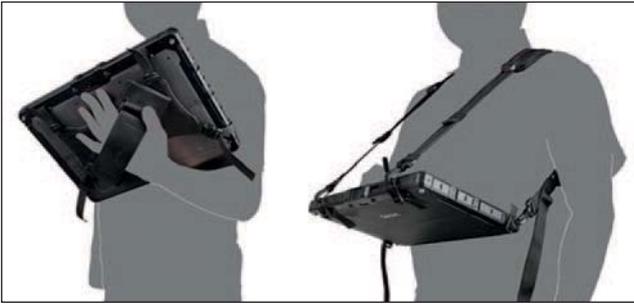


Abb. 4: Auf der Baustelle sind Tablets unverzichtbar, ein gutes Handling wichtig: Links ein Tablet mit Handstrap, rechts eines mit Ruckentragegurt

erforderlichen Unterlagen als lokale Kopie auf dem Tablet mitzuführen und die Arbeitsergebnisse nach den Baustellenterminen bei verfügbaren Netzen mit der Dateiumgebung des Büros zu synchronisieren.

Bei dem Tablet sollte darauf geachtet werden, dass es über einen austauschbaren Akku verfügt und dass Ersatzakkus mitgeführt werden. Alternativ können auch leistungsfähige Powerbanks genutzt werden.

Generell ist ein Handstrap und bei längeren Abnahmen ein Rückentragegurt zu verwenden (Abb. 4).

#### 1.2.4.2 Tablet Outdoor

Für Abnahmen im Außenbereich müssen zusätzliche Anforderungen erfüllt sein. Hier ist ein robustes Tablet notwendig. Die Schutzart sollte IP65 entsprechen oder übersteigen, das heißt, das Tablet muss staubdicht und wasserfest sein. Die Schutzklasse stellt nur sicher, dass ein Gerät bei Wasserkontakt keinen Schaden nimmt. Die Bedienbarkeit bei Nässe ist eine separate Anforderung, welche nur von wenigen Tablets erfüllt wird.

Die Helligkeit des Bildschirms sollte höher als  $1000 \text{ cd/m}^2$  sein (normaler Bildschirm:  $\sim 300 \text{ cd/m}^2$ ), um auch bei direkter Sonneneinstrahlung ablesbar zu sein. Auch die zulässige Betriebstemperatur ist zu beachten. Ein Consumer-Tablet startet nicht, wenn die Batterie zu kalt ist, oder sie schaltet sich im Sommer bei direkter Sonneneinstrahlung wegen des eingebauten Überhitzungsschutzes ab.

### 1.3 Netzwerk

Die digitalen Dokumente werden über das Internet zum Büro übertragen, im internen Netzwerk bearbeitet und wieder über das Internet versendet. Das Netzwerk hat dieselbe Priorität wie die Post bei der analogen Prüfung.

#### 1.3.1 Netzwerk extern

Das Internet ist die Schnittstelle des Büros zur digitalen Außenwelt. Jeder Austausch von Dokumenten erfolgt über das Internet. Der A/VDSL-Anschluss ist das Standard-Internet über die Telefonleitung und bietet mit Super Vectoring eine gute Übertragungsrates. Ein Internetanschluss über Kabel ist ein Shared-Medium, das heißt, die gebuchte Bandbreite wird mit anderen geteilt und der Upload ist relativ niedrig. Dagegen ist eine Standleitung eine nahezu ausfallsichere Datenverbindung zum Internet und bietet eine verbindliche Übertragungsgeschwindigkeit. Der Internetanschluss sollte mindestens eine Bandbreite von  $10 \text{ Mbit/s}$  im Up- und Download haben. Das entspricht einer Übertragungsgeschwindigkeit von etwa  $100 \text{ MB}$  in  $1:30$  Minuten.

Die Internetverbindung sollte stabil sein. Bei einem Ausfall können Dateien zwar zeitversetzt versendet werden, der Arbeitsfluss wird aber erheblich gestört. Geschäftskunden können bei einigen Internet Providern auch ein LTE-Failover/Backup buchen, fällt das Festnetz-Internet aus, werden die Daten über das LTE-Handynet übertragen.

#### 1.3.2 Netzwerk Intern

Die digitalen Dokumente werden im internen Netzwerk bei der Bearbeitung mehrfach übertragen und archiviert. Alle Computer im Netzwerk sollten per Netzwerkkabel mit  $1 \text{ Gbit/s}$  angeschlossen sein. Die Verbindung über WLAN ist zu vermeiden.

Zum Schutz des internen Netzwerks sollte eine Hardware-Firewall die Datenübertragung überwachen. Diese kann auch als VPN-Server fungieren, wodurch der Zugriff von außen möglich ist, zum Beispiel für Homeoffices.

### 1.4 PDF-Software

Um die Dokumente anzeigen und bearbeiten zu können, wird eine PDF-Software benötigt (zum Beispiel PDF-XChange, Bluebeam Revu, Adobe Acrobat Pro). Die Funktion *Anmerkungen einfügen*, wird grundsätzlich von fast jeder Software unterstützt. Es ist aber darauf zu achten, welche fortgeschrittenen Zeichenfunktionen oder Anmerkungs-werkzeuge von der Software angeboten werden, zum Beispiel das Einwolken oder auch das Zeichnen von Maßketten.

Die Software sollte darüber hinaus die Konvertierung von PDF-Dateien zu dem Archivformat PDF/A unterstützen. Weiterhin sollte die Software die Funktion der Fortgeschrittenen Elektronischen Signatur (FES) unterstützen. Für die mehrfache Signierung von Dokumenten sollte ferner die Funktion des inkrementellen Speicherns vorhanden sein.

#### Anmerkung zur Qualifizierten Elektronischen Signatur (QES):

Aktuell existiert im Bauwesen noch keine allgemein eingesetzte PDF-Software, die die Funktion der Qualifizierten Elektronischen Signatur (QES) unterstützt. Hierfür ist daher eine zusätzliche Signaturlösung erforderlich. (Siehe auch: DER PRÜFINGENIEUR, Heft 58.)

## 2 Umstellung des bürointernen Workflows mit digitalen Dokumenten

Der gesamte Workflow im Umgang mit digitalen Dokumenten unterscheidet sich deutlich von der analogen Arbeitsweise. Der Prozessverlauf vom Eingang über die Ablage, Bearbeitung, Finalisierung und Signierung von digitalen Dokumenten sowie der Ausgang der geprüften Dokumente und Prüfberichte muss in jeder Büroumgebung bei der Umstellung von der analogen Arbeitsweise neu durchdacht werden.

Für diesen Umstellungsprozess wird folgende phasenweise Vorgehensweise empfohlen:

- 1.) *Dokumentation* des vorhandenen alten analogen Arbeitsprozesses,
- 2.) *Bewahrung* der Prozessbestandteile oder Prozessqualitäten aus 1.), welche bei der Umstellung auf die digitale Arbeitsweise unbedingt beibehalten, beziehungsweise überführt werden müssen (zum Beispiel Ansprüche aus Qualitätssicherung oder Sicherung von Informationen),
- 3.) *Aufsetzen* eines digitalen Muster-Arbeitsprozesses ohne Medienbruch und Beschaffung eventuell erforderlicher Hard- und Software,

# DIGITALE PRÜFEN

- 4.) Pilotphase für ausgewählte Projekte starten und hierbei den Muster-Arbeitsprozess aus 3.) im Bedarfsfall anpassen und die zugehörige Hard- und Software einrichten und testen,
- 5.) Umstellung des gesamten Arbeitsprozesses auf digitale Arbeitsweise.

Im Zuge der genannten Phase ist eine Entscheidung zu treffen, wann und in welchem Umfang für den digitalen Prozess ein internes Dokumenten-Management-System (DMS) erforderlich wird. DMS können Informationen der Dokumente aufbereiten, bündeln und durchsuchbar machen. Alle Mitarbeiter sollten hierbei geregelten Zugriff auf das DMS haben, um selbstständig Eintragungen vornehmen zu können.

Der Sachbearbeiter muss bei jedem Posteingang benachrichtigt werden und zu jeder Zeit projektbezogen alle erforderlichen Dokumente abrufen und auch ablegen können.

Wenn alle Informationen digital vorliegen, können innerhalb von DMS gewisse Prozessbestandteile automatisiert werden, zum Beispiel die Generierung von Bescheinigungen oder Vorlagen für Prüfberichte.

Bei der Entscheidung über das Wann und das Wie eines DMS sind folgende Punkte zu beachten:

- DMS beinhalten softwaregestützte Datenbankstrukturen. Je nach Größe der verwalteten Datenmengen sind in Zusammenarbeit mit den bürointernen Systemadministratoren Entscheidungen über Zugriffsrechte, Ablageorte der Daten, Datensicherheit und erforderliche Verfügbarkeit der Datenbanken zu treffen.
- Die längerfristige Verfügbarkeit der Softwareanbieter sowie ein kurzfristig verfügbarer Support müssen sichergestellt sein.
- DMS müssen robust bezüglich der Upgrades oder Updates der verwendeten Server-Client-Betriebssysteme sein.

Weitere Informationen und aktuelle Hinweise auf Entwicklungen im Zusammenhang mit der Digitalisierung der bautechnischen Prüfung und Berichte über entsprechende Aktivitäten der Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik und ihres Arbeitskreises Digitalisierung sind auf der BVPI-Homepage unter ▶ Aktuelles ▶ Digitalisierung ▶ ELBA hinterlegt.

## 3 Beispielhafte Ausstattungssituationen eines Arbeitsplatzes

Hier folgen jetzt sechs Abbildungen, die einige authentische Beispiele für digitale Arbeitsplätze zeigen.



Abb. 5: Arbeitsplatz mit Notebook, 2x24-Zoll-Monitor und Stiftmonitor 15,6 Zoll; Plan auf zwei zusammenschalteten Monitoren und zweite Darstellung (unabhängig vergrößert) auf Stiftmonitor (siehe auch Abb. 6)

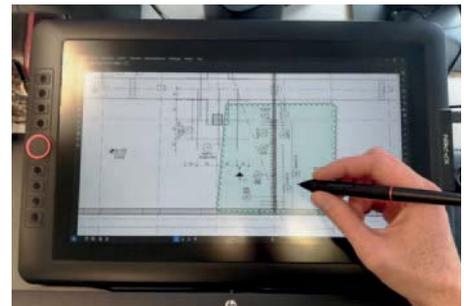


Abb. 6: Stiftmonitor: Das Arbeiten mit Stift ...

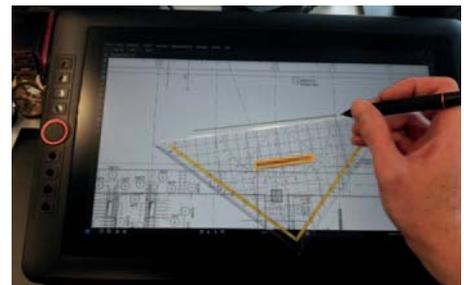


Abb. 7: ... und mit Stift und Geodreieck



Abb. 8: Arbeitsplatz mit zwei 27-Zoll-Monitoren und 12,9-Zoll-iPad als drittem Monitor; Grüneinträge mit dem Stift (die eingesetzte PDF-Software ist PDF-XChange)



Abb. 9: Arbeitsplatz mit zwei 24-Zoll-Monitoren, wovon einer mit Stifteingabemöglichkeit ausgestattet ist



Abb. 10: Arbeitsplatz mit 24-Zoll-Monitoren, Notebook mit Stifteingabe, Kartenlesegerät für digitale Signaturen und Videocam

# Detaillierte Einblicke in die Fortschreibung der neuen Normengeneration für Einwirkungen auf Tragwerke

## Der steinige Weg zu tragfähigen Regelungen in Europa und die Suche nach Eindeutigkeit und Klarheit

Seit mehr als zehn Jahren wird in Europa nun schon mit der 1. Generation der Normen für Einwirkungen auf Tragwerke und ihren Nationalen Anhängen gearbeitet. In diesen zehn Jahren sind in allen EU-Mitgliedstaaten sehr verschiedene, mannigfaltige und wichtige Erfahrungen mit dieser Normenreihe gemacht und viele Erkenntnisse gesammelt worden, die für ihre nunmehrige Fortschreibung ausgewertet und genutzt werden können – was offensichtlich auch eingehend und sorgfältig geschieht. Einen tiefen Einblick in die Komplexität und Vielschichtigkeit dieser Arbeit an den europäischen Normen, bei der die theoretischen Vorstellungen und das praktische Wissen aller Mitgliedsstaaten in endlosen Sitzungen auf einen Nenner gebracht werden müssen, vermittelt im Einzelnen und detailliert der folgende Beitrag. Er zeigt sehr deutlich, dass mit Druck und überzeugenden Argumenten in diesen häufig zähen Verhandlungen auch Hauptanliegen der deutschen Seite beharrlich verfolgt und erfolgreich durchgesetzt werden konnten und weiterhin durchgesetzt werden, dass nämlich die künftigen europäischen Einwirkungsnormen hinsichtlich ihrer fachlichen Verständlichkeit und ihrer definitorischen Prägnanz eindeutig und präzise formuliert sein müssen.



Dr.-Ing. Hans-Alexander Biegholdt

hat das Bauingenieurwesen (Konstruktiver Ingenieurbau) an den Technischen Hochschulen Leipzig und Darmstadt absolviert und nach zwei Jahren in einem Planungsbüro als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Statik und Dynamik der Tragstrukturen der Universität Leipzig sowie als freiberuflicher Tragwerksplaner gearbeitet; nach seiner Promotion ist er seit 2002 bei der Landesstelle für Bautechnik des Freistaates Sachsen im Fachgebiet Massivbau, Holzbau und Grundbau tätig, seit 2004 als Fachgebietsleiter und seit 2010 als Leiter des Landesstelle; Hans-Alexander Biegholdt arbeitet in mehreren Ausschüssen des Normenausschusses Bauwesen und in entsprechenden Sachverständigenausschüssen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) mit.

### 1 Einführung: Die Normengeneration EN 1991-x:2022

Im Jahr 2010 wurden die Normen der Normenreihe EN 1991 und ihre Nationalen Anhänge veröffentlicht und durch die Bauaufsicht 2011 in die damalige Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (M-LTB) aufgenommen. Damit liegen jetzt mehr als zehn Jahre Erfahrungen mit ihrer Anwendung vor. Für die jetzt anstehende Fortschreibung dieser Normengeneration hat sich der nationale Normenausschuss vorgenommen, neben der Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse auch die veröffentlichten Auslegungen der Normen weitestgehend entbehrlich zu machen. Dabei ist die Beantwortung solcher im Deutschen Institut für Normung (DIN) eingegangener Anfragen hilfreich, um festzustellen, ob diese ersten bauaufsichtlich eingeführten europäischen Einwirkungsnormen für den Anwender klar genug formuliert sind und an welchen Stellen sie der Überarbeitung bedürfen. So konnten die Unterausschüsse des deutschen Spiegelausschusses zum SC1\* in der ersten Stufe der Bearbeitung im Zuge der Abfrage nach dem Überarbeitungsbedarf für alle Normenteile umfangreiche Kommentartabellen abgeben.

Die Auswertung der Einsprüche zeigte große Unterschiede in der Aktivität der einzelnen EU-Länder. Es zeichnen sich neben übereinstimmenden Einwendungen unterschiedliche Schwerpunkte ab. Dabei legen die Projektteams Wert darauf, dass für Änderungen überprüfbare und zuverlässige Hintergrunddokumente vorgelegt werden, die auf Messwerten, Versuchen und/oder theoretischen Untersuchungen basieren. Dies verbessert die Transparenz und Plausibilität der Dokumente, birgt aber auch die Gefahr, dass die von klimatischen Einflüssen abhängigen Ergebnisse aus subjektiver nationaler Sicht nicht allgemeingültig und EU-weit übertragbar sind. Soweit es an entsprechenden Untersuchungsergebnissen anderer Länder fehlt, fällt deren Vertretern der Widerstand schwer, und dann gilt es, Öffnungsklauseln für entsprechende NDPs durchzubringen (NDP: *Nationally Determined Parameter*, national festzulegende Parameter, zum Beispiel Teilsicherheitsbeiwerte).

Von Vorteil hat sich die Mitwirkung der deutschen Mitglieder in den einzelnen Arbeitsgruppen (*Working Groups*, WG) bei der Behandlung der Einsprüche erwiesen. In sehr vielen Web-Meetings konnten Argumente ausgetauscht werden, und im Ergebnis findet man oft auch die Intention der jeweils deutschen Position wieder.

\* Auf Seite 47 veröffentlichen wir zu diesem Artikel allgemeine Hintergrundinformationen über die unterschiedlichen Arbeitsgruppen in den europäischen Normenausschüssen des CEN/TC250 sowie eine Übersicht über den Stand der Novellierungsarbeit an der Normengeneration 1991.

## 2 Arbeitsgruppen im Normenausschuss und die Beteiligung der Fachöffentlichkeit an EN 1991

Zum Verständnis des inhaltlichen Umfangs der einzelnen Arbeitsgruppen dient die folgende Übersicht der Untergruppen des CEN/TC250/SC1 (WGs) mit der Zuordnung zu den einzelnen Normungsteilen:

- WG1 Klimatische Einwirkungen (*Atmospheric actions*),
  - Task Group 1 Schnee(-einwirkungen) (*Snow*),
  - Task Group 2 Wind(-einwirkungen) (*Wind*),
  - Task Group 3 Temperatureinwirkungen (*Thermal actions*),
- WG2 Eislasten an Bauwerken (*Atmospheric icing on structures*),
- WG3 Verkehrslasten auf Brücken (*Traffic loads on Bridges*),
- WG4 Brandeinwirkungen auf Tragwerke (*Actions on structures exposed to fire*),
- WG5 Silos und Tanks (*Silos and Tanks*),
- WG6 Einwirkungen von Wellen und Strömungen auf Küstenbauwerke (*Actions from waves and currents on coastal structures*),
- WG7 Weiterentwicklung der EN1991-1-1, EN1991-1-6, EN1991-1-7, EN1991-3 (*Evolution of ...*).

Der zeitliche Ablauf der Überarbeitung der einzelnen Normenteile ist in **Abb. 1** dargestellt. Für die nicht am Normungsverfahren beteiligte Fachöffentlichkeit ist der Termin des *CEN Enquiry* von besonderer Bedeutung. Die in Spalte 3 von **Abb. 1** benannten Daten weisen den Beginn des Zeitraumes aus, in dem Einsprüche formuliert und eingebracht werden können!

Auf den Stand einzelner (nicht aller) Normenteile, die einen fortgeschrittenen Arbeitsstand erreicht haben, wird in den folgenden Abschnitten eingegangen.

## 3 EN 1991-1-1 Nutzlasten

Wesentliche Änderungen basieren auf den Einsprüchen, die überwiegend aus Dänemark und Deutschland eingebracht worden sind.



Abb. 2: Krafteinflüsse

Übereinstimmung gab es dabei mit anderen Ländern darin, dass die Lasteinzugsfläche genauer zu definieren ist. Dadurch wurde, neben der Übernahme der Regelungen aus dem deutschen Nationalen Anhang, auch eine Definition hinzugefügt, die durch zugehörige Abbildungen die Ermittlung der Lasteinzugsfläche (tributary area) klarstellt.

Tatsächlich hatte sich in der Vergangenheit in Deutschland die Definition der Einflussfläche AEF im Nationalen Anhang nach Fußnote b der Tabelle 6.8DE NA als nicht genau genug erwiesen (**Abb. 2**).

Für den noch zu erarbeitenden Nationalen Anhang schafft diese neue Definition die Voraussetzung, um die vorgenannte bisherige Unschärfe bei der Ermittlung der Lasten für Verkehrs- und Parkflächen auszu-schließen.

Tabelle 6.1 wurde (als neue Tabelle 8.1) nunmehr dahingehend überarbeitet, dass auch die bisher in einzelnen Unterabschnitten und weiteren Tabellen definierten Kategorien eingefügt worden sind und damit eine erhebliche Verbesserung der Übersichtlichkeit erreicht wird. Um die nationalen Besonderheiten berücksichtigen zu können, ist die Ta-

Eurocode part	DIN / AFNOR end translation for ENQ (real date)	Start CEN Enquiry (theoretical date)	DIN / AFNOR end translation for FV [12 weeks]	Start FV (theoretical date)	Start FV	CCMC starts editing for publication	DIN / AFNOR start translation for publicatio	DIN / AFNOR end translation for publicatio
EN 1991-1-1	23.11.2022	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024	01.10.2024	26.11.2024	31.12.2024	28.01.2025
EN 1991-1-2	29.07.2021	01.09.2021	15.02.2023	16.02.2023	01.04.2023	26.05.2023	30.06.2023	28.07.2023
EN 1991-1-3	17.01.2023	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024	01.10.2024	26.11.2024	31.12.2024	28.01.2025
EN 1991-1-4	18.07.2023	01.09.2023	28.03.2025	31.03.2025	01.10.2025	26.11.2025	31.12.2025	28.01.2026
EN 1991-1-5	17.01.2023	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024	01.10.2024	26.11.2024	31.12.2024	28.01.2025
EN 1991-1-6	26.07.2023	01.09.2023	01.11.2024	04.11.2024	01.04.2025	27.05.2025	01.07.2025	29.07.2025
EN 1991-1-7	26.07.2023	01.09.2023	01.11.2024	04.11.2024	01.04.2025	27.05.2025	01.07.2025	29.07.2025
EN 1991-1-8	28.07.2023	01.09.2023	21.03.2025	24.03.2025	01.10.2025	26.11.2025	31.12.2025	28.01.2026
EN 1991-1-9	17.01.2023	01.03.2023	01.05.2024	02.05.2024	01.10.2024	26.11.2024	31.12.2024	28.01.2025
EN 1991-2	29.07.2021	01.09.2021	04.01.2023	05.01.2023	01.04.2023	26.05.2023	30.06.2023	28.07.2023
EN 1991-3	26.07.2023	01.09.2023	01.11.2024	04.11.2024	01.04.2025	27.05.2025	01.07.2025	29.07.2025
EN 1991-4	28.07.2023	01.09.2023	03.01.2025	06.01.2025	01.04.2025	27.05.2025	01.07.2025	29.07.2025

Abb. 1: Stand der Bearbeitung der Teile von prEN1991 im CEN zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit möglichem Starttermin für den Formel Vote (FV) und das CEN Enquiry

belle in eine Anmerkung aufgenommen. Somit kann die Größe der Einwirkungen von den einzelnen Mitgliedsstaaten festgelegt werden.

Infolge der von Deutschland vorgetragenen Einwände wurde die im Entwurf enthaltene Vorgabe, Auflasten wie Schüttungen als ständige Einwirkungen zu behandeln, so geändert, dass im Nationalen Anhang das in Deutschland bisher gehandhabte Prinzip des Lastansatzes als veränderliche Einwirkung fortgeschrieben werden kann.

Weitere Änderungen erfolgten in der Gliederung in Anpassung an die anderen Teile der Normenreihe.

## 4 EN 1991-1-3 Schneelasten

Einzelne Änderungen im vom Projektteam erarbeiteten Entwurf werden mit Hintergrunddokumenten begründet, deren Datenherkunft (zum Beispiel norwegische Untersuchungen) nach Einschätzung des deutschen Spiegelausschusses eigene nationale klimatische Bedingungen nur unzureichend berücksichtigen.

Für die Lastfälle der verfrachteten Schneelast ist die Konsistenz des Schnees von entscheidender Bedeutung. Insbesondere fehlen auch Grenzwerte für die Übertragung der nur partiell vorliegenden Untersuchungsergebnisse, zum Beispiel für Höhengsprünge (Abb. 3).

Für die Verteilungsfunktion der Schneelast auf tiefer liegenden Dächern konnte bis zur Verabschiedung durch das CEN Enquiry kein Konsens gefunden werden, sodass darauf im Rahmen der Einspruchsphase von deutscher Seite hingewirkt werden muss.

Neu ist die quantitative Angabe für einen Zuschlag zur Schneelast bei fehlender Berücksichtigung des Einflusses von Regenfällen auf Schnee, was bei einer ausschließlichen schneehöhenbasierten Auswertung der Wetterdaten der Fall ist. Für Deutschland liegen ausreichend Daten auch von Wasseräquivalenten vor, sodass von dem Zuschlag kein Gebrauch gemacht werden wird.



Abb. 3: Höhengsprung

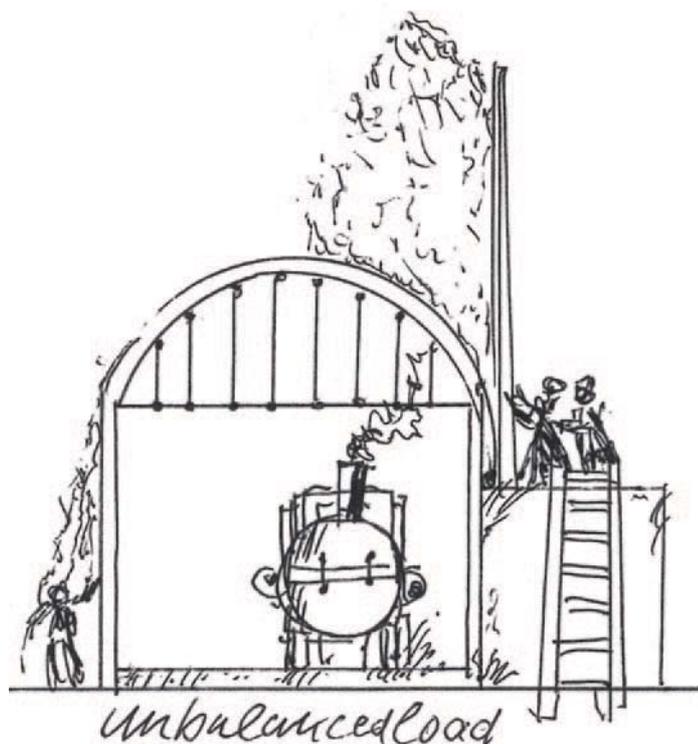


Abb. 4: Unbalanced load

Die künftige Unterscheidung von Flachdach ( $\leq 5^\circ$  DNG) zu geneigtem Dach ( $> 5^\circ$  DNG) bedingt, dass einzelne Regelungen, wie der Erhöhungsbeiwert für sehr große Dachflächen, nicht für geneigte Dächer angewendet werden sollen. Die Obergrenze der Dachneigung, für die Schneelasten anzusetzen sind, wird von 60 Grad auf nunmehr 70 Grad angehoben, wie dies in Deutschland noch bis 2001 galt (vgl. DIN 1055 Teil 5).

Bei den Tonnendächern konnte Deutschland nicht mit seinem Vorschlag für eine Vereinfachung des Lastbildes durchdringen. Dem Projektteam wurden darüber hinaus Berechnungen vorgelegt, nach denen die Formel für die Ermittlung der Last im Falle des verwehten Schnees (*Unbalanced load*) bei steileren Tonnendächern zu unsinnigen Schneehöhen führt (Abb. 4).

Hier ist gleichfalls in der Einspruchsphase eine Klärung anzustreben.

## 5 EN 1991-1-4 Windlasten

Der Hauptteil des verabschiedeten Entwurfs ist neu strukturiert und verschlankt, um Übersicht und zielgerichtete Anleitung zu liefern. Strittig war lange, ob die nun enthaltenen Ablaufschemata und Abschnittsverweise in strukturierter Weise im Hauptteil wiedergegeben werden sollen. Die über die Anwendungsprinzipien hinausgehenden detaillierten Regelungen sind grundsätzlich in die Anhänge verschoben worden, sodass deren Umfang erheblich zugenommen hat. Aufgabe des Normenausschusses wird es deshalb sein, in Umsetzung der nationalen Anwendungsregelungen eine restriktive Auswahl an normativen Anhängen zu treffen.

Die normativen Anhänge C, D und E enthalten nun zahlreiche, in der Praxis regelmäßig auftretende Bauteil- und Gebäudeformen, deren Beiwerte bislang geschätzt oder konstruiert oder durch zusätzliche,

# EUROCODE 1

gegebenenfalls auch aufwendige Untersuchungen bereitgestellt werden mussten. Auch diese Neuerung erleichtert die Anwendung der Regelungen des neu entstandenen Entwurfs nachhaltig. Für mindestens 80 Prozent der Anwendungsfälle, insbesondere der allgemein üblichen Anwendungen, findet der Nutzer auch zukünftig im Vergleich mit der zurzeit eingeführten Version identische Verfahren und Beiwerte vor.

Dieses wird umfangreich ergänzt durch Angaben zu einer größeren Breite von in der Praxis vorkommenden Bauwerks- und Bauteilformen. Dazu gehören typische unregelmäßige Bauwerksformen mit Ein- und Ausbuchtungen, Innenhöfen und Höhenabstufungen sowie Abweichungen von rechteckigen Formen (Abb. 5).

Hinzugekommen sind Modelle für Lateral- sowie Torsionseinwirkungen und -anregungen. Die Exzentrizitätsregel bleibt wie in der eingeführten EN 1991-1-4:2010-12 erhalten. National kann durch den eingefügten NDP eine vereinfachte, auf der sicheren Seite liegende Regelung aufgenommen werden (zum Beispiel Ausmitte von  $b/10$  der Gesamtkraft) zum Ersatz der luvseitigen Dreiecksverteilung zur Torsionslastmodellierung.

Ebenfalls enthalten ist ein weiterentwickeltes Wirbelerregungsmodell, das mit Öffnungsklauseln national bestimmbare Parameter zulässt (Windfeld-, Tragwerks- und Admittanzeigenschaften). Das Wirbelerregungsmodell 1, das nach dem deutschen Nationalen Anwendungsdo-

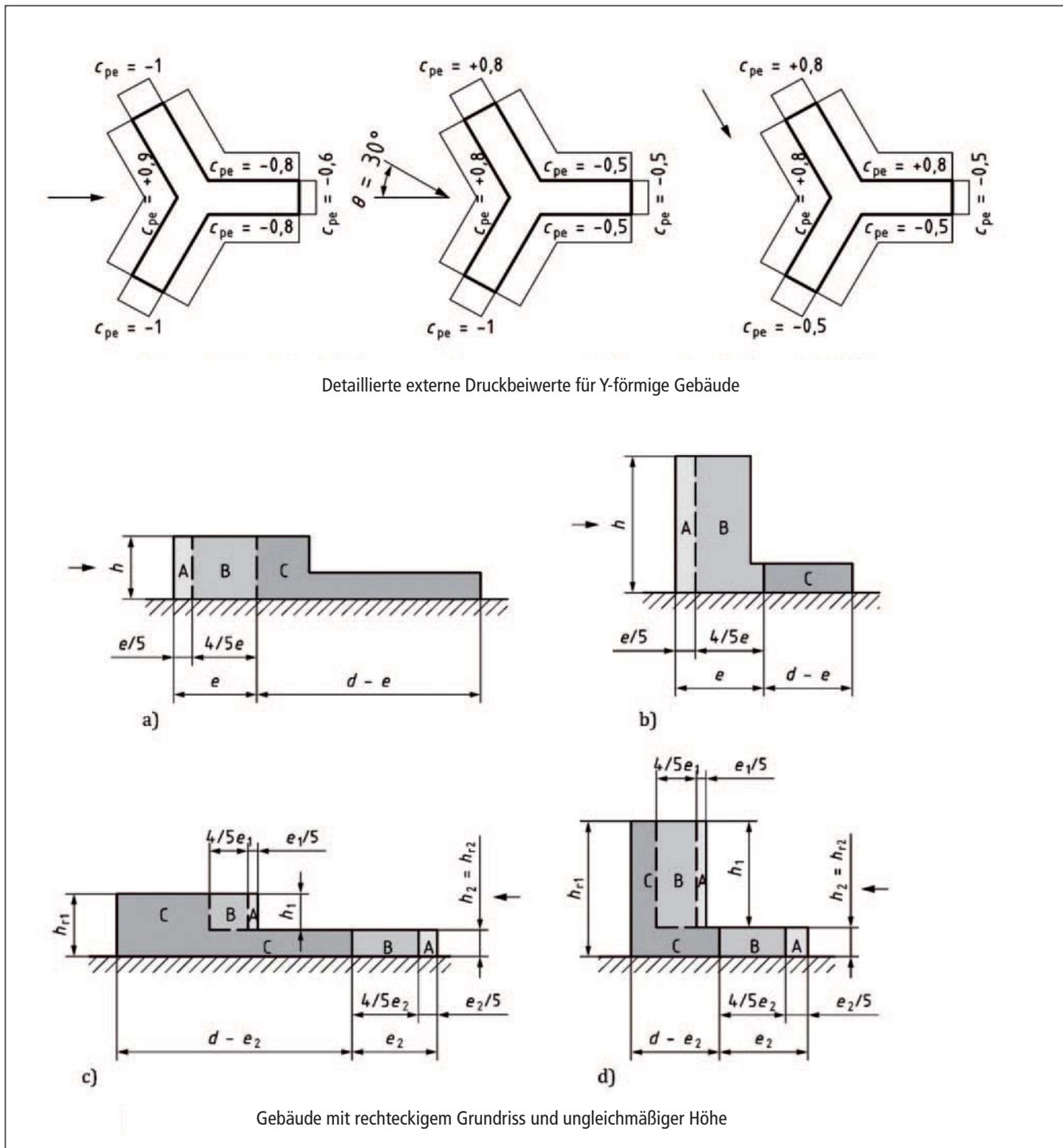


Abb. 5: Windlastbereiche realistischer Hochbauformen C.22 und C.23 (dem Entwurfstand Mai 2022 entnommen)

kument als einziges verwendet wird, ist allerdings nicht mehr enthalten. Es wird deshalb im Normenausschuss an einer Regelung gearbeitet, die darauf abzielt, das Verfahren als *Regel der Technik* weiterhin einsetzen zu können.

Neu enthalten sind Empfehlungen – aber auch Beschränkungen – für den Einsatz der numerischen Strömungsmechanik (CFD) sowie von Windkanaltechniken.

Kurz vor dem Abschluss stehen die Diskussionen über ein fortgeschriebenes Windmodell, dessen Anwendung nunmehr europaweit auf bis zu einer Höhe von 300 Meter ausgedehnt werden soll. Dazu ist eine zugeschrägte Modellierung des Windprofils in der atmosphärischen Grenzschicht entwickelt worden. Das in der deutschen nationalen Norm derzeit verwendete *Hellmann-Profil* passt sehr gut dazu und könnte weiterverwendet werden.

Zudem wird angestrebt, die Bestimmung des Böenstaudruckes vergleichbar mit der bestehenden Regelung zu linearisieren. Dies ist nicht mithilfe von Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes validierbar, da sich die amtlichen Aufzeichnungen auf Böengeschwindigkeitsmessungen stützen, Böendruckmessungen liegen nicht vor.

## 6 EN 1991-1-6 Einwirkungen während der Bauausführung

Das Projektteam zur WG7 bearbeitete mit begrenzter personeller Stärke neben Teil 1-6 drei weitere Normenteile. Ein nationales Mitwirken war, aufgrund des starken deutschen Engagements in den anderen Normenteilen und des Verlangens nach einer gewissen Parität, in diesem einzigen Projektteam, das für mehrere Normenteile zuständig ist, nicht möglich. Somit oblag die Erstellung der Neufassung der EN1991-1-6 vorrangig einer Person. Dies hatte zur Folge, dass einige Teile der Norm nach den Intentionen dieses Bearbeiters komplett überarbeitet wurden.

Besonders auffällig ist dabei das Vermischen mit Regelungsbereichen, die bisher in den Normenreihen in der Verantwortung von CEN/TC53 (Temporäre Konstruktionen für Bauwerke) erarbeitet werden. Es ist Diskussionspunkt im CEN, ob das Ausweiten des Regelungsbereiches der konstruktiven Eurocodes auf andere Bereiche beziehungsweise TCs mit einer Verschlechterung der Handhabbarkeit der Eurocodes einhergeht.

Eine weitere Veränderung betrifft die aufgeführten Zeitdauern für bauliche Aktivitäten (neue Tabelle 6.1) und die damit zusammenhängende Ermittlung von charakteristischen Werten für klimatische Einwirkungen. Diese verweist jetzt direkt auf die dafür gültigen Eurocodeteile und die darin festgelegten Verfahren für die Ermittlung von charakteristischen Werten für verschiedene Zeitdauern.

Da dies jedoch in einigen Fällen eine derzeit noch mögliche Abminderung von Lasten für kurze Bauzeiten verhindert, wurde von den deutschen Mitarbeitern im Projektteam ein NDP erwirkt, sodass im Falle der Notwendigkeit die derzeit gültige Tabelle 3.1 aus EN1991-1-6 national festgelegt werden kann. Dies ist ebenfalls hervorzuheben für die Inhalte der neuen Tabellen 6.2 (NDP) Bauausführungslasten und Tabelle 6.3 (NDP) charakteristische Werte der Einwirkungen aus Bauausführung während des Betoniervorgangs (ehedem Tabellen 4.1 und 4.2), für die ebenfalls NDP-Regelungen erwirkt werden konnten.

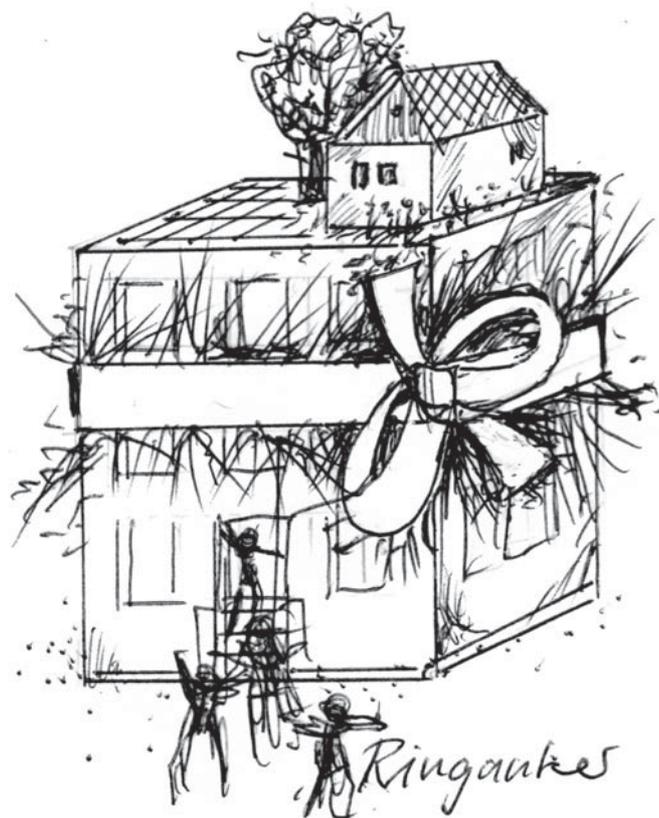


Abb. 6: Ringanker

## 7 EN 1991-1-7 Außergewöhnliche Einwirkungen

EN 1991-1-7 regelt im Rahmen der Lastnormen die außergewöhnlichen Einwirkungen, die überwiegend Anprall und Explosionen betreffen. In der überarbeiteten Fassung prEN 1991-1-7:2021 für die 2. Generation, die 2023 der europäischen Abstimmung (CEN Enquiry) vorgelegt werden wird, finden sich neben dem Haupttext fünf informative Anhänge.

Gegenüber der bauaufsichtlich eingeführten Fassung EN 1991-1-7:2006 + AC: 2010 werden die Strategien für die Bemessung von außergewöhnlichen Einwirkungen nach prEN 1991-1-7:2021 verschoben. So regelt prEN 1991-1-7:2021 künftig Robustheitsanforderungen als *erweiterte Robustheit*, was derzeit noch als Strategie zur Begrenzung von Folgen örtlich begrenzten Versagens in EN 1991-1-7:2006 + AC 2010 enthalten ist. Mit der Verschiebung nach prEN 1991-1-7:2021 will der zuständige Normenausschuss CEN/TC250/SC10 die Robustheit von Gebäuden stärker an das Sicherheitskonzept koppeln. In diesem Zusammenhang wurde im CEN-Projekt-Team für die Überarbeitung lange über die derzeitigen Regelungen für eine Bemessung von Bauteilen zur Begrenzung von Folgen örtlichen Versagens, zum Beispiel Zuggliedsysteme, Ringanker, Mindesttragelemente und Schlüssel-Bauteile im informativen Anhang A diskutiert (vgl. DIN EN 1991-1-7:2006 + AC:2010), die mit den Robustheitsanforderungen in prEN 1991-1-7:2021 verschoben werden sollten. Da manche Mitgliedsstaaten, wie zum Beispiel Deutschland, Zuggliedsysteme als Alternative zur expliziten Bemessung gegenüber Innenraumexplosionen gelten lassen (Abb. 6) und derartige Regelungen auch derzeit im Abschnitt 5 des Nationalen Anhangs eingeführt sind, konnte durchgesetzt werden, dass entsprechende Regelungen in Anhang A verbleiben. Die neue Überschrift von

Anhang A lautet nun Einwirkungen für *Zuggliedsysteme und Schlüssel-Elemente*. Als Kompromiss der Diskussion sollen jedoch Formeln und Werte NDP werden, was allerdings von CEN/TC250 noch genehmigt werden muss.

In allem anderen ist der normative Regelungsinhalt nahezu identisch mit dem des aktuellen Dokuments der 1. Generation. Wegen der gerade bei außergewöhnlichen Einwirkungen unterschiedlichen Sicherheitsbedürfnisse in Europa verbleiben in der Norm immerhin 46 NDP.

Die tabellierten Schiffsstoßlasten, derzeit noch in Anhang C, werden künftig, wie die übrigen Anpralllasten, im normativen Textteil stehen. Anhang C, der sich mit der Dynamik des Anpralls beschäftigt, wird etwas konsistenter formuliert sein und nur noch Informationen enthalten, die widerspruchsfrei zum normativen Text sind. Neu hinzugekommen ist ein Anhang D, der die Regelungen für die Trümmerersatzlasten enthält, wie sie in Deutschland bereits im Nationalen Anhang DIN EN 1991-1-7/NA:2010-12 als NCI mit Anhang NA.E aufgenommen wurden.

## 8 EN 1991-3 Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen

Das bereits oben erwähnte Projektteam SC1.T11 war auch für die Überarbeitung des Teils 3 von EN1991 zuständig, in dem die Einwirkungen aus Kranen und Maschinen behandelt werden. Es geht somit hier um die Schnittstelle zwischen Bauwesen und Maschinenbau.

Innerhalb des Bearbeitungszeitraums wurde das für diesen Normenteil zuständige Mitglied im Projektteam durch einen deutschen Vertreter ersetzt, der gleichzeitig im Projektteam SC3.T13 mitarbeitete, das für die Überarbeitung der Bemessungsregeln von Kranbahnen aus Stahl (EN1993-6) zuständig war. Durch diese Verbindung konnte weitestgehend die Konsistenz der Bemessungsregeln von EN1991 und EN1993 sichergestellt werden.

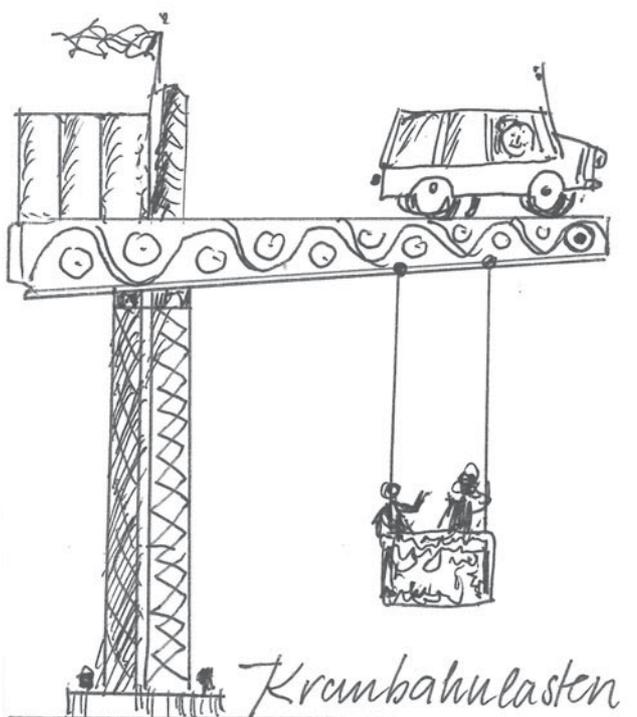


Abb. 7: Kranbahnlasten

Bei der Überarbeitung von EN1991-3 gab es mehrere strittige Fragen, die teilweise noch nicht beantwortet werden konnten. Die prinzipielle Beibehaltung der Klassifizierung der Kranlasten als veränderliche Einwirkungen, die vom deutschen Vertreter im Projektteam mit Unterstützung von CEN/TC250/SC3 aufgrund ihrer Praxisbewährung und Benutzerfreundlichkeit verteidigt wurde, war nicht konsensfähig (Abb. 7). In einem Schlichtungsverfahren unter Vorsitz des CEN/TC250-Vorsitzenden erhielt der Entwurf zu EN1991-3 daher zur Konfliktlösung einen zusätzlichen Anhang. Dieser Anhang – in Zusammenhang mit einer Erweiterung des Anwendungsbereichs von EN1991-3 auf alle Arten von Kranen einschließlich Turmdrehkrane – führte jedoch in der Folge zu einem größeren Dissens zwischen TC250 (Bauwesen) und TC147 (Kranne), der bis heute nicht aufgelöst werden konnte.

Dieser Dissens ist auch Gegenstand der Abstimmung des Entwurfs für EN1991-3 mit dem neuen Annex A.5 von EN1990, der von der Adhoc Group (AHG) *Crane and machinery supporting structures* erarbeitet wird.

Inzwischen ist die Arbeit des Projektteams abgeschlossen. Die weitere Bearbeitung des Entwurfs von EN1991-3 obliegt der Arbeitsgruppe CEN/TC250/SC1/WG7, in der zwei deutsche Vertreter (darunter auch der Vertreter aus dem Projektteam) aktiv sind. Die dargestellten Meinungsverschiedenheiten, die für alle Beteiligten mit großem Arbeitsaufwand verbunden sind, werden jedoch von den deutschen Vertretern nicht gescheut, solange am Ende die Zuverlässigkeit und die Benutzerfreundlichkeit der Eurocodes gewinnt. Die Beteiligten sind sich bewusst, dass sie am Ende nicht am Einsatz, sondern am Ergebnis gemessen werden.

## 9 Fazit und Dank

Die Qualität von Normen kann nur so gut sein, wie die der Beteiligten und ist davon abhängig, wie jene sich im Normungsprozess einbringen. Dieser Prozess beginnt für die Einwirkungsnormen in den europäischen Gremien, sodass jede Aktivität bereits hier ansetzen muss. Insofern ist dies die Gelegenheit, allen zu danken, die ehrenamtlich in den nationalen und europäischen Gremien mitwirken Verantwortung in PTs, WGs, TGs übernehmen, um die nächste Generation hinsichtlich neuer Erkenntnisse fortzuschreiben und dabei Wiedererkennungswert und Handhabbarkeit in den Fokus setzen. Die Vorsitzenden von Unterausschüssen des Spiegelausschusses waren auch bereit, zur Erstellung dieses Übersichtsartikels beizutragen.

Der Autor dankt besonders dem Leiter der Arbeitsgruppe Windeinwirkungen und Strömungstechnik an der Ruhr-Universität Bochum, Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Höffer (Windeinwirkungen), dem Leiter des Ressorts Normenwesen in der Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI), Dipl.-Ing. Christian Klein (Einwirkungen bei der Bauausführung), dem Leitenden Baudirektor Dipl.-Ing. Claus Kunz von der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe (Außergewöhnliche Einwirkungen) und Prof. Dr.-Ing. Mathias Euler vom Institut für Bauingenieurwesen der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (Einwirkungen aus Kranen).

Die Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI) als Vereinigung der für die Bauaufsicht tätigen freiberuflichen Prüferingenieure verkörpert einen äußerst umfangreichen Wissens- und Erfahrungsschatz und unterstützt hauptamtlich wie finanziell die Normungsarbeit – vielen Dank.

# ISO, CEN, CEN/TC250, SCs, TGs, TPs, WGs, AHG, HG, PTs: Beteiligte, Prozesse und Stand der Eurocode-Normung Mit der überarbeiteten neuen Eurocode-Generation und dem Zurückziehen der bisherigen ist erst 2028 zu rechnen

Auf Seite 41 dieser Ausgabe steht der ausführliche Bericht eines seit Jahren aktiv daran Beteiligten über die bisherigen, derzeitigen und künftigen Arbeiten an Eurocode 1 (Einwirkungen auf Tragwerke). Er vermittelt einen tiefen Einblick in die Komplexität und Vielschichtigkeit der europäischen Normenarbeit, die immer ein multidimensionaler und gleichzeitig multilateraler Abstimmungsprozess ist – über alle Ländergrenzen und über alle sprachlichen Barrieren hinweg. Die Liste der seit mehr als zehn Jahren mit dieser gewaltigen Aufgabe betrauten und an ihr mitarbeitenden und sie gestaltenden Experten in allen Ländern der EU ist ellenlang – die Liste der Bezeichnungen der Arbeitskreise und Ausschüsse, in denen sie ihr Werk verrichten, ist es nicht minder. Sich in diesen verzweigten Strukturen von Personen, Gremien und Abkürzungen zielgenau zurechtzufinden, ist eigentlich nur jenen ohne weiteres möglich, die sich tagtäglich mit ihnen beschäftigen und in ihnen und mit ihnen arbeiten. Der folgende Beitrag hat es sich deshalb zur Aufgabe gemacht, den Beitrag über die Einwirkungen auf Tragwerke auf Seite 41 einleitend, allgemeine Hintergrundinformationen über die unterschiedlichen Arbeitsgruppen in den europäischen Normenausschüssen zu liefern sowie eine Übersicht über den aktuellen Stand der Arbeit zu geben. Auch wenn die Hinweise und Informationen dieses Beitrages jenen zehn Prozent aller Prüfsingenieure bekannt sein dürften, die an dieser Normenarbeit aktiv beteiligt sind, gibt dieser Artikel doch den übrigen Ingenieuren in Deutschland eine möglicherweise begrüßenswerte Kenntnis von einer Materie, mit der sie nicht jeden Tag zu tun haben, wohl aber jeden Tag mit deren Ergebnissen arbeiten müssen.



Dipl.-Ing. Christian Klein

studierte an der Universität Leipzig Bauingenieurwesen und arbeitete danach als Tragwerksplaner an mehreren Großprojekten national und international tätiger Ingenieurbüros im In- und Ausland mit; seit 2012 war er für den Verband Beratender Ingenieure (VBI) in der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB) in der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen (PRB) und seit 2018 ist er für den Bereich Eurocode-Normung in der Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) zuständig, die er im Normenausschuss Bauwesen (NABau) des DIN und in entsprechenden Ausschüssen des CEN/TC250 vertritt.

## 1 Einführung

Die Abb. 1 stellt in abstrahierter Weise die Durchdringung der Einflussphären der unterschiedlichen Organisationen und Untergruppen des Europäischen Komitees für Normung dar, die zum Beispiel den Normenschreiber eines Eurocode-1-Teils berühren. Die dort verwendeten Abkürzungen werden in folgendem Absatz näher erläutert.

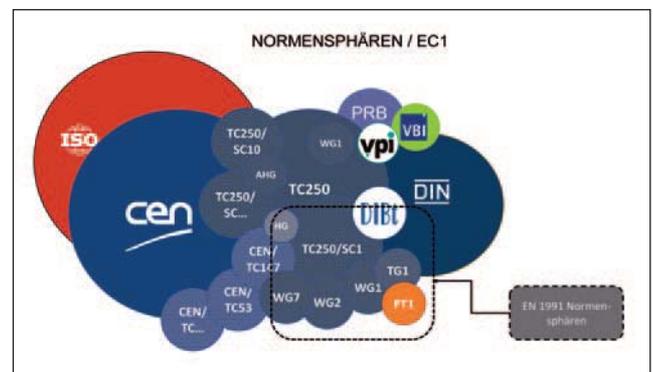


Abb. 1: Normensphären und deren Berührungspunkte und gegenseitige Abhängigkeiten und Einflüsse in der Eurocode-Normung des CEN/TC 250, hier die EN 1991 betreffend

## 2 Abkürzungen und Erläuterungen

- ISO: International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung);
- CEN: European Committee for Standardization (Europäisches Komitee für Normung); im CEN, dem Verband, in dem die nationalen Normungsgremien von 34 europäischen Ländern organisiert sind, werden die Eurocodes (EC) erarbeitet, und zwar in dessen technischen Ausschüssen (Technical Committees, TCs), in deren Unterausschüssen (Subcommittees, SCs) und in deren Arbeitsgruppen (Working Groups, WGs);
- CEN/TC250: das Technical Committee 250 (Technischer Ausschuss 250) ist das Gremium, unter dessen verantwortlicher Leitung und Koordination die *Structural Eurocodes* erarbeitet werden, die in Deutschland als Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau übersetzt werden;
- Die Subcommittees (SCs) von CEN/TC250 kontrollieren die Arbeiten der Projektteams und Working Groups (PTs und WGs, siehe unten), sie stimmen über die Normenentwürfe ab; meistens ist je einem SC ein Eurocodeteil zugeordnet (zum Beispiel ist das SC 1 verantwortlich für die Erarbeitung des EC 1); die SCs sind besetzt mit offiziellen Vertretern der Spiegelgremien der nationalen Normeninstitute;
- Die Working Groups (WGs) kontrollieren die Arbeit der Project Teams und der Task Groups (PGs, TGs, siehe unten); sie sind mit offiziellen Vertretern der nationalen Spiegelgremien der Normeninsti-

# EUROCODE-NORMUNG

tute besetzt und stellen funktionale kleinere Einheiten der TCs und SCs dar; sie sind für die Erarbeitung spezieller EC-Teile verantwortlich (die WG EC1-2 zum Beispiel für Brücken);

- Task Groups (TGs) sind Untergruppen der WGs;
- Adhoc Groups (AHG) sind Ausschüsse, die solche Themen bearbeiten, die im Arbeitsprogramm nicht berücksichtigt worden sind (zum Beispiel im CEN/TC250/SC10 für AHG Reliability Background in the Eurocodes);
- Horizontal Groups (HG) sind Ausschüsse, die Querschnittsthemen bewerten und diskutieren, die alle SCs betreffen (zum Beispiel Brücken, siehe Abb. 2);
- Projektteams (PTs) sind kleine, nach öffentlicher Ausschreibung besetzte Expertengruppen; sie erarbeiten in einem vorgegebenen Zeitrahmen Normenentwürfe und bearbeiten somit jene Aufgaben, die von CEN definiert und mandatiert werden; die PTs werden von CEN kofinanziert und sind vertraglich an CEN gebunden.

Beispiele von anderen CEN/TCs, die von EC1-Erarbeitungen frequentiert werden:

- CEN/TC53 Temporary Works Equipment (Temporäre Konstruktionen für Bauwerke) und
- CEN/TC147 Cranes-Safety (Krane-Sicherheit).

Im Zusammenhang mit der Genese und Entwicklung der Eurocodes sind weiter zu nennen:

- DIN: Deutsches Institut für Normung, das international als National Standards Body (NSB) auftritt,
- NABau: der Normenausschuss Bauwesen im DIN ist der übergeordnete Normenausschuss für das Bauwesen,
- SpA (AA): die Spiegelausschüsse spiegeln die EN-Normenentwürfe auf nationaler Ebene, dort werden die Ergebnisse der europäischen Normengremien hauptsächlich durchdacht und dort, nämlich im NABau, werden nationale Baunormen sowie nationale Anhänge erarbeitet;
- der den Spiegelausschüssen von EC 0 und EC 1 übergeordnete Normenausschuss ist der NABau-Koordinierungsausschuss Mechanische Standsicherheit und Festigkeit (KOA 01).

Neben dem DIN und seinen Ausschüssen treten bei der Erarbeitung der Eurocodes noch folgende Organisationen und Gruppierungen auf:

- DIBt: Deutsches Institut für Bautechnik,
- VBI: Verband Beratender Ingenieure,
- PRB: Praxis Regeln Bau, die (nationale) Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V., die als Interessenverbund und Netzwerk für Regelwerke im Bauwesen vor einigen Jahren von relevanten Planerverbänden und Organisationen im Wirtschaftssektor Bau gegründet worden ist.

## 3 Struktur, Aufbau und Arbeitsweise der Gremien des CEN/TC250

Wie bereits in den Ausgaben 55, 56, 59, 60 des PRÜFINGENIEURS und in den Infobriefen der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik (BVPI) bekanntgemacht worden ist, wird die 2. Generation der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau (Structural Eurocodes) im CEN/TC250 erarbeitet. Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Arbeitsgruppen, die an den Eurocode-Entwürfen arbeiten, sollen hier die wesentlichen Unterschiede aufgezeigt werden. Eine Grobübersicht der Organisation des CEN/TC250 und seiner Subcommittees, die hauptsächlich den Bauarten, Einwirkungen und Grundlagen zugeordnet sind, wird in Abb. 2 gezeigt.

Das CEN/TC250 als übergeordnetes Gremium ist in etwa gleichbedeutend mit dem national im DIN tätigen Koordinierungsausschuss (KOA) und erfüllt ebendiesen Zweck. Die SCs übernehmen die Funktion des abstimmen, koordinierenden und, seltener, des erarbeitenden Normenausschusses. In ihren jeweiligen Fachbereichen (Abb. 2) sind sie das Sammelbecken internationaler Kompetenzen.

Bei den in Abb. 2 zusätzlich aufgeführten Horizontal Groups handelt es sich um koordinierende Ausschüsse, die die Themen, die alle SCs betreffen (zum Beispiel Brücken), bewerten und diskutieren und die Beratungsergebnisse zurück in die SCs einbringen. Diese Gruppen unterstehen dabei der für Horizontalthemen zuständigen Coordination Group (koordinierenden Gruppe), die dem TC250 direkt untersteht. Ist

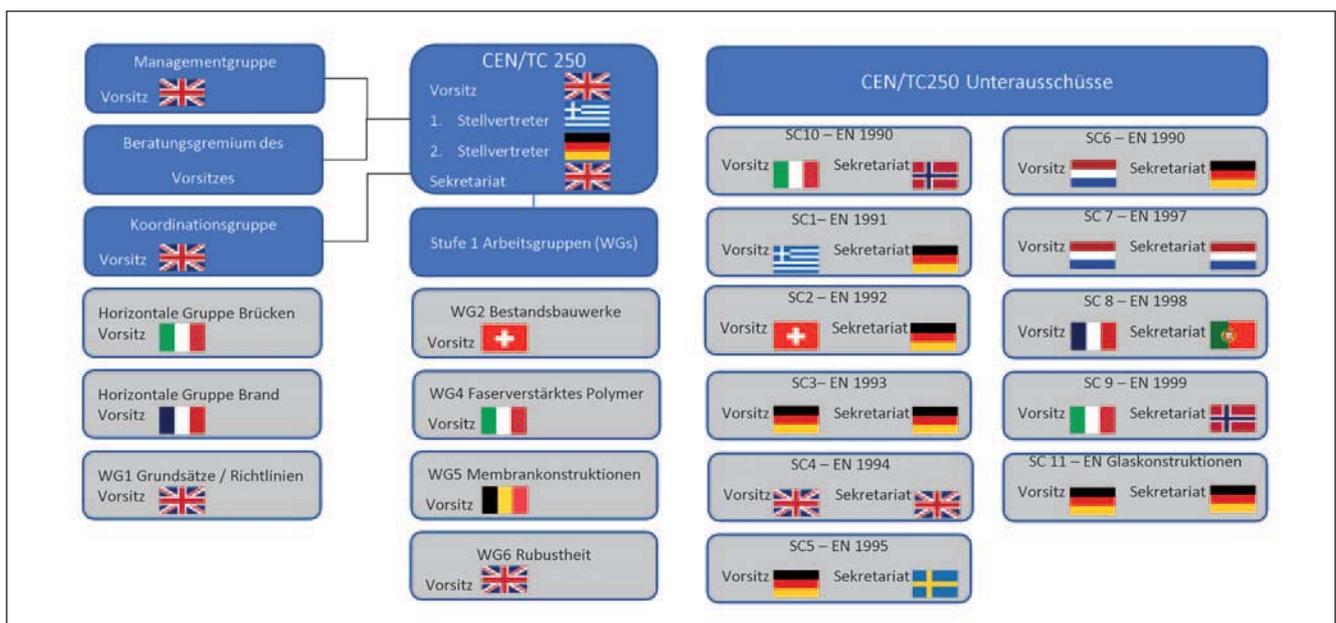


Abb. 2: Die Europäischen Arbeitsgremien des CEN/TC250 mit finanzierter Sekretariatstätigkeit und Nationalität der jeweiligen Vorsitzenden

PT Bezeichnung & Bearbeitungsphase	Herkunftsland PT-Mitarbeiter	PT-Mitarbeiter Organisationen	Mitarbeiter in zugehörigen (SCs/WGs) 	Zugeordnetes nationales DIN Spiegelgremium
SC10.T1 Basis of design Evolution of EN 1990 General Phase 1	United Kingdom		JA   CEN/TC250 SC10 EN 1990	NA 005-51-01 AA Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken
	United Kingdom			
	Italy			
	<b>Germany</b> 	  		
	Norway			
SC10.T2 Basis of design Evolution of EN 1990 Bridges specific issues Phase 2	United Kingdom		JA    CEN/TC250/SC10/WG2 EN1990 – Bridges	NA 005-51-01 AA Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken
	<b>Germany</b> 	  		
	Spain			
	The Netherlands			
SC1.T1 Actions EN 1991-1-2 Fire Phase 1	Belgium		JA   CEN/TC250/SC1/WG 4 Actions on structures exposed to fire	NA 005-52-22 AA Konstruktiver baulicher Brandschutz
	Belgium			
	France			
	France			
	Italy			
SC1.T2 Actions EN 1991-1-3 Snow loads Phase 2	Italy		JA    Vorsitz in CEN/TC250/SC1/ WG1/TG1: Snowloads	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	Norway			
	Switzerland			
	Czech Republic			
SC1.T3 Actions EN 1991-1-4 Wind Phase 2	Denmark		JA    CEN/TC250/SC1/ WG1/TG2: Windloads	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	Belgium			
	United Kingdom			
	<b>Germany</b> 	  		
	Italy			
SC1.T4 Actions EN 1991-1-5 Thermal actions Phase 2	Czech Republic		JA    CEN/TC250/SC1/ WG1/TG3: Thermal actions	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	<b>Germany</b> 	  		
	United Kingdom			
	Spain			
	Spain			
SC1.T5 Climate change Phase 1	Norway		JA    CEN/TC250/SC1/ WG1: Climatic actions	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	<b>Germany</b> 	  		
	Czech Republic			
SC1.T6 Interdependence of climatic actions, wind, snow, thermal and atmospheric icing and glass structure Phase 3 & 4	Italy		JA    CEN/TC250/SC1 WG1: Climatic actions	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	Denmark			
	Italy			
	Czech Republic			
	Norway			

Tabelle 1: Nationalitäten der Mitarbeiter in den Projektteams der SC 10 (EN 1990) und SC 1 (EN 1991) und deren Zugehörigkeit zu BVPI, VBI und PRB sowie nationale Vertreter mit Organisationszugehörigkeit in den entsprechenden Working Groups. **Fortsetzung auf der nächsten Seite**

PT Bezeichnung & Bearbeitungsphase	Herkunftsland PT-Mitarbeiter	PT-Mitarbeiter Organisationen	Mitarbeiter in zugehörigen (SCs/WGs) 	Zugeordnetes nationales DIN Spiegelgremium
SC1.T7 Actions EN 1991-1-8 Waves and Currents Phase 2	Norway		JA  CEN/TC250/SC1 WG6: Actions from waves and currents on coastal structures	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	United Kingdom			
	Greece			
	France			
SC1.T8 Actions EN 1991-1-9 Atmospheric Icing Phase 2	Norway		JA   CEN/TC250/SC1 WG2 Atmospheric icing of structures	NA 005-51-01 AA Einwirkungen auf Bauten
	Czech Republic			
	<b>Germany</b> 	 		
	Slovak Republic			
SC1.T9 Actions EN 1991-2 Road and rail traffic loads Phase 1	United Kingdom		JA    CEN/TC250/SC1 WG3: Traffic loads on bridges	NA 005-57-03 AA Lastannahmen auf Brücken
	Spain			
	Finland			
	<b>Germany</b> 	  		
	United Kingdom			
	The Netherlands			
SC1.T10 Actions EN 1991-4 Silos and Tanks Phase 2	United Kingdom		JA   CEN/TC250/SC1 WG5: Silos and Tanks	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	Denmark			
	United Kingdom			
	<b>Germany</b> 	 		
	Spain			
SC1.T11 Actions EN1991-1-1; EN 1991-1-6; EN 1991-1-7; EN 1991-3 Phase 3&4	Belgium		JA   CEN/TC250/SC1 WG7: Evolution of EN1991-1-1, EN1991-1-6, EN1991-1-7, EN1991-3	NA 005-51-02 AA Einwirkungen auf Bauten
	<b>Germany</b> 	 		
	Portugal			
	United Kingdom			
	<b>Germany</b> 	 		

Tabelle 1: (Fortsetzung von Seite 49): Nationalitäten der Mitarbeiter in den Projektteams der SC 10 (EN 1990) und SC 1 (EN 1991) und deren Zugehörigkeit zu BVPI, VBI und PRB sowie nationale Vertreter mit Organisationszugehörigkeit in den entsprechenden Working Groups.

eine Working Group dem TC250 direkt unterstellt, werden dort die Themen bearbeitet, die zu neuen Regelwerken führen können. Eine Ausnahme bildet die WG1 des TC250, in der Grundsätze für die Gestaltung der Eurocodes im Allgemeinen erarbeitet werden.

Die SCs sind in mehrere WGs aufgeteilt, die wiederum in TGs fraktioniert werden können. So kümmert sich zum Beispiel im SC1 (EN 1991) die Arbeitsgruppe CEN/TC250/SC1/WG1 um die klimatischen Einwirkungen, wobei sich die untergeordnete CEN/TC250/SC1/WG1/TG1 der Weiterentwicklung der Norm im Bereich der Schneelasten widmet. Da die SC beziehungsweise ihre Vorsitzenden (Chairmen) die Arbeiten in den Untergruppen eigenständig organisieren können, ist die Strukturierung der Ausschüsse so unterschiedlich wie die Eurocode-Normung.

Wichtig zu wissen ist, dass alle Experten, die in den Ausschüssen und Arbeitsgruppen von CEN/TC250 mitarbeiten, von den einschlägigen Ausschüssen und Arbeitsgruppen der nationalen Normungsorganisationen delegiert oder von ihnen autorisiert werden müssen.

## 4 Arbeitsweise der CEN/TC250-Gremien

Die Arbeiten des CEN/TC250 und seiner Unterausschüsse an der 2. Generation der Eurocode basiert auf einem Mandat der Europäischen Kommission an das CEN mit dem Titel *Mandate for amending existing Eurocodes and extending the scope of structural Eurocodes* (Mandat für die Verbesserung und Erweiterung der Geltungsbereiche der existierenden Eurocodes). Das CEN/TC250 hat mit seiner Mandatsantwort (Response to Mandate) einen detaillierten Arbeitsplan vorgelegt, in dem die absehbaren Arbeiten in Arbeitspakete (Tasks) aufgeteilt worden sind. Die Bearbeitung dieser Tasks erfolgte dann in den dafür neu zu besetzenden Projektteams, die den WGs beziehungsweise den SCs unterstanden. Zurzeit (Sommer/Herbst 2022) sind die Arbeiten in den Projektteams abgeschlossen. Diese Projektteams stellten damit die wichtigste unterste, arbeitsintensivste Ebene für die Erarbeitung der nächsten Eurocode-Generation dar.

Da die Mandatierung der EU-Kommission mit einer Finanzierung der Arbeitspakete einherging, war es aufgrund der gesetzlich vorge-

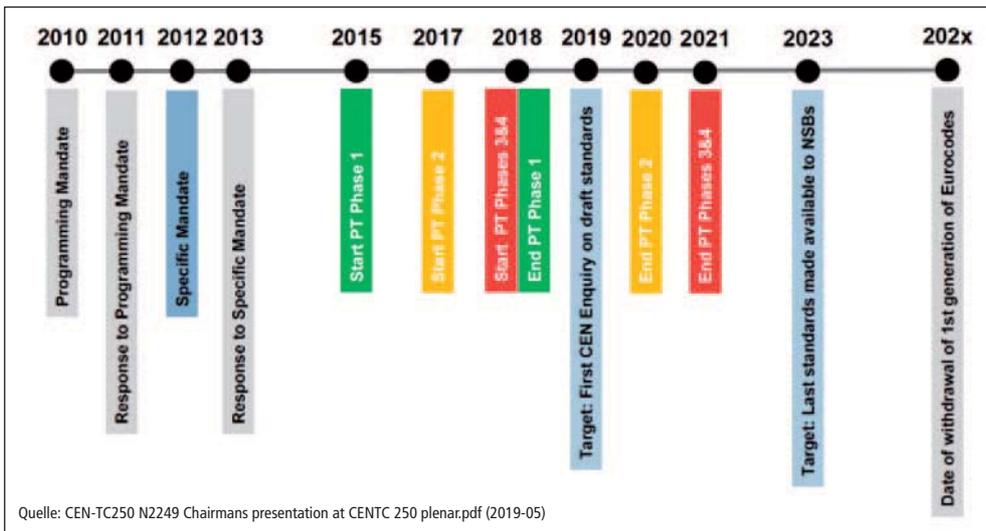


Abb. 3: Zeitplan für die Bearbeitung der Eurocodes (PT: Projektteam zur Bearbeitung einer Norm oder einer Aufgabe)

schriebenen Vergabepaxis jedem Experten, der sich berufen fühlte, möglich, sich um eine Mitarbeit in einem der Projektteams zu bewerben (womit eine Aufwandsentschädigung verbunden ist). Es war also, im Gegensatz zur Mitarbeit in den offiziellen Gremien des CEN/TC250, nicht Voraussetzung, von einem nationalen Normungsinstitut delegiert zu werden. Die fachliche Qualifikation war und ist das Hauptkriterium. Da die Tasks meistens detailliertes, dezidiertes Fachwissen voraussetzten, führte dies in einigen Fällen, mit einem Mangel an hochspezialisiertem Experten auf manchen Gebieten einhergehend, dazu, dass sich die Mitarbeiter aus SCs und WGs rekrutierten. Die Projektteams präsentieren die Normenentwicklung in den dafür zuständigen, verantwortlichen WGs und SCs. Als Beispiel sei nach **Tabelle 1** (Spalte 1, Zeile 5) die Aufgabe 2 des Arbeitsprogramms des CEN/TC250 genannt, die die Bearbeitung der EN 1991-1-3 (Schneelasten) dem gleichlautendem Projektteam: SC1.T2 (Actions – EN

1991-1-3 Snow loads) in Phase 2 übertrug. Die PTs werden nach Fertigstellung ihrer Arbeiten aufgelöst, womit die Weiterbearbeitung der Normen wieder in die Verantwortung der SCs fällt. Als Beispiel für eine erfolgreiche Besetzung der Projektteams für EN 1990 und EN1991 sei auf **Tabelle 1** verwiesen (Seite 49, Spalte 2).

### 5 Stand der Structural Eurocode-Normung

Der folgende Absatz stellt den gegenwärtigen Stand der Eurocode-Normung dar. Er vervollständigt den Artikel im *PRÜFINGENIEUR* (Ausgabe 60) und den entsprechenden Bericht auf der (virtuellen) Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfungenieure für Bautechnik im Jahr 2020. **Abb. 3** zeigt den aktuellen Stand.

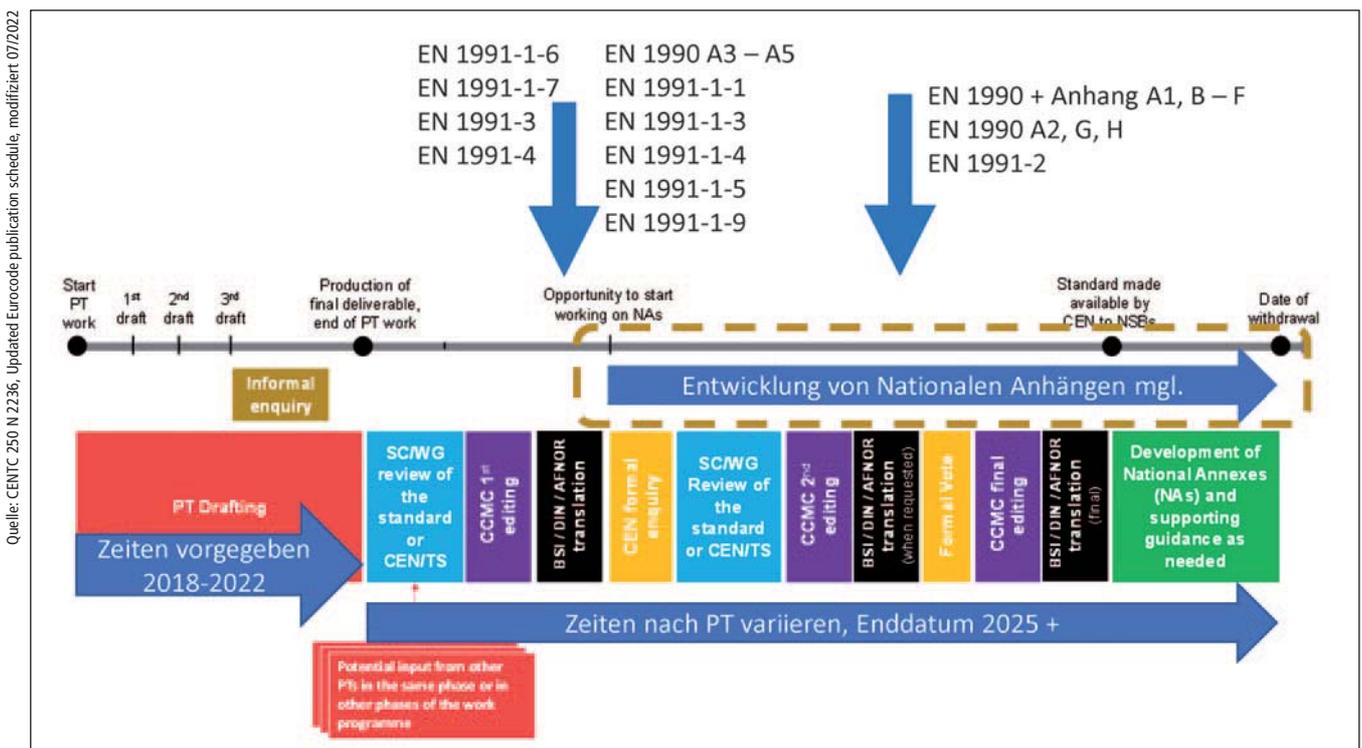


Abb. 4: Stand der Bearbeitung im CEN für Teile der Eurocodes 0 und 1

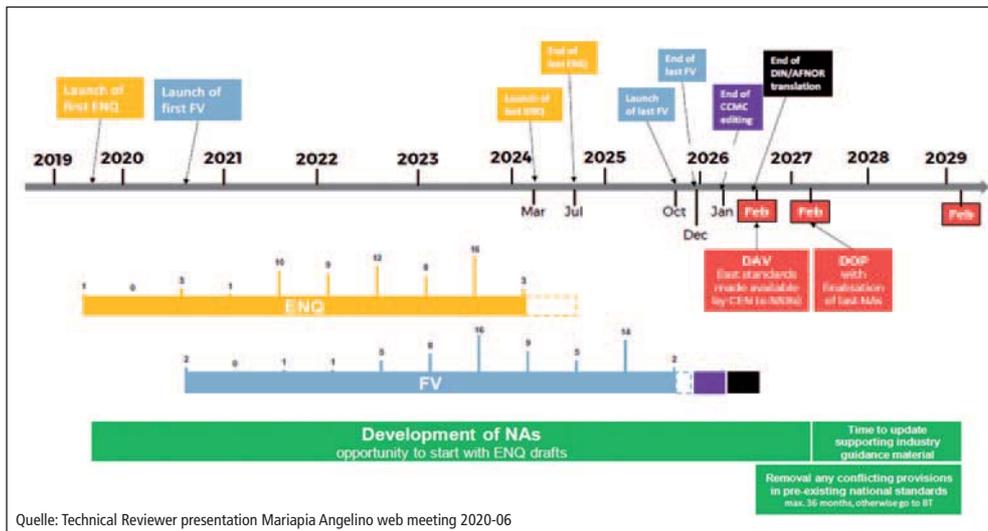


Abb. 5: Zeitplan des CEN/TC250 aus 2020 mit den geplanten Enquiry (ENQ) und Formal Votes (FV), Zieldatum für Erarbeitung nationaler Anhänge sowie Veröffentlichung der Normen (DOP: Date of Publishing)

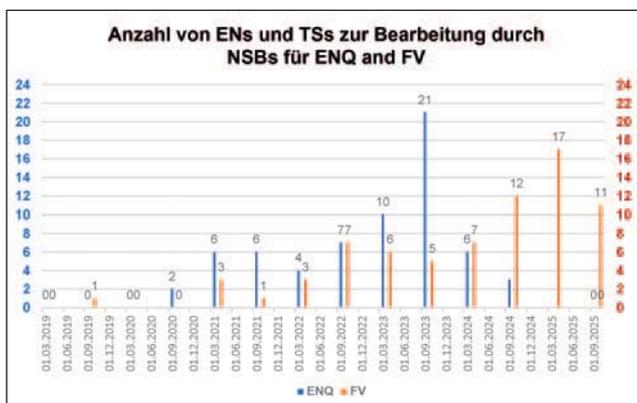


Abb. 6: Aktueller Zeitplan des CEN/TC250 für die Bearbeitung der Eurocodeteile in den nationalen Normenausschüssen im Rahmen des Enquiry und Formal Vote

Zum Zeitpunkt Start PT Phase 1 im Jahr 2015 (Abb. 3: grüne Balken) begann auf europäischer Ebene die eigentliche Überarbeitung der Dokumente des Eurocode. Dies wurde von den Projektteams bewerkstelligt, die den Normenentwurf schreiben (siehe oben Kapitel 4). Zum Ende des Jahres 2021 wurden die Arbeiten der Phasen 3 und 4 in den Projektteams offiziell abgeschlossen (Abb. 3: rote Balken) und die Projektteams formal aufgelöst. Damit obliegt die Weiterbearbeitung der Entwürfe aus den Projektteams wieder den übergeordneten TGs, WGs und SCs. Es ist für die meisten Eurocodeteile und deren Anhänge absehbar, dass die Bereitstellung für die nationalen Normungsinstitute im Jahr 2023 erfolgen wird (Abb. 3: blaue Balken).

Mit Abschluss der Phasen 3 und 4 lagen für die meisten Eurocodeteile abgestimmte Entwürfe vor. Derzeit finden dennoch einige wenige Abstimmungen in SCs und WGs über solche Eurocode-Entwürfe statt, über die es Meinungsverschiedenheiten zwischen den Normengremien der einzelnen EU-Länder gibt. Zusätzlich findet zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Verschiebung der Arbeitslast von den europäischen auf die nationalen Spiegelgremien statt, da in diesem und im nächsten Jahr (2023) die Begleitung der Übersetzung sowie die letztmalig mögliche fachliche Kommentierung im Enquiry (der Bereitstellung der Normenentwürfe zur öffentlichen Kommentierung in den Mitgliedssta-

ten, ENQ) vorbereitet werden muss und mit der Entwicklung der nationalen Anhänge begonnen wird (siehe Abb. 6). Abb. 4 wiederum verdeutlicht den Stand der Überarbeitungsphasen auf Europäischer Ebene beispielhaft für die EN 1990 (Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung, begonnen in Phase 1) und EN 1991 (Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, begonnen in den Phasen 2 und 4). Nach der Überarbeitung der Normenteile aufgrund der Kommentierung im Enquiry durch die Organe der SCs folgt das Formal Vote (FV), die formale Abstimmung der Mitgliedstaaten über die Normen-Entwürfe. In diesem Stadium sind faktisch keine technischen Änderungen mehr möglich, weil jetzt nur noch zwischen Zustimmung, Enthaltung und Ablehnung der Entwürfe gewählt werden kann. Wie man Abb. 4 entnehmen kann, stehen unter anderem Teile der EN 1990 sowie EN 1991-2 kurz vor dem Formal Vote (10/2022).

Voraussichtlich ist mit der überarbeiteten neuen Eurocodegeneration und deren Veröffentlichung sowie dem Zurückziehen der gegenwärtig genutzten Eurocodegeneration erst nach 2028 zu rechnen (Abb. 5). Der dortige grüne Balken unter dem Zeitstrahl zeigt die Zeiträume in denen, abhängig vom Bearbeitungsstand der jeweiligen Norm, mit der Erarbeitung der nationalen Anhänge begonnen werden kann.

Wie Abb. 6 zu entnehmen ist, wird die Hauptlast der Arbeiten für die nationalen Normenausschüsse in den Jahren 2022 und 2023 erwartet. Vergleicht man die Darstellung mit der gleichen Darstellung im BVPI-Jahresbericht Normung aus dem Jahr 2020, kann man feststellen, dass sich eine Verschiebung und Konzentration der Normenteile am Ende der Zeitachse abzeichnet. Dies deutet auf Verzögerungen bei der Normenerstellung hin und bedeutet im Umkehrschluss eine höhere zu erwartende Arbeitslast in den Ausschüssen der nationalen Normenorganisationen (NSB = DIN). Sie wird hauptsächlich darin bestehen, die Normenentwürfe des CEN aus den Phasen 1 und 4 und unter Berücksichtigung der Kommentare durch die Fachöffentlichkeit zu bewerten, zu kommentieren (Abb. 6: Enquiry = blauer Balken) und unter nationalen Gesichtspunkten darüber abzustimmen (Abb. 6: Formal Vote = rote Balken). Ein Faktor, der zusätzlich die Arbeiten auf kleine Zeiträume konzentriert, ist der Umstand, dass ENQ und FV nur halbjährlich im gleichen Zeitraum initiiert werden können. Gleichzeitig wird ab 2022 damit begonnen werden müssen, die nationalen Anhänge zu den entsprechenden Eurocodeteilen zu erarbeiten.

# Analyse und Optimierung des Tragverhaltens punktgestützter, zweiachsig gespannter Betondeckenplatten

## Durch die Schichtung verschiedener Betone kann das Deckengewicht um bis zu 40 Prozent reduziert werden

Zweiachsig gespannte Betondecken sind in den meisten Gebäuden zu finden. Sie weisen verhältnismäßig große Abmessungen auf, weshalb viel Material für sie benötigt wird. Wenn der Materialverbrauch und damit auch das Gewicht der Decken reduziert werden können, dann lassen sich natürliche Ressourcen und Energie einsparen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Tragverhalten von punktgestützten, zweiachsig gespannten Betondeckenplatten analysiert und anschließend der Querschnittsaufbau durch eine vertikale Anordnung verschiedener Betone optimiert. Als Ergebnis zeigte sich, dass zwei- und dreischichtige Deckenquerschnitte aus Normal- und Porenbeton Lasten effizienter abtragen können als herkömmliche Vollplatten. Der vorliegende Artikel beschreibt das allgemeine Tragverhalten von punktgestützten Decken, stellt zwölf durchgeführte Plattenversuche vor und zeigt auf, inwiefern gültige normative Berechnungsansätze zur Bestimmung der Tragfähigkeit von geschichteten Platten geeignet sind. Die Analysen zeigen, dass durch die schichtweise Anordnung verschiedener Betone das Deckengewicht im Vergleich mit Normalbetonplatten um bis zu etwa 40 Prozent reduziert werden kann\*.

\* Der vorliegende Artikel wurde in ähnlicher Form durch Frenzel und Curbach [14] auf Englisch veröffentlicht.



### Dr.-Ing. Michael Frenzel

studierte Bauingenieurwesen und arbeitete als Tragwerksplaner und Kalkulator bei der Bilfinger Berger Nigeria GmbH. Seit 2010 erforscht er an der TU Dresden den Betonleichtbau und Carbonbeton und leitet die Errichtung des weltweit ersten Carbonbetonhauses „Cube“ in Dresden.



### Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

studierte Bauingenieurwesen an der Universität Dortmund und arbeitete dann im Ingenieurbüro Köhler + Seitz. Er ist Direktor des Instituts für Massivbau der TU Dresden, wo er den Betonleichtbau, den Carbonbeton und Betone unter dynamischer Beanspruchung erforscht.

## 1 Einführung

Für Gebäude werden Deckenplatten aus Stahlbeton häufig verwendet. Sie spannen ein- oder zweiachsig, lagern auf Balken, Wänden oder Stützen und lassen sich auf der Baustelle oder im Werk als Voll- oder Halbfertigteile herstellen. Ein sehr wirtschaftliches und weit verbreitetes Deckensystem sind Flachdecken, bei denen nur Stützen die Deckenplatten tragen. Flachdecken werden seit mehr als einhundert Jahren gebaut [1] und sind wegen ihrer Flexibilität bezüglich Raumnutzung und Anordnung der Haustechnik beliebt. Aufgrund der hohen lokalen Lastkonzentration im Übergangsbereich von der Platte zur Stütze ist jedoch ein besonderes Augenmerk auf das Durchstanzversagen zu legen [2]. Um dieses zu vermeiden, können der Stützenkopf vergrößert und/oder verstärkende Einbauteile, wie zum Beispiel Dübelleisten, in die Decke eingebaut werden. Aus wirtschaftlicher Sicht sind konische Stützenköpfe oder lastverteilende Unterzüge unerwünscht, da sie im Vergleich zu ebenen und flächigen Platten-Stützenanschlüssen höhere Kosten für die Schalung verursachen und zusätzlichen Herstellungsaufwand bedeuten. Daher werden Schubbewehrungen (Bügel) [3], spezielle Gitterträger oder Kopfbolzendübelleisten [4], [5], [6] zur Erhöhung des Durchstanzwiderstandes eingesetzt.

Während das Durchstanzverhalten von Flachdecken Gegenstand intensiver Forschung war [7], [8], [9], wurde das Optimierungspotenzial der Deckenplatte im Feldbereich und damit im Bereich außerhalb des erwarteten Durchstanzkegels bisher nur wenig untersucht. Zur Reduzierung des Gewichtes und damit des Ressourcenverbrauchs werden zurzeit meist Hohlkörper verwendet, die typischerweise einen Durchmesser von 2/3 bis 3/4 der Deckenhöhe haben. Hohlkörperplatten werden häufig vorgefertigt und ermöglichen eine Gewichtsersparnis von bis zu 35 Prozent im Vergleich mit Massivplatten. Nachteilig ist, dass die Hohlräume den Durchstanzwiderstand innerhalb des kritischen Durchstanzkegels um etwa 50 Prozent verringern. Folglich muss der Auflagerbereich massiv gebaut werden [10].

Ein alternativer Ansatz zur Entwicklung von effizient tragenden, leichten Flachdecken wurde im Forschungsprojekt *Leichte Deckentragwerke aus geschichteten Hochleistungsbetonen* an der TU Dresden im Rahmen des Schwerpunktprogrammes (SPP) 1542 – *Leicht Bauen mit Beton – Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien* [11], [12] verfolgt. Nach dem Prinzip *form follows force* können folgende zwei Ansätze in Betracht gezogen werden:

■ **Querschnittsoptimierung:** Verschiedene Materialien werden auf der Grundlage ihrer Zug- und Druckfestigkeit so kombiniert, dass ihre Festigkeiten auf dem Bruchlastniveau gleichzeitig erreicht werden. Hohe Zugkräfte werden durch die Bewehrung (zum Beispiel Stahl) und hohe Druckkräfte von höherfestem Beton aufgenommen. Bereiche, die vergleichsweise geringen Druck- und Zugbeanspruchungen unterliegen, werden aus Betonen mit geringer Festigkeit und Dichte und damit aus

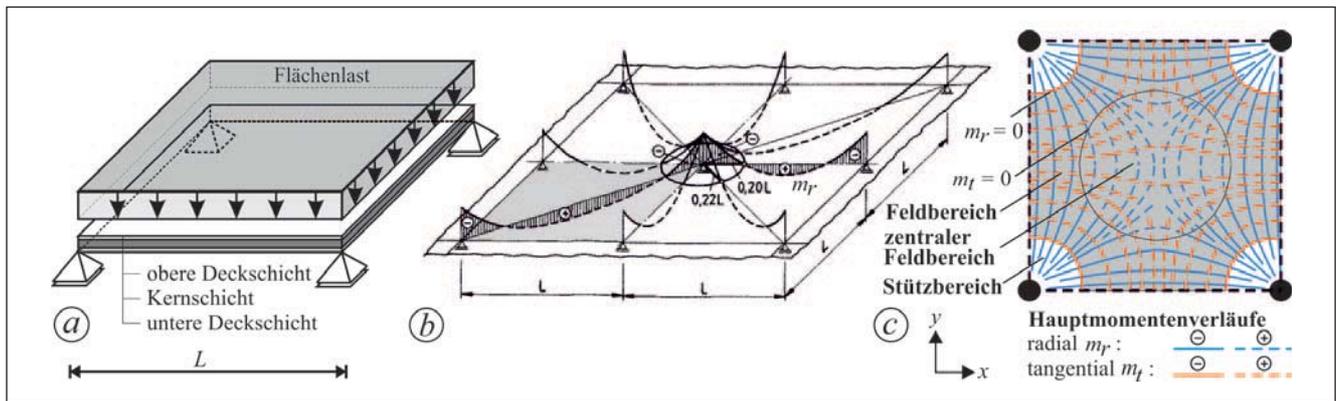


Abb. 1: a) Dreischichtige Flachdecke, b) Radialmomentenverteilung [13], c) Hauptmomentenverläufe  
 Die Abbildungen zeigen einen Ausschnitt aus einer mehrfeldrigen, punktgestützten Decke unter Flächenlast [14].

Leichtbeton hergestellt. Daraus resultiert ein dreischichtiger, sandwichartiger Aufbau gemäß **Abb. 1a**.

■ **Formoptimierung:** Unabhängig von der Querschnittsgestaltung wird die Höhe der Decke und damit die Form entsprechend dem Kraftfluss beziehungsweise den Beanspruchungen angepasst, wodurch die Materialien in Tragrichtung an allen Stellen gleichmäßig ausgenutzt werden können. Die Oberseite bleibt nutzungsbedingt eben.

Im vorliegenden Beitrag wird das Potential infolge der Querschnittsoptimierung des Deckenfeldbereiches aufgezeigt. Dazu werden folgend die theoretischen Hintergründe, die betrachteten Materialien und durchgeführten Versuche einschließlich der Gewichtseinsparungen gegenüber einer Vollplatte vorgestellt. Zudem zeigt der Artikel, inwiefern die Berechnungsansätze des Eurocode 2 [3] zur Vorhersage der Versagenslast und der Versagensmodi bei geschichteten, sandwichartigen Betonplatten geeignet sind. Die untersuchten Platten werden – wie üblich – ohne Schub- und Fugenbewehrung ausgebildet, um eine praxiserprobte und wirtschaftliche Ausführung zu gewährleisten.

## 2 Theoretische Betrachtungen

### 2.1 Tragverhalten punktgestützter Decken

Die Decke wird nur von den Stützenköpfen getragen, was zu einer zweiachsigen Lastabtragung führt. Zweiachsig gespannte Platten sind wesentlich leistungsfähiger als einachsig gespannte Platten, das heißt, bei gleichen Lasten und Spannweiten ist eine geringere Querschnittsdicke erforderlich. **Abb. 1b** zeigt den Verlauf der Radialmomente  $m_r$  einer mehrfeldrigen, punktgestützten, quadratischen Platte mit der Stützweite  $L$  unter gleichmäßiger Belastung nach der Elastizitätstheorie [13]. **Abb. 1c** visualisiert die zugehörigen Hauptmomentenverläufe [14]. Die Richtungen der Hauptmomente weichen bei Flachdecken von den definierten kartesischen Koordinatenachsen und Spannweitenrichtungen ab. Außerdem ist zu erkennen, dass im Feldbereich der Platte positive sowie in den Auflagerbereichen negative radiale und tangentiale Momente  $m_r$  und  $m_t$  auftreten. Diese führen zu Zugspannungen und in der Folge zu Rissen an der Unter- beziehungsweise Oberseite der Decke.

Durch die Punktlagerung der Platte wirken hohe Querkräfte im Stützbereich, die Versagenslast und -art erheblich beeinflussen können. So war vor allem die Bestimmung des Durchstanzwiderstandes solcher Decken Gegenstand vieler Untersuchungen, siehe zum Beispiel [13],

[15], [16] und [17]. **Abb. 1b** und **Abb. 1c** zeigen zusätzlich, dass die Radialmomente zwischen den Stützen einen Vorzeichenwechsel erfahren. Dieser befindet sich etwa im Abstand von  $0,2 \cdot L$  zur Stütze. Dadurch kann die Platte in zwei Bereiche unterteilt werden, nämlich den Stütz- und den Feldbereich (**Abb. 1c**). Der Feldbereich war Gegenstand der weiteren Untersuchungen. Flachdecken weisen zudem im Vergleich mit zweiachsig liniengelagerten Platten hohe Durchbiegungen in Feldmitte auf, die im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit klein gehalten werden müssen.

### 2.2 Einwirkungen und Schnittgrößen

Zur Untersuchung des Stützbereiches wurden in der Vergangenheit kreisförmige oder achteckige Platten theoretisch und experimentell untersucht (zum Beispiel in [7] und [13]). Im Allgemeinen wird die Oberseite der Platte durch eine gleichmäßige Linienlast oder durch acht bis 16 Einzellasten belastet, die peripher entlang des Plattenrandes angeordnet sind. Sie ersetzen die gleichmäßige Flächenlast, die üblicherweise für die Bemessung der Platte angesetzt wird (**Abb. 2a** und **Abb. 2b**). Spezielle experimentelle Untersuchungen des in **Abb. 1c** grau markierten Feldbereichs sind den Autoren hingegen nicht bekannt. Man kann sich leicht vorstellen, dass es aufgrund der Geometrie, der Belastung und der Auflagerbedingungen in diesem Bereich schwierig ist, die Situation einer echten, punktgestützten Flachdecke experimentell zu reproduzieren (**Abb. 2c**). Um dennoch das Tragverhalten möglichst genau analysieren zu können, wurde die Feldfläche durch ein Achteck approximiert und die Gleichlast durch vier Einzellasten ersetzt. Jede von ihnen wirkt im Schwerpunkt eines einzelnen Quadranten (**Abb. 2d**). Die Platte wird auf vier Linienlager mit der Länge  $b$  aufgelegt. Die Lager verlaufen diagonal unter  $45^\circ$  zur Plattenecke (**Abb. 2d**). Sie stellen vereinfacht den Bereich dar, an dem die Platte frei von Radialmomenten ist ( $m_r = 0$ , **Abb. 3**). Zur Untersuchung des Feldbereichs führten die Autoren Bauteilversuche an  $2 \times 2 \times 0,1$  Meter großen Platten durch. Sie wurden wie in **Abb. 2d** dargestellt gelagert und belastet. Die **Abb. 3a** bis **Abb. 3c** zeigen die Isoklinen der radialen und tangentialen Hauptmomente  $m_r$  und  $m_t$  sowie die Querkräfte einer endlosen Mehrfeld-Flachdecke unter einer gleichmäßigen Flächenlast von  $10 \text{ kN/m}^2$ .

Im Gegensatz dazu sind in den **Abb. 4a** bis **Abb. 4c** die Schnittgrößen des Ersatzsystems dargestellt, das bei Versuchen verwendet wurde. Es besteht aus einer Einfeldplatte, die diagonal über die Ecken gelagert und mit vier einzelnen Lasten in Höhe von  $9,1 \text{ kN}$  versehen ist. Jede Last wirkt auf einer kreisförmigen Fläche von  $0,031$  Quadratmetern, wodurch sich eine Auflast von  $293 \text{ kN/m}^2$  ergibt. Die resultierende Be-

lastung der beiden Plattensysteme ist unter Berücksichtigung der reinen Feldfläche von 3,6 Quadratmetern identisch, um die induzierten Schnittgrößen vergleichen zu können. Die daraus resultierende Last ergibt sich zu  $10 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,6 \text{ m}^2 = 4 \cdot 293 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,031 \text{ m}^2 = 36 \text{ kN}$ . Die Schnittgrößenberechnungen erfolgten mit dem Finite-Elemente-Programm RFEM (Dlubal Software GmbH, Deutschland). Das Finite-Elemente-Netz war regelmäßig. Es wurde mit quadratischen FE-Elementen, die jeweils eine Seitenlänge von 0,05 Meter aufwiesen, generiert, wodurch 1.600 Elemente pro Platte vorlagen.

Ergänzend zu **Abb. 3** und **Abb. 4** zeigt **Abb. 5** die Querkraftverteilungen entlang der Schnitte A-A bis D-D, die folgend vor allem für die Betrachtungen des Feldbereiches von Interesse sind. Es kann festgestellt werden:

- Die Isoklinen der Hauptradialmomente  $m_r$  verlaufen bei beiden Plattensystemen ringförmig um die vier punktuellen Lasteinleitungsflächen und die linienförmigen Auflager. Die Momente erreichen mit 2,0 und 4,1  $\text{kN/m}$  ihren Maximalwert entweder am Plattenrand zwi-

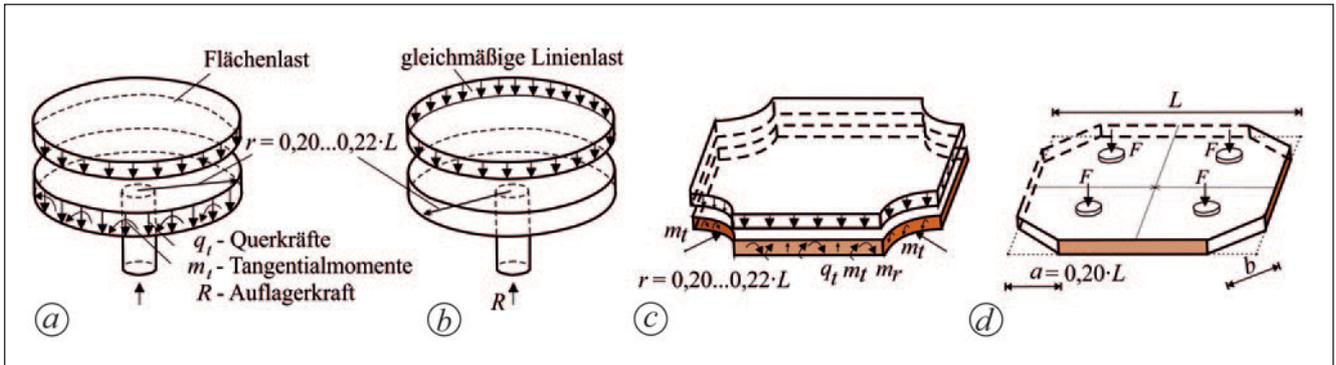


Abb. 2: a) Stützbereich einer mehrfeldrigen Flachdecke ( $m_r = 0$ ) mit Flächenlast und auftretenden Schnittkräften  
 b) Vereinfachter Stützbereich und dessen Belastung für experimentelle Untersuchungen  
 c) Feldbereich einer mehrfeldrigen Flachdecke mit Belastung und Schnittgrößen  
 d) Vereinfachter Feldbereich und dessen Belastung für experimentelle Untersuchungen (Ersatzsystem) [14]

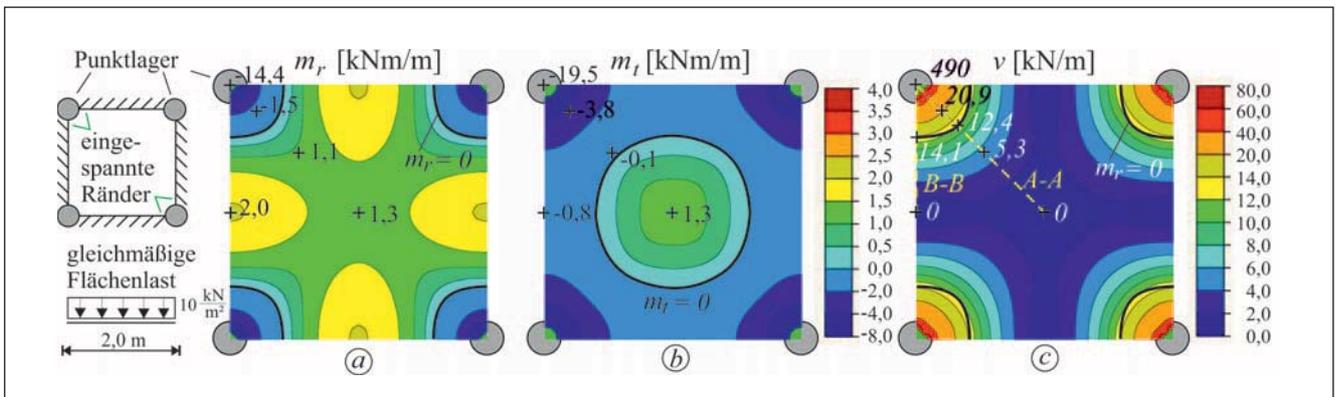


Abb. 3: Verteilung der Hauptradi- und -tangentialmomente  $m_r$  und  $m_t$  sowie der Hauptquerkraften  $v$  für einen Ausschnitt aus einer punktgestützten Platte mit endlos vielen Feldern infolge einer gleichmäßigen Flächenlast von  $10 \text{ kN/m}^2$  [14]

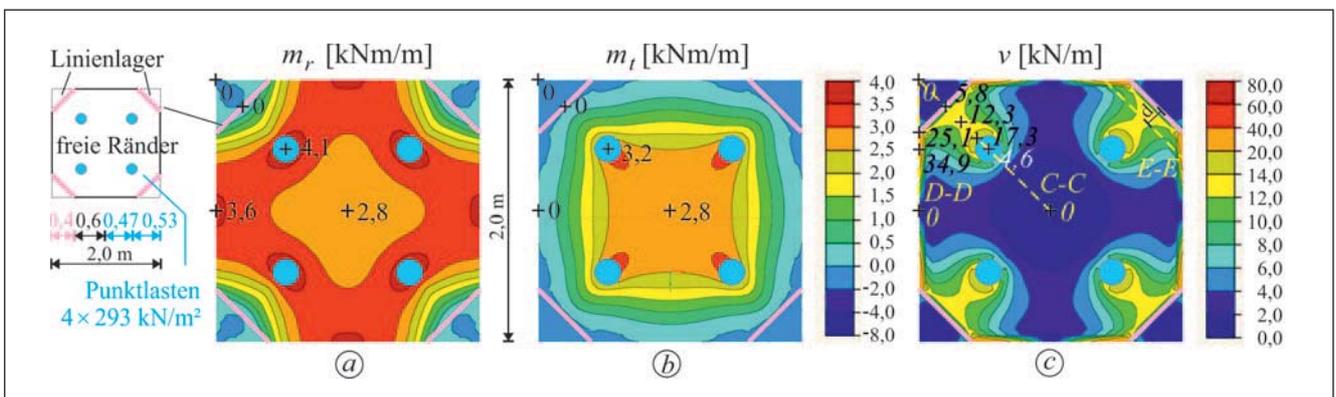


Abb. 4: Verteilung der Hauptradi- und -tangentialmomente  $m_r$  und  $m_t$  sowie der Hauptquerkraften  $v$  für eine einfeldrige, an den Ecken liniengelagerte Platte unter vier Einzellasten in Höhe von  $293 \text{ kN/m}^2$  [14]

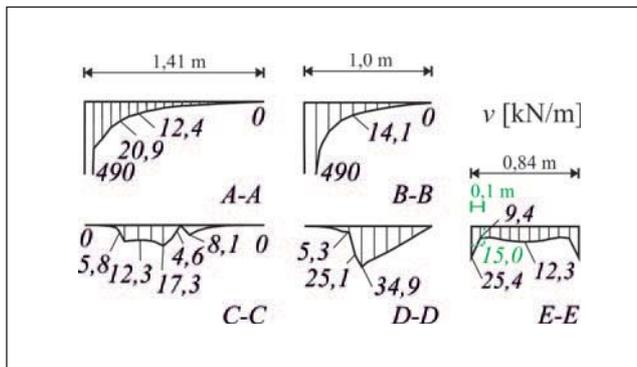


Abb. 5: Hauptquerkraftverteilungen [14]

schen den Auflagern oder im Bereich der Lasteinleitung. Die Feldmitte ist demgegenüber stets geringer beansprucht. Die Verhältnisse zwischen Maximal- und Feldmittelmoment ergeben sich mit 2,0/1,3 und 4,1/2,8 zu etwa 1,5.

- Die Isoklinen der Haupttangentialmomente  $m_t$  verlaufen ringförmig um die Plattenmitte. Im Bereich der konzentrierten Lasteinleitung des Ersatzsystems treten die maximalen Momente mit einem Wert von 3,2 kNm/m auf. Im Gegensatz dazu tritt das Maximalmoment bei der Mehrfeldplatte mit einem Wert von 1,3 kNm/m in Plattenmitte auf.

- Die Maximal- und damit maßgebenden Werte sind sowohl für die Radial- als auch Tangentialmomente bei der Einfeldplatte (Ersatzsystem) größer als bei der Mehrfeldplatte (Referenzsystem). Die für die Tragfähigkeit relevanten Punkte weisen ein Verhältnis von 3,6/2,0 = 1,8 ( $m_r$ ) und 2,8/1,3 = 2,2 ( $m_t$  und  $m_r$ ), im Mittel also ungefähr 2,0 auf. Dies bedeutet, dass das Material der beiden Plattensysteme in den maßgebenden Punkten etwa dann gleich beansprucht wird, wenn am Ersatzsystem die konzentrierte Flächenlast nur mit halber Größe und damit mit  $293 \text{ kN/m}^2/2,0 = 146,5 \text{ kN/m}^2$  wirkt.

- Die Isoklinen der Hauptquerkräfte verlaufen bei der Mehrfeldplatte kreisförmig um die Auflagerpunkte (Stützen). Die Schnitte A-A und B-B (Abb. 5) zeigen einen überproportionalen Zuwachs der Kräfte von Plattenmitte zum Auflager. Im Gegenteil dazu veranschaulicht Schnitt C-C für das Ersatzsystem eine eher konstantere Querkraftverteilung in diesem Bereich. Schnitt D-D und Abb. 4 lassen erkennen, dass am Ersatzsystem die maximalen Querkräfte am Plattenrand nahe dem Auflager in Höhe von 34,9 kN auftreten.

Abb. 6 zeigt ergänzend die Momentenverteilung für die Einfeldplatte in x-Richtung. Diese ist unter 90 Grad gedreht identisch zur y-Richtung, da die Platte doppelsymmetrisch gelagert und belastet ist. Die Werte für die Mitte des Plattenrandes (0 bzw. 3,6 kNm/m) und für die Plattenmitte (2,8 kNm/m) entsprechen den dort auftretenden Hauptmomenten  $m_r$  beziehungsweise  $m_t$  (siehe Abb. 4). Das maximale Moment  $m_x$  befindet sich mit 3,7 kNm/m nahe der Lasteinleitungsstelle.

### 2.3 Widerstände

Üblicherweise werden für die Bemessung von Bauteilen im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Bemessungswerte der Einwirkung  $E_d$  denen des Bauteilwiderstandes  $R_d$  gegenübergestellt ( $E_d \leq R_d$ ). Die Einwirkungen und Widerstände werden dazu mit entsprechenden Sicherheitsbeauschlagungen beaufschlagt. Inwiefern Rechenansätze zur Bestimmung von Widerständen geeignet sind, zeigen Bauteilversuche und deren Bewertung. Dazu bleibt das normativ geforderte Sicherheitsniveau bei den Versuchsnachrechnungen unberücksichtigt. Um die Bruchlast  $P_R$  eines Bauteils rechnerisch zu bestimmen, werden in den Formelapparaten gewöhnlich mittlere Materialfestigkeiten angesetzt, die an kleinformatigen

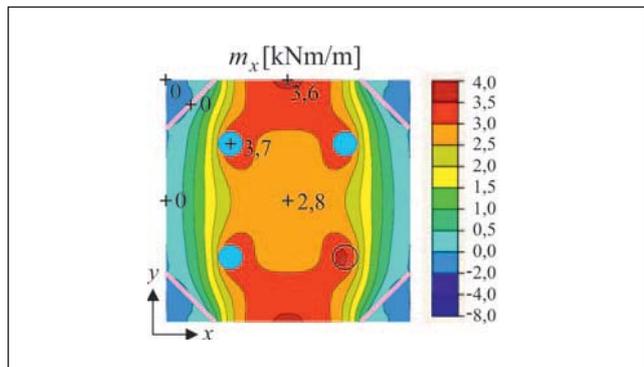


Abb. 6: Momentenverteilung  $m_x$  [14]

tigen Prüfkörpern bestimmt wurden. Folgend soll gezeigt werden, ob die im Eurocode 2 [3] für herkömmliche Stahlbetonbauteile vorgegebenen Berechnungsapparate auch zur Bestimmung der Bauteilwiderstände geschichteter Platten geeignet sind. Dies betrifft das:

- Biegezug- und Biegedruckversagen ohne Einwirkung von Normalkräften,
- Querkraftversagen für Platten ohne Schubbewehrung,
- Fugensversagen für unbewehrte Fugen.

Das Durchstanz- und Endverankerungsversagen sind für den Feldbereich punktgestützter Decken unerheblich und blieben daher bei den weiteren Untersuchungen unberücksichtigt.

#### 2.3.1 Biegezug- und Biegedruckversagen

Infolge der Momenteneinwirkung kann es zum Versagen der Bewehrung unter Zug oder des Betons unter Druck kommen. Für die Berechnung des aufnehmbaren Momentes wird üblicherweise das Gleichgewicht zwischen den äußeren und inneren Schnittgrößen ermittelt. Dieser Ansatz ist auch im Eurocode 2 [3] verankert. Besonders die Bestimmung der resultierenden Betondruckkraft ist, wenn eine nichtlineare  $\sigma$ - $\epsilon$ -Beziehung für Beton angesetzt wird, aufwendig. Die Ermittlung des Widerstandsmomentes  $M_R$  oder der erforderlichen Bewehrungsfläche  $A_s$  bei gegebener Einwirkung  $M_E$  erfolgt iterativ unter Einbeziehung der festgelegten Materialkennlinien und gegebenen Geometrieparameter [2].

Eine überschlägige Berechnung des Querschnittswiderstandes  $M_R$ , die sowohl für herkömmliche als auch für geschichtete Deckenplatten geeignet ist [12], kann auf Basis der Materialfestigkeiten gemäß Gleichung 1 und Gleichung 2 erfolgen. Das Widerstandsmoment für das Biegezugversagen  $M_{R,ten}$  berechnet sich neben der Stahlzugfestigkeit  $f_{su}$  und der Bewehrungsfläche  $A_s$  auch aus dem inneren Hebelarm  $z$ , dessen Größe etwa 90 Prozent der statischen Höhe  $d$  beträgt. Das Widerstandsmoment für das Biegedruckversagen  $M_{R,com}$  lässt sich aus der Betondruckfestigkeit  $f_{cu}$ , dem Völligkeitsbeiwert  $\alpha_R$ , der Druckzonenhöhe  $x$ , der Bauteilbreite  $b$  und dem Hebelarm  $z$  bestimmen. Mit  $x = 0,24 \cdot d$ ,  $\alpha_R = 0,81$  (Parabel-Rechteck-Diagramm) und  $z = 0,9 \cdot d$  kann die Formel auf Basis geeigneter Annahmen weiter vereinfacht werden [3]. Für die Tragfähigkeit eines Querschnittes ist das niedrigere Widerstandsmoment maßgebend. Wird in Gleichung 1 statt der Zugfestigkeit  $f_{su}$  die Streckgrenze  $f_y$  eingesetzt, so lässt sich das Moment  $M_{R,yield}$  ermitteln, bei dem das Stahlfließen einsetzt.

$$M_{R,ten} = f_{su} \cdot A_s \cdot 0,9 \cdot d \cdot b \quad \text{bzw.} \quad M_{R,yield} = f_y \cdot A_s \cdot 0,9 \cdot d \cdot b \quad (1)$$

$$M_{R,com} = f_{cu} \cdot \alpha_R \cdot x \cdot b \cdot z \quad \text{bzw.} \quad M_{R,com} = f_{cu} \cdot 0,81 \cdot 0,24 \cdot d \cdot b \cdot 0,9 \cdot d = f_{cu} \cdot 0,175 \cdot b \cdot d^2 \quad (2)$$

### 2.3.2 Querkraftversagen

Zwischen den vier Auflagerlinien und den Lasteinleitungsplatten (siehe **Abb. 4**) treten sowohl Momente als auch Querkräfte auf, die den Beton relativ hoch auf Schub beanspruchen. Den Querkraftwiderstand von Stahlbetonbauteilen ohne Querkraft- beziehungsweise Schubbewehrung untersuchten viele Forscher, wie [12] und [18] zeigen. Zur Berechnung des Querkraftwiderstandes  $V_{IRd,c}$  wurde auf den im Eurocode 2 [3] verankerten Ansatz (*Gleichung 3*) zurückgegriffen. Er baut auf einem semi-empirischen Ansatz auf, der im Model Code 90 [19] verankert ist. *Gleichung 3* gilt für Stahlbetonplatten aus Leichtbeton ohne einwirkende Normalkräfte.

$$V_{IRd,c} = [C_{IRd,c} \cdot \eta_1 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{lck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d \geq \eta_1 \cdot v_{l,min} \cdot b_w \cdot d \quad (3)$$

mit:

$C_{IRd,c} = 0,15 / \gamma_c$  Kalibrierfaktor, der Sicherheitsbeiwert  $\gamma_c$  wird folgend zu 1,0 gesetzt

$\eta_1 = 0,4 + 0,6 \cdot \rho / 2200$  Korrekturbeiwert für Leichtbeton, abhängig von der Trockenrohddichte  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]

$k = (1 + \sqrt{200/d}) \leq 2$  Maßstabsfaktor, abhängig von der statischen Nutzhöhe  $d$  [mm]

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$   $\rho_l$  Bewehrungsgrad,  $A_{sl}$  Bewehrungsfläche,  $b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$f_{lck}$  Charakteristische Druckfestigkeit; vereinfacht wird die mittlere Zylinderdruckfestigkeit  $f_{lcm}$  zur Versuchsnachrechnung angesetzt.

$v_{l,min} = 0,028 \cdot k^{3/2} \cdot f_{lck}^{1/2}$  Mindestwert der Querkrafttragfähigkeit

Die Querkrafttragfähigkeit einer geschichteten Platte mit Leichtbetonkern ist besonders von dessen Zugfestigkeit abhängig, die in Form von  $f_{lck}^{1/2}$  oder  $f_{lck}^{1/3}$  und damit in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit Berücksichtigung findet. Für die Berechnung des Querkraftwiderstandes  $V_{R, shear}$  eines experimentell untersuchten Bauteiles wurden fortführend die mittleren Zylinderdruckfestigkeiten  $f_{cm}$  und Trockenrohddichten  $\rho$  beziehungsweise  $\rho_{dry}$  der Betone in *Gleichung 3* gemäß **Tabelle 1** angesetzt. Eine Platte versagt, wenn die durch den Prüfzylinder mit der Kraft  $P$  hervorgerufene Querkraft  $v_E$  [Kraft/Längeneinheit] den Querkraftwiderstand  $v_{IR}$  (mit  $v_{IR} = V_{R, shear} / b_w$ ) am maßgebenden Punkt erreicht. Gemäß Eurocode 2 [3] befindet sich bei Einfeldträgern und -platten der maßgebende Querschnitt im Abstand  $d$  (statische Höhe) zum Auflagerand. Aufbauend darauf zeigen die **Abb. 4c** und **Abb. 5** die Lage des maßgebenden Schnittes (Schnitt E-E) und die dort auftretende Querkraftverteilung. Der Maximalwert  $v_{E,max}$  beträgt bei der gegebenen Belastung 25,4 kN/m und befindet sich am Plattenrand. Um lokale, numerisch bedingte Spannungs- und Schnittgrößenspitzen zu reduzieren, kann eine Bezugsbreite  $b_w$  von 0,1 Metern angesetzt werden. Dann verringert sich der Wert Maximalwert  $v_{E,max}$  auf 15,0 kN/m (siehe **Abb. 5**).

### 2.3.3 Fugenversagen für geschichtete Querschnitte

Die horizontal ausgerichteten Fugen zwischen den Deckschichten und der Kernschicht werden infolge der wirkenden Querkräfte auf Schub beansprucht. Dieser wird durch die Adhäsion und Mikroverzahnung der Materialien aufgenommen und auf den Beton übertragen. Ergänzend können fugenüberbrückende Bewehrungen vorgesehen werden,

um die Tragfähigkeit der Fuge zu erhöhen. Bei Platten ist dies unwirtschaftlich, weswegen darauf üblicherweise verzichtet wird. Der im Eurocode 2 [3] verankerte Nachweis ausreichender Fugentragfähigkeit basiert auf der Gegenüberstellung der einwirkenden und aufnehmbaren Fugenschubspannung ( $v_{Edi} \leq v_{Rdi}$ ) im maßgebenden Schnitt. *Gleichung 4* zeigt den gegebenen Formelapparat für Fugen in Bauteilen ohne Fugenschubbewehrung und ohne Normalkraftbeanspruchung.

$$v_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (b_i \cdot z) \leq v_{Rdi} \text{ mit } v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (4)$$

mit:

$\beta$  Verhältnis zwischen dem über die Fuge zu übertragenden Normalkraftanteil und der Gesamtnormalkraft, die infolge Biegung im betrachteten Querschnitt bei der Bemessung auftritt

$V_{Ed}, z, b_i$  Bemessungswert der einwirkenden Querkraft, innerer Hebelarm des Verbundquerschnittes und Fugenbreite

$c, f_{ctd}, f_{cd}, v$  Rauigkeitsbeiwert, Bemessungswerte der Betonzug- und -druckfestigkeit, Festigkeitsabminderungsbeiwert. Die Festigkeiten des geringer tragfähigen Betons sind maßgebend. Bei den untersuchten Sandwichplatten ist dies der Kernschichtbeton.

Um den Fugenwiderstand  $v_{Rdi}$  bzw.  $v_{Ri}$  (ohne Materialicherheit) berechnen zu können, wurden folgende Annahmen getroffen und Werte verwendet:  $z = 0,9 \cdot d$ ,  $c = 0,4$  und  $v = 0,5$  für eine raue Fugenoberfläche [3]. Die einaxiale Zugfestigkeit  $f_{ct}$  des geringsten Kernschichtbetons lässt sich experimentell und damit zur Versuchsnachrechnung schwer bestimmen, weswegen in einem ersten Schritt die Spaltzugfestigkeit  $f_{lct, split}$  an kleinformatischen Zylindern nach [20] und im zweiten Schritt die Zugfestigkeit des Leichtbetons  $f_{lct}$  mit der im Eurocode 2 [3] verankerten *Gleichung 4* mit  $V_{Ed} = V_{R, inter}$  lässt sich die vom Bauteil aufnehmbare Fugenquerkraft  $V_{R, inter}$  und daraus über das statische System die zum Fugenversagen führende Zylinderprüfkraft  $P_{R, inter}$  bestimmen. Dazu werden in den Formeln die mittleren Betonfestigkeiten  $f_{ctm}$  verwendet.

Die Widerstände für die vier möglichen Versagensmodi (Biegezug- und -druckversagen, Querkraft- und Fugenversagen)  $M_{R, com}, M_{R, ten}, V_{R, shear}$  und  $V_{R, inter}$ , allgemein als  $R_n$  bezeichnet, wurden zur Eruerung der maßgebenden Versagensart einschließlich der zugehörigen Zylinderlasten  $P_{MR, com}, P_{MR, ten}, P_{VR, shear}, P_{VR, inter}$  (zusammengefasst als  $P_n$ ) ermittelt. Auf Grundlage der linearen Schnittgrößenermittlung am Ersatz- beziehungsweise Prüfsystem (siehe **Abb. 4**), dem eine Zylindereinzellast  $P_{36}$  mit  $P_{36} = 36$  kN zugrunde liegt, lassen sich durch Extrapolation der Schnittgrößen (Momente und Querkräfte, zusammengefasst als  $E_{36}$ ) die Bruchlasten  $P_n$  für jede Versagensart auf Basis des zugehörigen Widerstandes  $R_n$  nach *Gleichung 5* berechnen.

$$P_n = P_{36} \cdot R_n / E_{36} \quad (5)$$

## 3 Versuchsprogramm

### 3.1 Materialien

Geschichtete, sandwichartige Betonelemente wurden bereits von verschiedenen Forschern untersucht. So kombinierte man hochfeste Betone mit Polystyrol- oder Polyurethanschäumen [21] bis [25], Normal-

Lage		Deckschicht	Kernschicht		
Betonfestigkeitsklasse/Bezeichnung		C20/25	C35/45	FC 900	FC 600
Zusammensetzung [kg/m <sup>3</sup> ]		Normalbeton	Normalbeton	Schaumbeton	Schaumbeton
Bindemittel	Zement <sup>a</sup> /Flugasche <sup>b</sup>	285/–	350/–	393/393	246/246
Zuschläge	Sand 0/1 <sup>c</sup> /Sand 0/2 <sup>d</sup>	355/622	355/634	–	–
	Kies 2/8 <sup>d</sup>	800	800	–	–
Wasser/Schaum		218/–	188/–	302/32	189/50
Frischbeton-/Trockenrohichte	$\rho_{\text{fresh}}/\rho_{\text{dry}}$	2280/2050	2340/2200	1120/900	730/600
Eigenschaften					
Wasser-Bindemittelwert	w/b-Wert [-]	0,76	0,54	0,55	0,55
Druckfestigkeit [16]*	$f_{\text{cm}}^f/f_{\text{cm,calc}}^g$ [MN/m <sup>2</sup> ]	25,1/26,1	43,7/45,9	8,5/6,5	2,7/2,5
Spaltzugfestigkeit	$f_{\text{ctm,split,calc}}^g$ [MN/m <sup>2</sup> ]	1,5	2,6	0,5	0,6
<sup>a</sup> Schwenk CEM I 42,5 R, <sup>b</sup> EPO Spolka Opole, Polen, <sup>c</sup> Sandwerk Heller, <sup>d</sup> Kieswerk Zeithain, <sup>e</sup> MC Bauchemie Centripor SK 120, <sup>f</sup> Mittelwert von drei Prüfungen an 28–29 Tage alten, wassergelagerten Zylindern, <sup>g</sup> Mittelwert von 3–12 Prüfungen an 34–46 Tage alten Zylindern, die analog den Prüfplatten gelagert wurden. Diese Werte flossen in die Berechnungen ein.					

Tab. 1: Betonmischungen und -eigenschaften

mit Porenbetonen [26] und [27], Stahlfaser- mit Schaumbeton [28] und Normal- mit konstruktiven Leichtbetonen, [12] sowie [29] bis [31]. Die geringsten Schäume oder Betone fungierten dabei stets als Kernschicht. Die Sandwichelemente wurden dazu entweder mit Stahl, Stahlfasern, technischen Textilien oder mit Faserverbundwerkstoffen bewehrt. Frenzel et al. [32], [33] zeigten, dass geschichtete Deckenelemente bereits dann effizient tragen, wenn Deckschichtbetone mit einer Druckfestigkeit zwischen 20 und 25 N/mm<sup>2</sup> und Kernschichtbetone mit einer Druckfestigkeit von 6 bis 12 N/mm<sup>2</sup> zusammengebracht werden. Dazu testeten Frenzel und Curbach [34] stahlbewehrte Einfeldplatten, die aus Normalbeton der Festigkeitsklasse C20/25 und einem Porenleichtbeton (Schaumbeton) mit einer Trockenrohichte  $\rho_{\text{dry}}$  von 900 kg/m<sup>3</sup> bestanden. Die verwendeten Mischungen wurden fortführend für die Herstellung der zweiachsig gespannten Platten genommen. Des Weiteren kamen ein Normalbeton der Güte C35/45 und ein Porenleichtbeton mit einer Dichte  $\rho_{\text{dry}}$  von 600 kg/m<sup>3</sup> zum Einsatz. Die Mischungs- und Materialkennwerte der vier verwendeten Betone sind in **Tabelle 1** zusammengestellt.

Als Bewehrung wurde für alle Platten kaltgewalzter, gerippter Betonstahl der Güte B500B aus einer Charge verwendet. Die Bestimmung der Materialkennlinie erfolgte nach DIN EN ISO 6892-1 [35] an vier 50 Zentimeter langen Stabstücken. **Abb. 7** zeigt die vier Spannungs-Dehnungsbeziehungen der einzelnen Stäbe. Die daraus generierte Mittelwertkurve wurde für die weiteren Berechnungen durch drei Geraden approximiert. Die Streckgrenze  $f_{\text{sy}}$  und die Zugfestigkeit des Bewehrungsstahls  $f_{\text{su}}$  betragen 580 beziehungsweise 659 N/mm<sup>2</sup>.

### 3.2 Prüfkörpergeometrie, Herstellung und Versuchsdurchführung

Die Mitarbeiter des Otto-Mohr-Laboratoriums der TU Dresden fertigten zwölf 2 × 2 × 0,1 Meter große Platten (4 Serien á 3 Stück) an. Serie S-A diente als Referenz und wurde daher in einem Guss aus Normalbeton mit der Festigkeitsklasse C20/25 hergestellt. Als Bewehrung kam für alle Platten Stabbewehrung mit einem Durchmesser

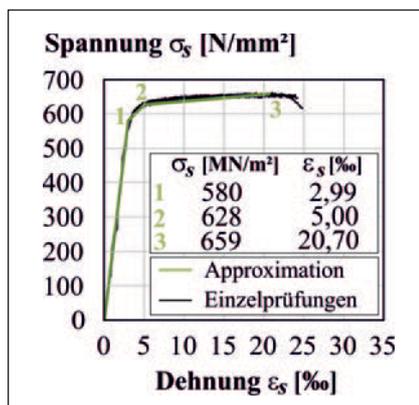


Abb. 7: Stahlkennwerte [14]

$d_s$  von sechs Millimetern zum Einsatz. Die Stäbe wurden parallel zu den Rändern auf der zugbeanspruchten Plattenunterseite in der Art verlegt, dass in jede Richtung 2,26 cm<sup>2</sup>/m Bewehrungsfläche vorlag. Die Betondeckung betrug zehn Millimeter, sodass sich die statische Höhe  $d$  im Mittel zu 8,4 Zentimeter ergab. Die Mitarbeiter brachten keine weiteren Bewehrungen ein. Um die Referenzplatte hinsichtlich ihres Tragverhaltens zu optimieren, wurde der Querschnittsaufbau in drei Varianten geändert (siehe **Tabelle 2**). Serie S-B war dadurch gekennzeichnet, dass lediglich zwei Betone miteinander kombiniert wurden. Die untere, bewehrte, drei Zentimeter starke Schicht bestand aus Normalbeton, die

Serie	Schichtung	$a_s$	Anzahl
		[cm <sup>2</sup> /m]	[Stk.]
S-A	1-schichtig, Referenzplatte, C20/25	2,26	3
S-B	2-schichtig, C20/25–FC 900	2,26	3
S-C	3-schichtig, C20/25–FC 900–C20/25	2,26	3
S-D	3-schichtig, C20/25–C40/45/FC 600–C20/25	2,26	3

Tab. 2: Untersuchte Platten

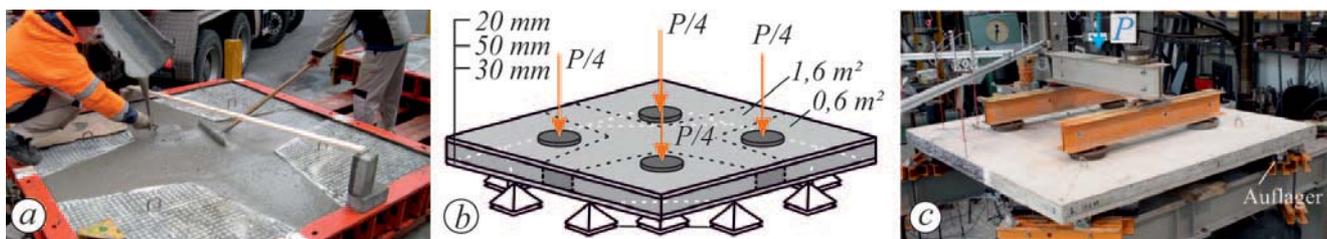


Abb. 8: a): Einbau des Schaumbetons FC 600 für eine Platte der Serie S-D, aufgerichtete Oberfläche des C35/45-Betons  
 b): Belastungssituation für die optimierte Platte, Serie S-D  
 c): Aufbau zur Belastung und Prüfung der Platten [14]

obere, sieben Zentimeter starke Schicht aus Porenleichtbeton. Für Serie S-C wurden diese beiden Betone in drei Schichten mit 3,5 und 2,0 Zentimetern Stärke zusammengebracht. Die Betonage der drei Schichten erfolgte im Zweitageabstand von der unteren zur oberen Deckschicht. Zwei bis sechs Stunden nach der jeweiligen Schichtbetonage wurden die Oberflächen mit einem Rechen (Zinkenabstand: 31 Millimeter) aufgeraut, um einen möglichst guten Verbund zwischen den Schichten zu erreichen. Die späteren Plattenprüfungen zeigten, dass der Kernschichtaufbau noch effizienter gestaltet werden kann. Daher wurde in den Auflager- und damit Eckbereichen der Platten ein Normalbeton der Güte C35/45 und in Plattenmitte ein sehr geringtragfähiger Schaumbeton, der FC 600, sternförmig eingebracht. **Abb. 8a** zeigt die Herstellung der Kernschicht dieser Serie und **Abb. 8b** die Belastungssituation. Der hydraulische Prüfzylinder (Last P) wurde weggesteuert mit einer Geschwindigkeit von 0,1 mm/s aufgebracht. **Abb. 8c** stellt den gesamten Versuchsaufbau dar. Es ist ersichtlich, dass die Einzellast über Stahlträger auf vier Punkte aufgeteilt wurde. Die Auflagerung der Platten erfolgte linienförmig und zur Plattenmitte gelenkig. Dazu kamen liegende, zwischen Stahlplatten eingebrachte Stahlrollen mit einem Durchmesser von ca. 50 Millimetern zur Anwendung (siehe **Abb. 8c**). Zudem wurde zur Bestimmung der Mittendurchbiegung auf der Plattenunterseite ein induktiver Wegaufnehmer installiert.

## 4 Auswertung

### 4.1 Prüfergebnisse

**Abb. 9a** zeigt die aufgezeichneten Last-Mittendurchbiegungsbeziehungen für die zwölf getesteten Platten. Die einschichtigen Referenzplatten (Serie S-A) versagten unter hohen plastischen Verformungen unter einer mittleren Maximallast von 112 kN. Der Bewehrungsstahl floss ab einer Last von etwa 100 kN und riss bei circa 115 kN (Biegezugversagen). Die sechs Platten der Serien S-B und S-C versagten im Bereich von 70 bis 90 kN spröde. Da die Fugen geschlossen blieben, handelte es sich um ein Querkraftversagen. Das niedrigere Lastniveau wurde vor allem durch die vergleichsweise geringe (Spalt-)Zugfestigkeit des Schaumbetons FC 900 (siehe **Tabelle 1**) hervorgerufen, die eine entscheidende Rolle für die Querkraft- und Fugentragfähigkeit spielt. Die Platten aller Serien zeigten ein sehr ähnliches Rissbild im Bruchzustand. Die typischen Rissverläufe auf der Plattenunter-, -ober- und Stirnseite zeigen **Abb. 9b** bis **Abb. 9d**. Der versagensauslösende Riss beginnt an der Plattenunterseite als Biegeriss nahe dem Linienlager und wächst in Richtung Lasteinleitung auf der Plattenoberseite, bis er die Biegedruckzone im Grundriss viertelkreisförmig so stark eingeschnürt hat, dass die Platte versagt. Aufgrund dieses Verhaltens und der ermittelten Versagenslasten der Serien S-B und S-C wurde die Serie

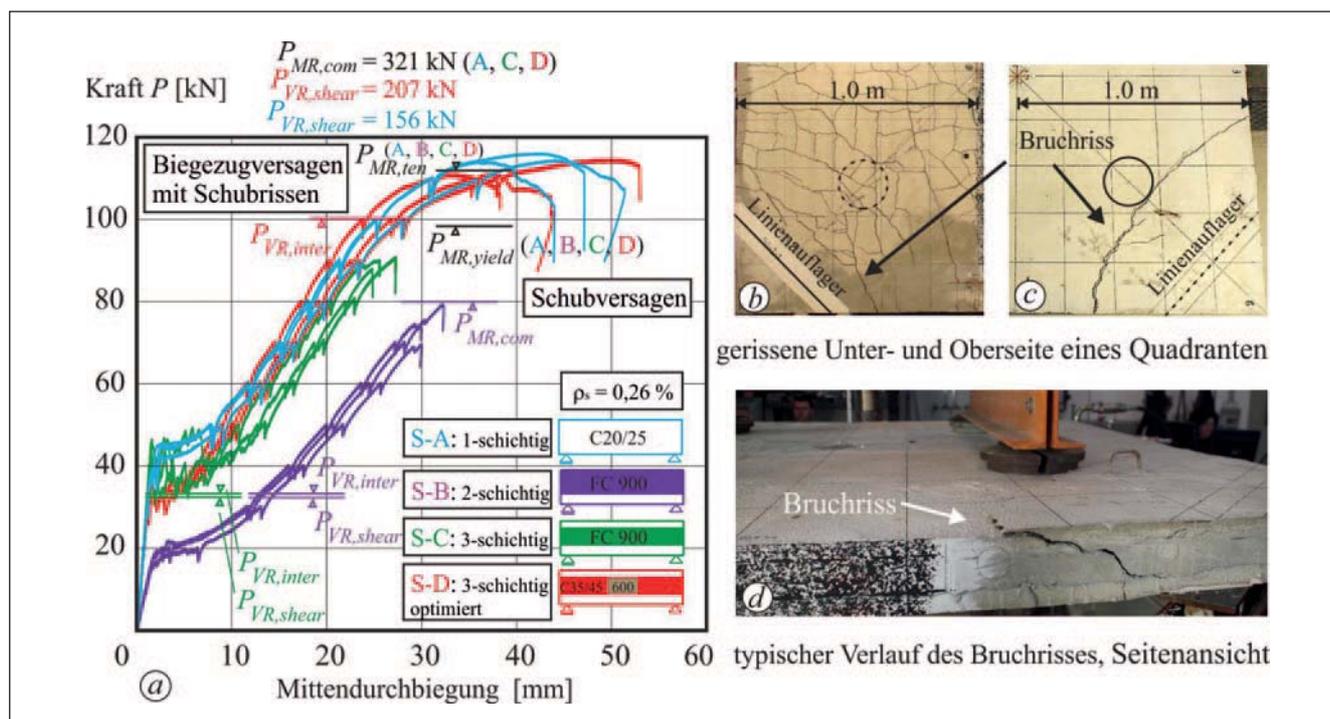


Abb. 9: Gemessene Last-Mittendurchbiegungsbeziehungen, berechnete Bruchlasten für verschiedene Versagensarten und beobachtete Rissbilder [14]

S-D wie vorgestellt (siehe **Abb. 8**) konzipiert. Das Ergebnis war positiv. Die Platten verhielten sich sehr ähnlich wie die Referenzplatten (Serie S-A). Es trat bei allen drei Platten ein Biegezugversagen ein. Der Stahl riss im Bereich der Lasteinleitungen, wo die maximalen Radial- und Tangentialmomente auftraten (siehe **Abb. 4**).

**Abb. 9a** zeigt zudem für alle vier Plattentypen die auf Basis der zuvor vorgestellten Formelansätze ermittelten Bruchlasten für das Biegezug- und Biegedruckversagen  $P_{MR,ten}$ ,  $P_{MR,com}$  sowie das Querkraft- und Fugenversagen  $P_{VR,Shear}$ ,  $P_{VR,inter}$ . Zusätzlich ist die Prüflast  $P_{MR,yield}$  aufgeführt, bei der sich rechnerisch das Stahlfließen einstellen sollte. Das Biegezugversagen und das Fließen der Bewehrung tritt bei allen Platten rechnerisch auf dem gleichen Lastniveau ( $P_{MR,ten} = 115$  kN und  $P_{MR,yield} = 98$  kN) ein, da die Bewehrungsmenge  $a_s$  und die statische Höhe  $d$  stets identisch sind. Die Bruchlast für das Biegedruckversagen ist von der Druckfestigkeit der oberen Deckschicht abhängig (siehe *Gleichung 2*). Daher ist die Bruchlast  $P_{MR,com}$  der Serie S-B mit dem Schaumbeton FC 900 in der Druckzone gegenüber den anderen Serien niedriger. Das Schub- und Fugenversagen wurden für die Serie S-B und S-C auf einem etwa gleichen Kraftlevel von 33 kN erwartet. Die Platten versagten unter einer viel höheren Last im Bereich von 70 bis 90 kN. Für die Serie S-D hingegen ergaben sich durch die höhere Zugfestigkeit des Betons C35/45 höhere Versagenslasten für das Schub- und Fugenversagen ( $P_{VR,inter} = 100$  kN,  $P_{VR,Shear} = 207$  kN).

## 4.2 Ergebnisbewertung und Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen zeigten, dass der gewählte Referenzbeton C20/25 in Kombination mit der eingelegten Bewehrung (Bewehrungsgrad  $\rho_s = 0,26$  %) für das untersuchte System gut ausgenutzt war. Schließlich führte eine Verminderung der Zugfestigkeit im Plattenkernbereich (siehe Serien S-B und S-C) bereits zu einer geringeren Versagenslast. Zudem bildeten sich während des Stahlfließens auch markante Schubrisse. Hingegen ließ sich die Referenztraglast (Serie S-A) gemäß der Materialanordnung der Serie S-D und damit unter Verwendung des Schaumbetons FC 600 erneut erzielen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Bruchlast der Serie S-D auch unter Einsatz des C20/25 anstatt des C35/45 erreicht worden wäre, da ein Biegezug und kein Schubversagen vorlag. Die Gewichtsreduzierung infolge des Porenleichtbetons FC 600 betrug 15 Prozent im Vergleich mit der Referenzplatte. Wird der Schaumbeton FC 900 gemäß den Serien S-B oder S-C verwendet, so reduziert sich das Gewicht um 40 beziehungsweise 28 Prozent. Das Biegezugversagen konnte rechnerisch gut vorhergesagt werden (siehe **Abb. 9a**). Hingegen wurden die Schub- und Fugenwiderstände auf Basis der Eurocode-2-Ansätze stark unterschätzt. Vor allem bei zweiachsig gespannten Platten, bei denen aufgrund der flächigen Ausdehnung Lastumlagerungen infolge der Rissbildung stattfinden können, sind die Berechnungsmodelle zu konservativ und daher zukünftig zu verbessern. Das Versagen der Serien S-B und S-C auf Schub hat auch gezeigt, dass die raue Fugenausbildung sehr tragfähig, nicht zwingend versagensentscheidend und damit für die Ausbildung zukünftiger geschichteter Betonelemente geeignet ist.

Werden die Erkenntnisse über die Anordnung und Wahl der Betone von den kleinformigen Platten auf eine punktgestützte, quadratische Mehrfelddecke im Gebäudeinnenbereich mit einer hochbautypischen Spannweite von sieben Metern übertragen, so kann der Gewichtsgewinn wie folgt abgeschätzt werden:

Die Deckschichten sind vier Zentimeter dick und stahlbewehrt. Die Kernschicht ist circa 17 Zentimeter stark, sodass sich eine Gesamthöhe von 25 Zentimetern ergibt. Wird im Stützbereich und damit bis zum

Radialmomentennullpunkt Normalbeton (Nutzdichte: 2,4 kg/dm<sup>3</sup>, Fläche: 7,5 m<sup>2</sup>) kreisförmig und in Feldmitte der Porenleichtbeton FC 600 (Nutzdichte: 0,7 kg/dm<sup>3</sup>, Fläche: 41,5 m<sup>2</sup>) angeordnet, dann ergibt sich das Plattengewicht zu 17,4 Tonnen. Eine vollständige Ausführung der Platten in Normalbeton führt zu einem Gewicht von 29,4 Tonnen. Die Gewichtsreduzierung liegt damit bei zwölf Tonnen, was 40,8 Prozent entspricht und ein sehr gutes Ergebnis darstellt. Schließlich benötigt der Schaumbeton FC 600 weniger Zement (siehe **Tabelle 1**) als der Normalbeton, wodurch ein günstigerer ökologischer Fußabdruck für die Decke erzielbar wäre. Zudem führt die Gewichtsersparnis zu schlankeren Stützen und Fundamenten.

Die Ausführungen zeigen, dass der dreischichtige Deckenaufbau mit zwei verschiedenen Betonen zu einer effizienteren Materialausnutzung als bei einer Volldecke führt. Die Effizienz kann noch weiter gesteigert werden, indem weitere Schichten und Betone Anwendung finden. Grundlegende Untersuchungen dazu zeigt zum Beispiel Herrmann [36] auf, der Gradientenbeton einsetzte. Ein weiteres Potential zur Reduzierung des Deckengewichtes und des Ressourcenverbrauches bietet die Optimierung der Form in Plattenlängsrichtung. Ansätze dazu sind beispielsweise in Frenzel et al. [33] und Farwig und Curbach [37] zu finden.

## 5 Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung dieses Projektes (Pr.-Nr.: 198117966) innerhalb des Schwerpunktprogrammes 1542 *Leicht Bauen mit Beton* und der BCS Natur- und Spezialbaustoffe GmbH, Dresden, die die verschiedenen Betone lieferte.

## 6 Literatur

- [1] Andrä, H.-P., Baur, H., Stiglat, K.: Zum Tragverhalten, Konstruieren und Bemessen von Flachdecken; Beton- und Stahlbetonbau, 1984, 79, No. 10–12, 258–263, 303–310, 328–334
- [2] Zilch, K., Zehetmaier, G. M.: Bemessung im konstruktiven Betonbau, 2. Ausgabe; Springer, 2010 – ISBN 978-3-540-70637-3
- [3] DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2, Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für den Hochbau; Deutsche Version EN 1992-1-1: 2004 + AC 2010; Beuth, 2011
- [4] Birkle, G.: Punching of Flat Slabs: The Influence of Slab Thickness and Stud Layout, PhD-thesis, university of Calgary, 2004
- [5] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-15.1-249; Halfen Doppelkopfkanker Typ HDB-S als Querkraftbewehrung in Betonbauteilen, 2021, 21 S.
- [6] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-15.1-268. Jordahl Querkraftbewehrung JDA-S, 2018, 20 S.
- [7] Beutel, R.: Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen; Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2002 – <https://publications.rwth-aachen.de/record/58865/files/58865.pdf>
- [8] International Federation for Structural Concrete (fib): Punching of structural concrete slabs, Technical report – Bulletin 12, 2001 – ISBN 978-2-88394-052-9
- [9] International Federation for Structural Concrete (fib): Shear and punching shear in RC and FRC elements, Technical report – Bulletin 57, 2010 – ISBN 978-2-88394-097-0

- [10] Aldejohann, M.: Zum Querkrafttragverhalten von Hohlkörperdecken mit zweiachsiger Lastabtragung; Dissertation, Universität Duisburg-Essen, 2008 – <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:465-20081007-141432-6>
- [11] Scheerer, S., Curbach, M. (Hrsg.): SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton: Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien (Abschlussbericht); SPP 1542: Concrete Light: Future Concrete Structures using Bionic, Mathematical and Engineering Formfinding Principles (Final Report); Dresden, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, 800 S. – DOI: 10.25368/2022.162
- [12] Frenzel, M.: Zum Tragverhalten von leichten, geschichteten Betondecken; TU Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen; Dissertation, 2021 (Jahr der Promotionsverteidigung, erschienen 2022 in Curbach, M. et al. (Hrsg.): Schriftenreihe konstruktiver Ingenieurbau kid, Heft 62, Dresden, Institut für Massivbau der TU Dresden) – <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-2-787009>
- [13] Staller, M.: Analytische und numerische Untersuchungen des Durchstanzenverhaltens punktgestützter Stahlbetonplatten; Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 515, Beuth, 2001
- [14] Frenzel, M., Curbach, M.: Load-bearing behavior and efficiency of layered two-way slabs; in: Bögle, A.; Grohmann, M. (Hrsg.): Interfaces: architecture.engineering.science – Proc. of the IASS Annual Symp. 2017, 25.9. bis 28.9.2017 in Hamburg, Hamburg, HCU & IASS, 2017, p. 153 (book of abstracts), full paper published digitally: paper no. 9868, 10 p.
- [15] Muttoni, A.: Punching Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs with Transverse Reinforcement; ACI Structural Journal, 2008, 105, No. 4, 440–450
- [16] Siburg, C.: Zur einheitlichen Bemessung gegen Durchstanzen in Flachdecken und Fundamenten; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Dissertation, 2014 – <https://publications.rwth-aachen.de/record/444977/files/5184.pdf>
- [17] Tuchlinski, D.: Zum Durchstanzen von Flachdecken unter Berücksichtigung der Momenten-Querkraft Interaktion und der Vorspannung; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Dissertation, 2004 – [https://publications.rwth-aachen.de/record/61814/files/Tuchlinski\\_Dirk.pdf](https://publications.rwth-aachen.de/record/61814/files/Tuchlinski_Dirk.pdf)
- [18] Schacht, G.: Experimentelle Bewertung der Schubtragsicherheit von Stahlbetonbauteilen; Dissertation, Technische Universität Dresden, 2014 – <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-153446>
- [19] CEB-FIP: Model Code 90 – Final Draft; in: Comitee Euro-International du Beton, Bulletin 204, 1991
- [20] DIN 12390-6:2010-09, Prüfung von Festbeton – Teil 6: Spaltzugfestigkeit von Probekörpern, Deutsche Fassung, Beuth, 2010
- [21] Finzel, J., Häussler-Combe, U.: Textile reinforced concrete sandwich panels: Bending tests and numerical analyses, in: EURO-C, Bicanic, N., de Borst, R., Mang, H., Meschke, G. (eds.): Proceedings of EURO-C, 2010, 789–795
- [22] Müller, F., Kohlmeyer, C., Schnell, J.: Experimental and Numerical Investigations of Sandwich Wall Panels with HPC-Facings; Dancygier, A. N. (ed.): Engineering a Concrete Future: Technology, Modeling & Construction – Proceedings of the fib Symposium, 2013, Israel, 197–200
- [23] Nguyen, V. A.: A study on textile reinforced – and expanded polystyrene concrete sandwich beams; Dissertation, Technische Universität Dresden, 2014 – <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-158948>
- [24] Shams, A., Stark, A., Hoogen, F., Hegger, J., Schneider, H.: Innovative sandwich structures made of high performance concrete and foamed polyurethane; Composite Structures, 2015, 121, No. 3, 271–279
- [25] Von der Heid, A.: Zum Tragverhalten von Sandwichelementen aus Textilbeton mit schlaffer und vorgespannter Bewehrung; Dissertation, Institut für Massivbau, RWTH Aachen, 2021 – <https://publications.rwth-aachen.de/record/818012/files/818012.pdf>
- [26] Salet, T. A. M.: Structural analysis of sandwich beams composed of reinforced concrete faces and a foamed concrete core; Dissertation, Technische Universität Eindhoven, 1990
- [27] Vimonasatit, V., Wahyuni, A., Nikraz, H.: Behaviour and Strength of Lightweight sandwich reinforced concrete beams; in: ISEC-6, Cheung, S. O., Yazdani, S. Ghafoori, N. (eds): Modern Methods and Advances in Structural Engineering and Construction, 2011
- [28] Gartmann, J.: Sandwichelemente aus Stahlfaser- und Schaumbeton; Institut für Baustoffe, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2006 – DOI: 10.3929/ethz-a-005291296
- [29] Frenzel, M., Farwig, K., Curbach, M.: Leichte Deckentragwerke aus geschichteten Hochleistungsbetonen; Lightweight ceiling structures made of layered high-performance concrete; in: Scheerer, S., Curbach, M. (Hrsg.): SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton. Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien (Abschlussbericht), SPP 1542: Concrete Light. Future Concrete Structures using Bionic, Mathematical and Engineering Formfinding Principles (Final Report); Dresden, Institut für Massivbau der TU Dresden, 2022, S. 144–169 – DOI: 10.25368/2022.162
- [30] Herrmann, M., Haase, W.: Tragverhalten biege- und querkraftbeanspruchter Bauteile aus funktional gradiertem Beton; Beton- und Stahlbetonbau, 2013, 108, No. 6, 382–394 – DOI.org/10.1002/best.201300017
- [31] Schaumann, E.: Hybrid FRP-Lightweight Concrete Sandwich System for Engineering Structures; Dissertation, Ecole Polytechnique federale de Lausanne, 2008 – DOI: 10.5075/epfl-thesis-4123
- [32] Frenzel, M.: Numerical simulation of single-span lightweight concrete sandwich slabs; Müller, H. S., Haist, M., Acosta, F. (eds.): Proceedings of the 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, KIT Scientific Publishing, 2012, 309–315
- [33] Frenzel, M., Eger, T., Curbach, M.: Numerical investigation of two-way layered lightweight concrete slabs; in IASS 2015, KIVI (ed.), Proceedings of the IASS Symposium 2015, paper no. IASS2015-521562, 12 p., (published on USB stick)
- [34] Frenzel, M., Curbach, M.: Tragverhalten von geschichteten Deckenelementen aus Normal- und Porenleichtbeton; Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), 12, 828–839 – DOI: 10.1002/best.201600060
- [35] DIN EN ISO 6892-1:2009-12, Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2009), Deutsche Version EN ISO 6892-1, Beuth, 2009
- [36] Herrmann M.: Gradientenbeton – Untersuchungen zur Gewichtsoptimierung einachsiger biege- und querkraftbeanspruchter Bauteile; Dissertation, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart, 2015 – <http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/651>
- [37] Farwig, K., Curbach, M.: Durchstanzen von punktgestützten Deckenplatten – Optimierungspotenzial bei ebenen Flachdecken nach dem Ansatz form follows force; Beton- und Stahlbetonbau 114 (2019) 5, 286–295 – DOI: 10.1002/best.201800110

# Die Hochmoselbrücke: Brückenschlag der Superlative und Jahrhundertbauwerk zukunftsweisender Ingenieurskunst Beim Einschub des Stahlüberbaus waren in der Planung und Ausführung komplexe Anforderungen zu beherrschen

Die Hochmoselbrücke, die seit drei Jahren im Landkreis Bernkastel-Wittlich die Mosel überquert, gehört zweifelsohne zu den ingenieurtechnischen Jahrhundertbauwerken. Sie galt während ihrer achtjährigen Bauzeit als größtes Brückenbauprojekt in Europa und ist mit ihrer maximalen Höhe von 158 Meter die zweithöchste Brücke Deutschlands. Sie führt die Bundesstraße 50 mit vier Fahrstreifen und zwei Standstreifen von der Eifel über das tief eingeschnittene Moseltal zwischen Ürzig und Zeltingen-Rachtig direkt in den Hunsrück. Die Brücke ist als 1702,35 Meter lange Balkenbrücke mit einem stählerne Überbau und einer 29 Meter breiten orthotropen Fahrbahnplatte konstruiert. Über die Planung, Montage und Herstellung dieser Brücke wurde vielfach und ausreichend berichtet, beispielsweise in [1] und [2]. In diesem Beitrag werden bisher noch nicht veröffentlichte Arbeitsschritte beschrieben, die im Zusammenhang mit dem Einschubvorgang des Überbaus stehen. Dies betrifft beispielsweise die Verformungsmessungen am Bauwerk während des Verschubes, die Beulnachweise, die Pylonbemessung und diverse schwierige Schwingungsprobleme.

## 1 Einführung

Das Bauwerk wurde im Zuge des Neubaus der B 50neu bei Ürzig/Zeltingen errichtet und überspannt das Moseltal in einer Höhe von etwa 160 Meter. Sie hat bei einer Breite von 29 Meter eine Gesamtlänge von 1702,35 Meter. Die Widerlager wurden als kastenförmige, zurückgesetzte Widerlager mit drei Geschossen und Wartungsgängen ausgebildet. Die Brückenpfeiler bestehen aus einem einzelligen Hohlquerschnitt aus Stahlbeton und variieren je nach Standort von 20,78 Meter in der Achse 1 bis 150,72 Meter in der Achse 4. Der einteilige Überbau ist eine über elf Felder durchlaufende, stählerne Balkenbrücke mit orthotroper Fahrbahnplatte. Die Einzelstützweiten variieren zwischen 104,76 und 209,52 Meter, die Bauhöhe ist entsprechend den Stützweiten von 5,268 bis 7,780 Meter veränderlich (Abb. 1).

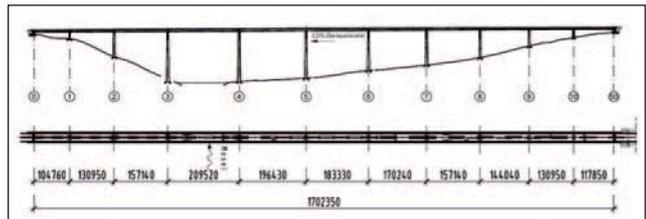


Abb. 1: Ansicht und Draufsicht vom Gesamtbauwerk

Der Querschnitt wird durch einen elf Meter breiten Hohlkasten mit beidseitig angeschlossenen Kragarmen von je 9,00 Meter Länge gebildet. Die Kragarme sind im Abstand von 5,60 Meter vom Hauptträgersteg durch je einen Sekundärlängsträger gestützt, welcher an jedem dritten Querrahmen durch Diagonalstreben gestützt wird (Abb. 2). Der Hohlkasten wird über die im Regelabstand von 4,365 Meter angeordneten Querrahmen ausgesteift. Zusätzlich wird jeder dritte Querrahmen durch Diagonalverbände ausgesteift. In den Stützachsen sind Doppelquerrahmen angeordnet, um die großen Lasten – bei gleichzeitig auftretenden Verschiebungen der Lager – ableiten zu können. An den Enden des Überbaus wurden massive Endquerträger aus Stahlbeton angeordnet.

Der Überbau ist in allen Achsen auf je zwei stählerne Kalottenlager gelagert. In den Achsen 0 bis 2 und 7 bis 50 gibt es jeweils ein quer festes und ein allseits bewegliches Lager. Die Pfeilerachsen 3 bis 6 bilden mit jeweils einem allseits festen und einem allseits beweglichen Lager eine Festpfeilergruppe. Die Festpunktverschiebung infolge der hohen Festpfeiler führt zu erheblichen Längsbewegungen des Überbaus. Um die Dilatation an den Fahrbahnübergängen zu beschränken, wurden Bewegungsbegrenzer an den Widerlagern mit einer Kapazität von  $\pm 550$  Millimeter vorgesehen. Diese sind so justiert, dass sich der Überbau infolge Temperatur zwängungsfrei verformt. Darüber hinausgehende Bewegungen werden durch die beidseitig angeordneten, zug- und druckfesten Bewegungsbegrenzer verhindert.



**Dr.-Ing. Thomas Klähne**  
hat an der TH Leipzig Bauingenieurwesen studiert und promoviert; er ist Prüferingenieur für Metallbau, vom Eisenbahn-Bundesamt anerkannter Prüfsachverständiger für Massivbau, Stahlbau, Verbundbau und Schweißtechnik im Eisenbahnbereich, und er publiziert regelmäßig in Fachzeitschriften des Bauwesens über Themen des Stahlbaus; seit 1999 ist Thomas Klähne Geschäftsführer der Klähne Bung Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH in Berlin.



**Dipl.-Ing. Mike Owusu-Yeboah**  
studierte an der TU Dresden Bauingenieurwesen und schloss 1994 mit Diplom ab; seit 1999 ist er als Objekt- und Tragwerksplaner bei der Klähne Bung Beratende Ingenieure im Bauwesen tätig und hat seitdem zahlreiche Brückengroßprojekte in der Planung wie auch in der bautechnischen Prüfung bearbeitet und als Projektleiter betreut.



**Dr. Gabriel Kubieniec**  
hat an der TU Krakau Bauingenieurwesen studiert und 2009 promoviert; seit 2012 ist er bei der Klähne Bung Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH tätig, seit Mitte 2021 als deren Technischer Geschäftsführer.

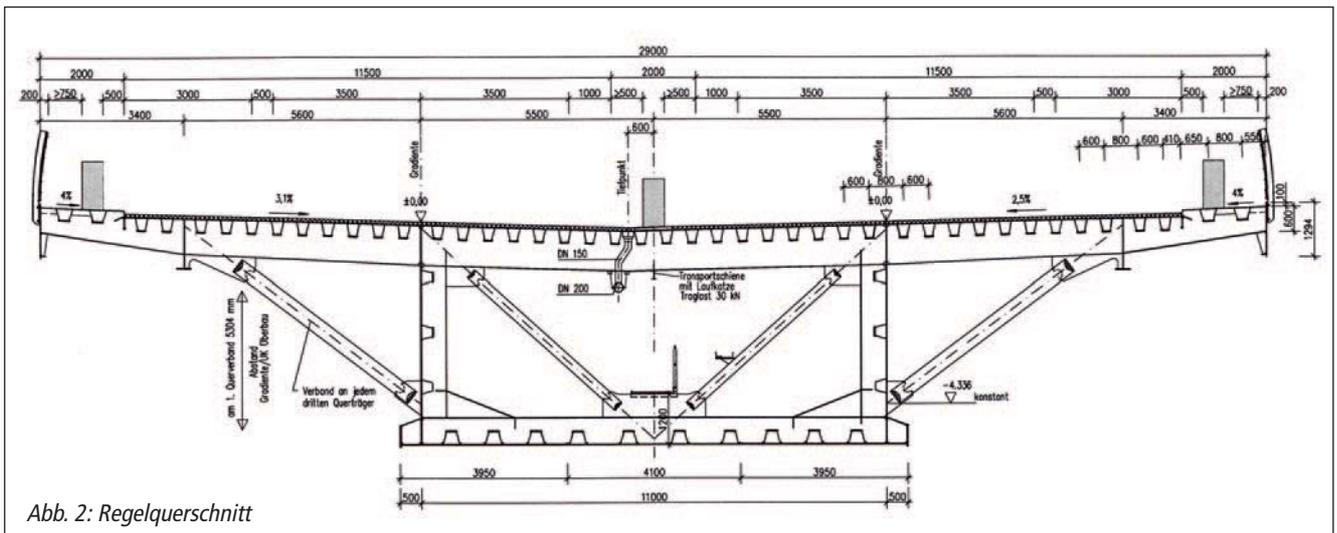


Abb. 2: Regelquerschnitt

## 2 Beschreibung des Einschubvorganges

### 2.1 Verschubphasen

Der Überbau wurde parallel zu der Errichtung der Pfeiler sukzessive auf dem circa 300 Meter langen Vormontageplatz hinter dem Widerlager 50 auf der Seite Hunsrück vorgefertigt und in insgesamt 13 Längverschieben in überhöhter Lage 2,30 Meter über Endlage in seinen endgültigen Zustand verschoben (Abb. 3).

Um das während des Verschubes auftretende Kragmoment des Überbaus zu reduzieren, wurden die ersten vier Schüsse (circa 95 Meter) ohne Auskragungen montiert und zur Steuerung der Biegemomente ein nachstellbarer Pylon montiert.

### 2.2 Verschubwippen und Verschubprinzip

Der Verschub erfolgte über Verschubwippen, die auf den zehn Pfeilern und dem Widerlager Achse 50 eine Länge von fünf Meter (insgesamt  $11 \times 2 = 22$  Wippen) und auf dem Vormontageplatz eine Länge von drei Meter aufwiesen (insgesamt  $5 \times 2 = 10$  Wippen).

Im Regelfall wird ein Längverschub über eine zentrale Steuerung an einem Punkt hinter dem Widerlager gesteuert. Dies bedeutet, dass der Überbau über eine fest mit dem Pfeiler verbundene Wippe schiebt. Wegen der relativ schlanken Pfeiler und der hohen Reibungskräfte beim Verschub hätte dies zu unzulässigen Verformungen infolge der am

Pfeilerkopf angreifenden Reibungskräfte geführt. Deshalb wurde der Verschub an jeder Wippe dezentral gesteuert (Abb. 4). Damit wurde sichergestellt, dass während des Verschubs die auftretenden Reibungskräfte über den Wippen kurzgeschlossen und damit keine Horizontalkräfte auf die Pfeiler abgegeben wurden. Das Verschubprinzip wurde an dem Millau-Viadukt erprobt [3] und für die Hochmoselbrücke modifiziert und patentiert.

### 2.3 Randbedingungen für den Verschub

Für den Verschub wurden Randbedingungen formuliert, die von der Baufirma formuliert worden waren:

- Maximale Auflagerkräfte infolge Eigengewichts auf den Wippen des Vormontageplatzes: 20 MN,
- maximale Kragarmverformung beim Erreichen eines Pfeilers: 1,50 Meter,
- maximale Nachstellkapazität an einer Wippe in der Höhe: 0,80 Meter,
- maximale Seilkräfte infolge Eigengewichts: 22000 kN,
- minimale Seilkräfte infolge Eigengewichts: 2000 kN,
- Reduzierung des Hauptträgermomentes auf das wirtschaftlichste Maß.

Um diese Randbedingungen einzuhalten, standen Höhennachstellmöglichkeiten an den Wippen des Vormontageplatzes sowie am Pylon

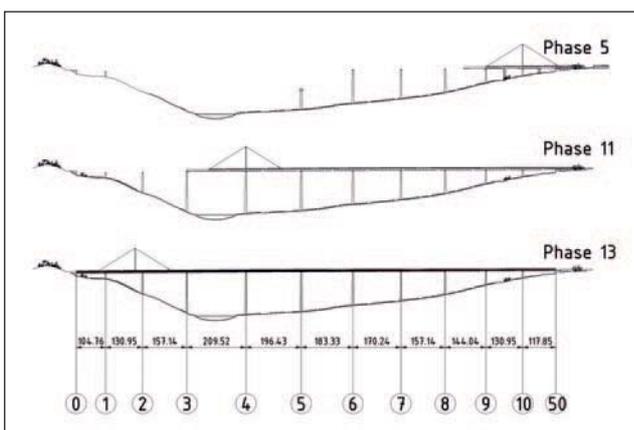


Abb. 3: Verschubphasen

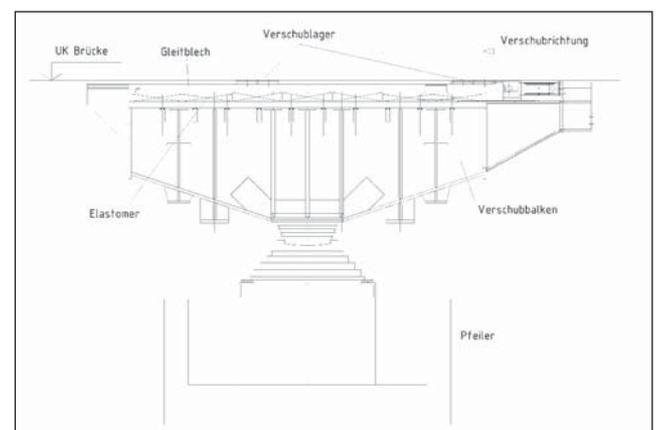


Abb. 4: Wippen auf den Pfeilern

# BRÜCKENBAU

zur Verfügung. Es mussten daher unter Berücksichtigung der exakten Eigengewichtsverteilung und der spannungslosen Werkstattform iterative Berechnungen durchgeführt werden, um diese Randbedingungen einzuhalten. So wurden die Höhennachstellmaße in den Iterationen variiert, um im Ergebnis für alle Verschubzustände die Auflagerlasten auf dem Vormontageplatz auf den Wippen einzuhalten und eine optimale Ausnutzung des Brückenquerschnittes bei Einhaltung der maximalen Kragarmverformungen zu erreichen.

## 3 Grundsätzliche Fragestellungen

Die wesentlichen Themenkomplexe, die bei der technischen Bearbeitung der Montage aus Sicht des Tragwerksplaners zu beantworten waren, sind folgende:

- Welchen Einfluss hat die Vielzahl der statischen Systeme während des Verschubs auf die Schnittkraftverteilung des Überbaus und die Auflagerkraftverteilung für die Wippen und wie kann diese positiv beeinflusst werden?
- Wie können die Beulnachweise für die Längsbleche (Stege und Untergurte) für die Vielzahl der Beanspruchungskombinationen sinnvoll und wirtschaftlich geführt werden? Gibt es Möglichkeiten, darauf konstruktiv im Voraus zu reagieren?
- Wie ist die Spannungsverteilung in den Stegen über den Wippen infolge der Interaktion der Steifigkeiten Wippe/Überbau anzunehmen? Dies hat einen wesentlichen Einfluss auf die Stegblechdicken.
- Sind Schwingungsprobleme während der Montage für den Überbau oder das gekoppelte System von Pylon und Abspannungen zu erwarten und wie können diese gelöst werden?

## 4 Auswirkungen des Einschubvorgangs auf die Bemessung des Brückenbauwerkes

### 4.1 Einwirkungen für den Einschubvorgang

Für den Einschubvorgang wurden die folgenden Einwirkungen angesetzt:

- Ständige Einwirkungen (Eigenlasten des Überbaus, Pylons und der Abspannungen),
- Verkehrseinwirkungen: 1 kN/m<sup>2</sup> für Haltezustände, 0,5 kN/m<sup>2</sup> für Verschubzustände,
- Baugrundbewegungen,
- Abtriebslasten aus Schiefstellung der Pfeiler,
- Windeinwirkungen (Komponenten  $w_x$ ,  $w_z$ ,  $m_T$ )
- Temperatureinwirkungen,
- Lagerreibung ( $\mu = 4\%$ )

### 4.2 Modellierung Gesamtsystem Bauzustand

Wegen der elastischen Kopplung des Überbaus mit den Pfeilern 3 bis 6 wurde die globale Tragwirkung des Brückenbauwerkes mit einem Gesamtmodell untersucht, das neben dem Überbau auch die Pfeiler und Pfeilergründungen einschloss. Überbau und Pfeiler wurden im Gesamtmodell mittels Stabzügen modelliert (Einstabmodell). Die Stäbe wurden mit den entsprechenden Querschnittseigenschaften in alle Richtungen belegt, die Berechnung erfolgte am räumlichen Stabwerksmodell.

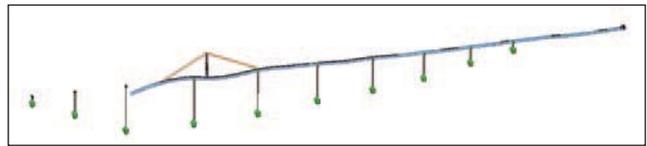


Abb. 5: Visualisierung Gesamtmodell Montage/Verschub (verschobener Zustand)

Die Berechnung des Überbaus in den Bauzuständen erfolgte an einem statischen Modell, das aus dem Gesamtmodell des Endzustandes abgeleitet worden war (Abb. 5). Mit dem Gesamtmodell war eine ganzheitliche Betrachtung des Tragsystems der Brücke auch in den Bauzuständen möglich.

Das verwendete Programmsystem SOFiStiK ermöglicht es, Teile des Stabtragwerkes um einen vorgegebenen Wert zu verschieben und dann das geometrisch modifizierte Modell erneut zu berechnen.

Zur Simulation des Längsverschubes wurde der Überbau in Schritten von 13,095 Meter (Abstand der Querverbände) vom Taktkeller hinter Achse 50 bis in seine Endlage geschoben. Das Gesamttragwerk wurde für die Ermittlung der Gesamtschnittgrößen rein linear nach Theorie I. Ordnung berechnet. Effekte aus der Theorie II. Ordnung sind beim Gesamttragwerk ausschließlich für die Bemessung der Pfeiler von Bedeutung.

Es ist bei Längsverschieben dieser Größenordnung erforderlich, die Vorverformungen des Überbaus durch seine spannungslose Werkstattform mit abzubilden, da infolge der nicht geraden Stabzüge beim Verschieben nennenswerte Schnittgrößen entstehen, die nicht zu vernachlässigen sind. Dies erfolgte auch hier.

In dem statischen Modell sind die Verschublager im Taktkeller sowie die zum Einsatz kommenden Montagebehelfe (Pylon mit Abspannungen) abgebildet. Die Behelfe sind nicht als Einzelstäbe, sondern entsprechend ihrer tatsächlichen Geometrie als räumliche Stabtragwerke berücksichtigt, womit auch die Einzelstäbe der Pylone beziehungsweise die Seilabspannungen bemessen werden können.

Der Pylon mit den Abspannungen wurde während des Taktchiebeverfahrens zur Steuerung der Hauptträgermomente im Kragarmbereich verwendet. Ohne die Verwendung des Pylons würden sich Kragarmmomente erheblicher Größenordnungen einstellen, die durch die Querschnittsdimensionen nicht aufnehmbar wären. Durch die Anordnung des Pylonsystems wurden die auftretenden Kragarmmomente reduziert. Die Wirkungsweise ist in Abb. 6 für den Fall der maximalen Kragarmlänge in Feld 4 dargestellt. Die Überbaulager konnten im statischen Modell achsweise deaktiviert werden. Damit wurden besondere Situationen wie abhebende Lager oder nicht aufsetzende Lager an der Vorbauspitze simuliert.

Nach erfolgter Vorbemessung im Endzustand und Bestimmung einer groben Materialverteilung zeigte sich in den Montageberechnungen, dass die Schnittkräfte aus der Montage in vielen Schnitten bemessungsmaßgebend wurden. Die Querschnittsabmessungen mussten infolgedessen geändert werden und mit den neuen Querschnittsabmessungen eine erneute Schnittkraftberechnung erfolgen. Dabei mussten sowohl die Vergleichsspannungsnachweise als auch die Spannungsabminderung infolge Beulens im Auge behalten werden – und dies bei wechselnden Querschnittswerten infolge der Änderung der mitwirkenden

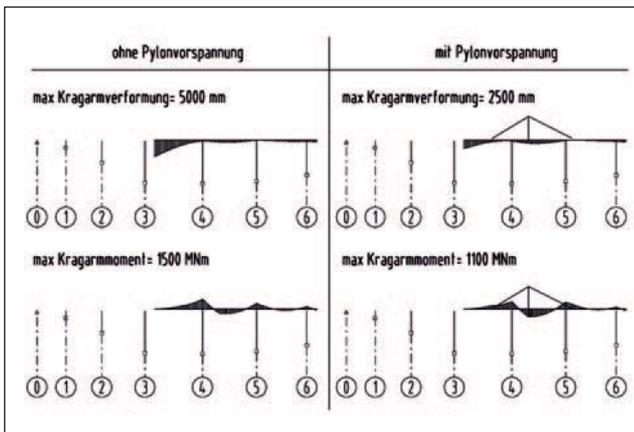


Abb. 6: Einfluss der Pylonvorspannung

den Breiten. Diese iterative Berechnung erfolgte mehrfach, das System schaukelte sich hoch: Mit immer größeren Blechdicken und damit größerem Eigengewicht entstanden immer größere Biegemomente. Dem konnte erst mit der Entscheidung abgeholfen werden, die Stahlgüte S460 anstelle S355 im maßgebenden Bereich zu verwenden und damit größere Tragfähigkeiten zu erhalten.

Zusätzlich war es erforderlich, die oben genannten Randbedingungen einzuhalten, die ebenfalls zu einem iterativen Berechnungsprozess führten. Dies waren vor allem die Variation der Vorspannkräfte am Pylon und die Höhenanpassungen der Wippen auf dem Vormontageplatz während der ersten Einschubphasen.

Zusätzlich kam es wegen der hohen rechnerischen Windbelastungen auch zu abhebenden Kräften von Lagern in mehreren Lagerachsen.

Hierzu wurden die Berechnungen innerhalb der Iterationen an einem System veränderlicher Gliederung geführt, wobei im Moment des Abhebens das System derart geändert wurde, dass das Lager ausgeschaltet, mit dem neuen System weitergerechnet und nach Aufbringen der Gesamtbelastung die Schnittgrößen und Auflagerkräfte superponiert wurden.

#### 4.3 Schnittkraftverteilungen, Auflagerkraftverteilungen

In Abb. 7 sind die maximalen und minimalen Biegemomente im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Endzustand und für die Bauzustände dargestellt. Im Bereich zwischen den Pfeilerachsen 1 bis 3 zeigt sich der deutliche Einfluss der maximalen Auskragung des Überbaus im Bauzustand kurz vor Erreichen der Überbauspitze bei Pfeilerachse 3. Die Auskragung beträgt ungefähr 209 Meter. Aber auch in den Abschnitten zwischen den Achsen 3 bis 10 zeigt sich, dass durch den Schub, bei dem jeder Querschnitt sowohl positive als auch negative Momente erfährt, Schnittkräfte entstehen, die größer sind als die Schnittkräfte im Endzustand.

In Abb. 8 ist die Auflagerkraftverteilung in vertikaler Richtung infolge Eigengewichts über die Brückenlänge gezeigt. Dabei ist über jedem Querschnitt die jeweils maximale Auflagerlast in diesem Querschnitt während des Verschubes über einem Verschlager dargestellt. Wie zu erkennen ist, wachsen diese Auflagerkräfte von Achse 50 bis circa 200 Meter an, fallen dann ab und verbleiben in Richtung Achse 0 annähernd konstant. Sie widerspiegeln damit recht gut den Einschubprozess. Aus diesen maximalen Auflagerkräften entstanden vor allem örtliche Spannungen in den Stegen, die für die Nachweisführung gegen das Beulen maßgebend waren.

In Abb. 9 wird die Auflagerkraftverteilung in horizontaler Richtung infolge Windbelastung über die Brückenlänge gezeigt. Dies widerspie-

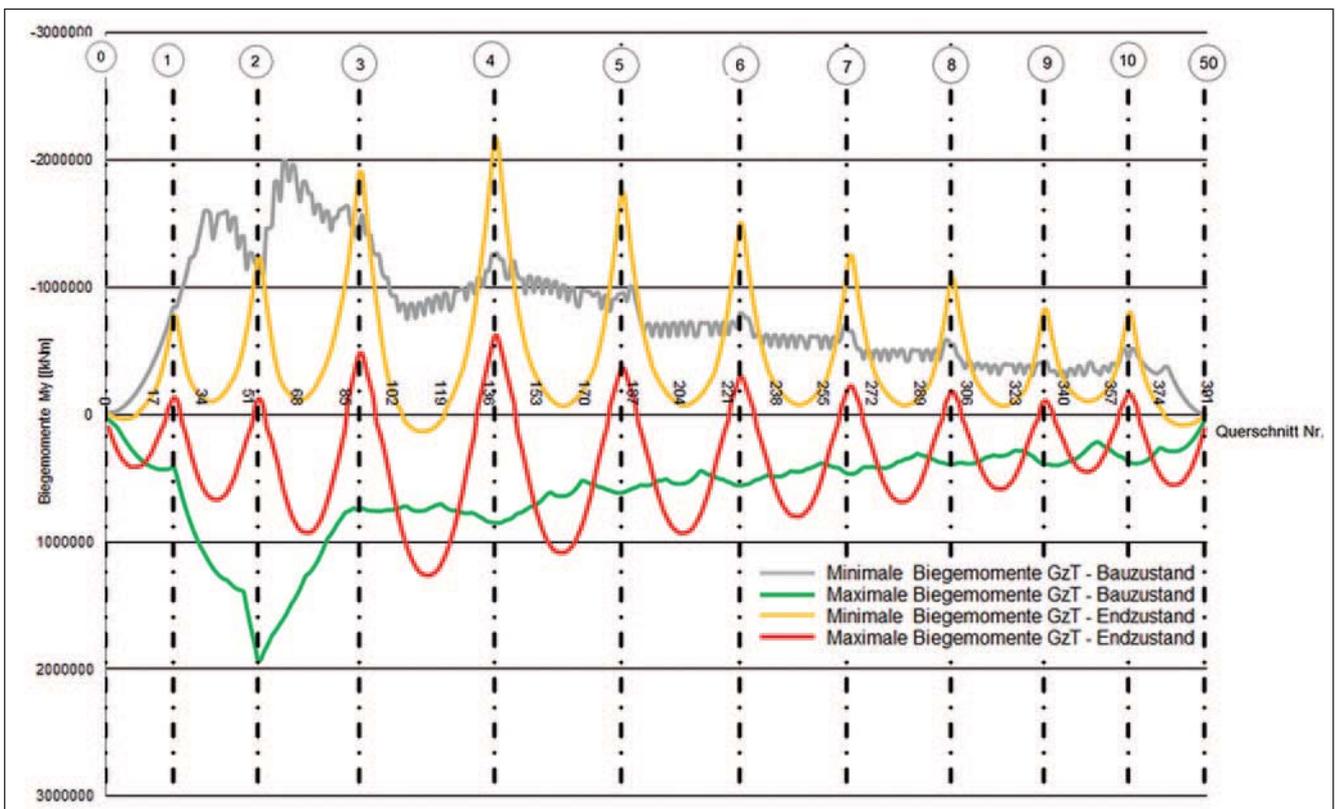


Abb. 7: Maximale und minimale Biegemomente im Bau- und Endzustand

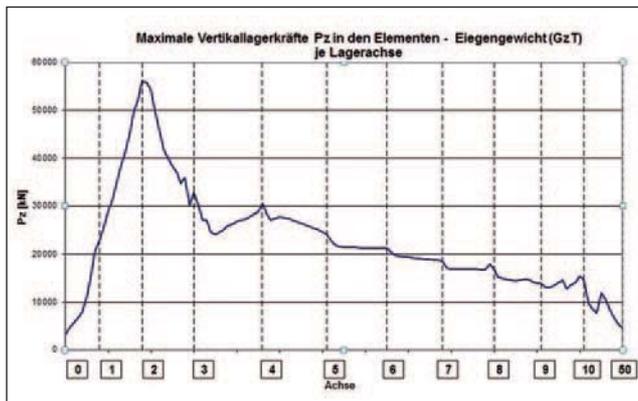


Abb. 8: Auflagerkraftverteilung in vertikaler Richtung infolge Eigengewichts

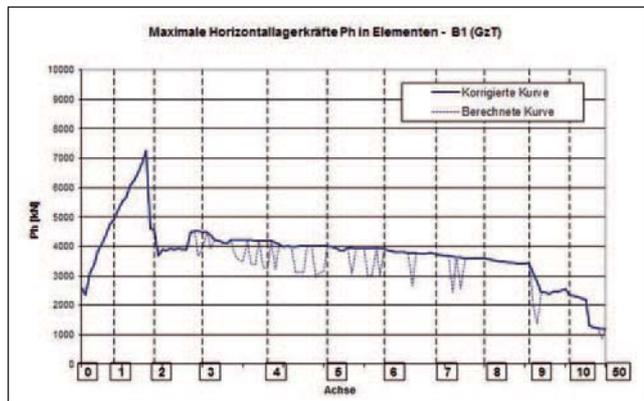


Abb. 9: Auflagerkraftverteilung in horizontaler Richtung infolge Windbelastung

gelt die Verschiebphase mit dem längsten Kragarm, der Knick in der Verteilung entsteht genau dann, wenn der Kragarm Achse 3 erreicht und damit ein weiteres Horizontallager in Achse 3 aktiviert wird.

## 4.4 Interaktion Wippen – Überbau

### 4.4.1 Vorbetrachtungen

Die Interaktion zwischen dem Überbau und der Verschiebwippe wurde im Vorfeld anhand eines Faltwerkmodells aus FE-Flächenelementen studiert (Abb. 10). Das Modell besteht aus einem Brückenquerschnitt mit einer Höhe von 6,95 Meter sowie der Wippe mit ihrer exakten Geometrie, die mithilfe weicher Federerlemente gekoppelt sind. Die Federn bilden die Elastomerlager zwischen Überbau und Wippe ab und können Druckkräfte, Querkräfte und Biegemomente übertragen. Die Untersuchungen wurden für Wippen mit drei Meter Länge (Vormontageplatz) und fünf Meter Länge (Widerlager und Pfeiler), variablen Stegdicken und variablen Kompressionsmodulen der Elastomere in Abhängigkeit von der Temperatur geführt. Im Ergebnis zeigte sich, dass bei geringeren Überbausteifigkeiten (dünnen Stegen) und weichen Elastomeren die Lastverteilung über den Verschieblagern nahezu konstant ist. Bei hohen Überbausteifigkeiten (dicken Stegen) und harten Elastomeren ist die maximale Spannung circa 30 Prozent höher als bei einer Gleichlast. Bei den langen Wippen ist dieser Effekt deutlich stärker ausgeprägt. Die Querspannungsverteilung zeigt sich exemplarisch für die genannten Fälle in Abb. 11.

Die Druckzwiebel im Steg ist in Abb. 12 dargestellt; hier sind die noch auftretenden Spannungen über die Höhe bei einer am Untergurt normierten Belastung von 100 Prozent Gleichlast gezeigt. So ergibt sich

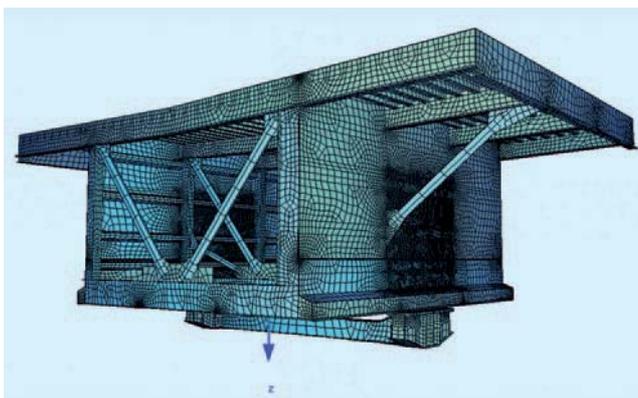


Abb. 10: Faltwerkmodell Interaktion Wippe – Überbau

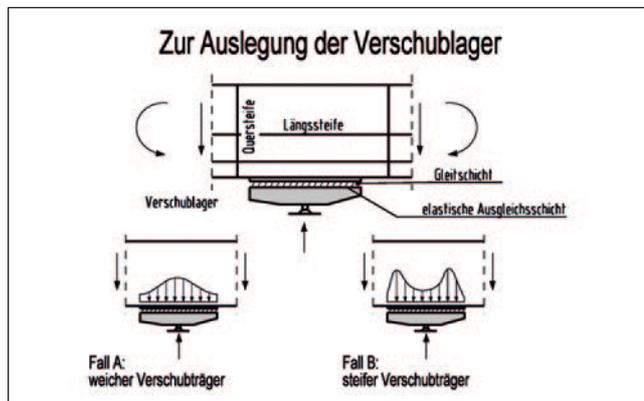


Abb. 11: Querspannungsverteilung in Abhängigkeit von den Steifigkeiten

beispielsweise bei der Steife 1 noch eine Spannung von circa 65 Prozent.

Um die erhöhten Querspannungswerte zu berücksichtigen, wurden aus der Spannungsverteilung über die Höhe und mit den Einflüssen aus den unterschiedlichen Steifigkeitsverhältnissen zwischen Wippe und Überbau entsprechende Vergrößerungsfaktoren entwickelt, mit denen die Spannungsverteilung in den Stegen oberhalb der Wippe angepasst (vergrößert) wurde. Diese sind beispielsweise für die fünf Meter lange Wippe in Tabelle 1 dargestellt.

### 4.4.2 Messungen am Bauwerk

Um die Berechnungsannahmen zu überprüfen, wurden verschiebbleitende Messungen durchgeführt [4]. Ziel der Untersuchungen waren Erkenntnisse über die Verteilung der Querspannungen in den Stegblechen und über die seitliche Auslenkung der Stegbleche über den Verschiebwippen während des Verschiebvorgangs.

Die Messungen zur Ermittlung der Querspannungsverteilung wurden am südlichen HT-Steg an Innen- und Außenseite mit temperaturkompensierten Dehnungsmessstreifen (DMS) bei zwei Schüssen (Schuss 14 oberhalb der Verschiebstation V14 in der Verschiebphase V3.03 sowie Schuss 6 oberhalb des Widerlagers Achse 50 in der Verschiebphase V3.05) durchgeführt. Die gemessenen Dehnungen wurden in Spannungen umgerechnet. Zur Ermittlung von spannungslosen Dehnungsanteilen wurden zusätzlich Thermolemente eingebaut. Bei der Umrechnung der Dehnungen in Spannungen wurden die spannungslosen

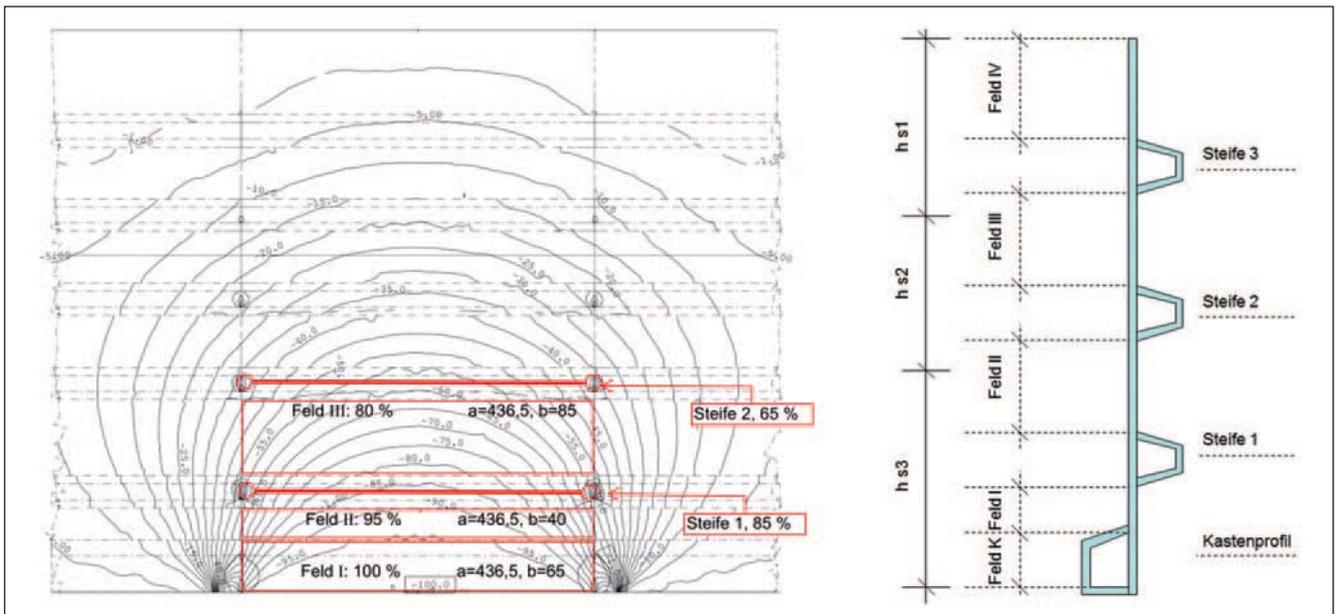


Abb. 12: Druckzwibel über der Wippe

Dehnungen herausgerechnet. Durch die kontinuierliche Datenaufzeichnung lässt sich eine Messgrößen-Zeit-Beziehung herstellen. Zu Beginn der Messungen befand sich die Brückenspitze vor dem Brückenpfeiler in Achse 10.

Die Verteilung der Dehnmessstreifen und Thermoelemente ist exemplarisch für Schuss 6 in **Abb. 13** dargestellt.

Um die seitliche Auslenkung der Stegbleche zu ermitteln, wurden an den Messstellen sechs Wegmesser gemäß **Abb. 14** angebracht.

Im Ergebnis der Auswertung der Messergebnisse können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Für die Wippen mit drei und fünf Meter Länge überschritten die gemessenen Werte der Querspannungen an keiner Stelle die bei den Beulnachweisen angenommenen Querspannungen.
- Der Verlauf der gemessenen Querspannungen bei der Verschwippe mit drei Meter Länge (Schuss 14) stimmt qualitativ mit dem in DIN EN 1993-1-5 vorgegebenen Verlauf gut überein.
- Bei der Verschwippe mit fünf Meter Länge (Schuss 6) weicht der gemessene Querspannungsverlauf von dem in DIN EN 1993-1-5 vorgegebenen Verlauf ab. Die Abweichung ist dann deutlich sichtbar, wenn sich die DMS-Reihe über der vorderen oder der hinteren Kante der Verschwippe befindet. Die gemessenen Querspannungen blieben aber deutlich kleiner als die Spannungen, die bei den Beulnachweisen angenommen worden sind.
- Die bei dem Schuss 14 gemessenen Horizontalverschiebungen erreichen einen maximalen Wert von drei Millimeter und sinken fast auf null Millimeter am Ende des Verschwippvorgangs. Bei dem Schuss 6 sind zwei maximale Werte während des Verschwippvorgangs sichtbar. Die maximale Horizontalverschiebung beträgt 2,6 Millimeter. Diese Werte sind dann deutlich sichtbar, wenn sich die Wegmesserreihe über der vorderen oder hinteren Kante der Verschwippe befindet.
- Die Berücksichtigung der im Vorfeld ermittelten Laststeigerungsfaktoren für die Verteilung der Querdruckspannungen bei den Beulnachweisen der Stege, führt bei der Verschwippe mit drei Meter Länge zu einer ausreichenden Bauteilsicherheit. Bei der Verschwippe mit fünf Meter ist dies bis auf das Beulfeld III auch der Fall; bei Beulfeld III ergeben sich höhere Laststeigerungen.

	Spannung unter Gleichlast %	Laststeigerungsfaktor (SF) neu		anzunehmende Bemessungsspannung in Prozent	
		$t_{\text{Blech}} \geq 40 \text{ mm}$ –	$t_{\text{Blech}} < 40 \text{ mm}$ –	$t_{\text{Blech}} \geq 40 \text{ mm}$ %	$t_{\text{Blech}} < 40 \text{ mm}$ %
Steife 3	35	1,00	1,00	35	35
Feld IV	50	1,00	1,00	50	50
Steife 2	60	1,05	1,00	63	60
Feld III	80	1,10	1,05	88	84
Steife 1	85	1,15	1,10	98	94
Feld II	95	1,20	1,15	114	109
Feld I	100	1,30	1,20	130	120

Tabelle 1: Laststeigerungsfaktor über die Steghöhe

# BRÜCKENBAU

## 4.4.3 Berechnungen nach Theorie II. Ordnung

Auf der Grundlage der gemessenen Imperfektionen des Steges wurden Berechnungen nach Theorie II. Ordnung mit dem Ziel geführt, die Beulsicherheitsnachweise unter Berücksichtigung der real während der Montage entstandenen Vorverformungen des Steges zu verifizie-

ren. In Abb. 15 ist die Aufnahme der Querverformungen (elf Schnitte mit je zehn Meßpunkten) dargestellt. Die gemessenen Imperfektionen sind unregelmäßig und numerisch nicht exakt umzusetzen (Abb. 16). Um sie annähernd genau abzubilden, wurde eine Beulfigur modelliert, die dem niedrigsten Lasterhöhungsfaktor  $\alpha_{cr}$  entspricht und danach

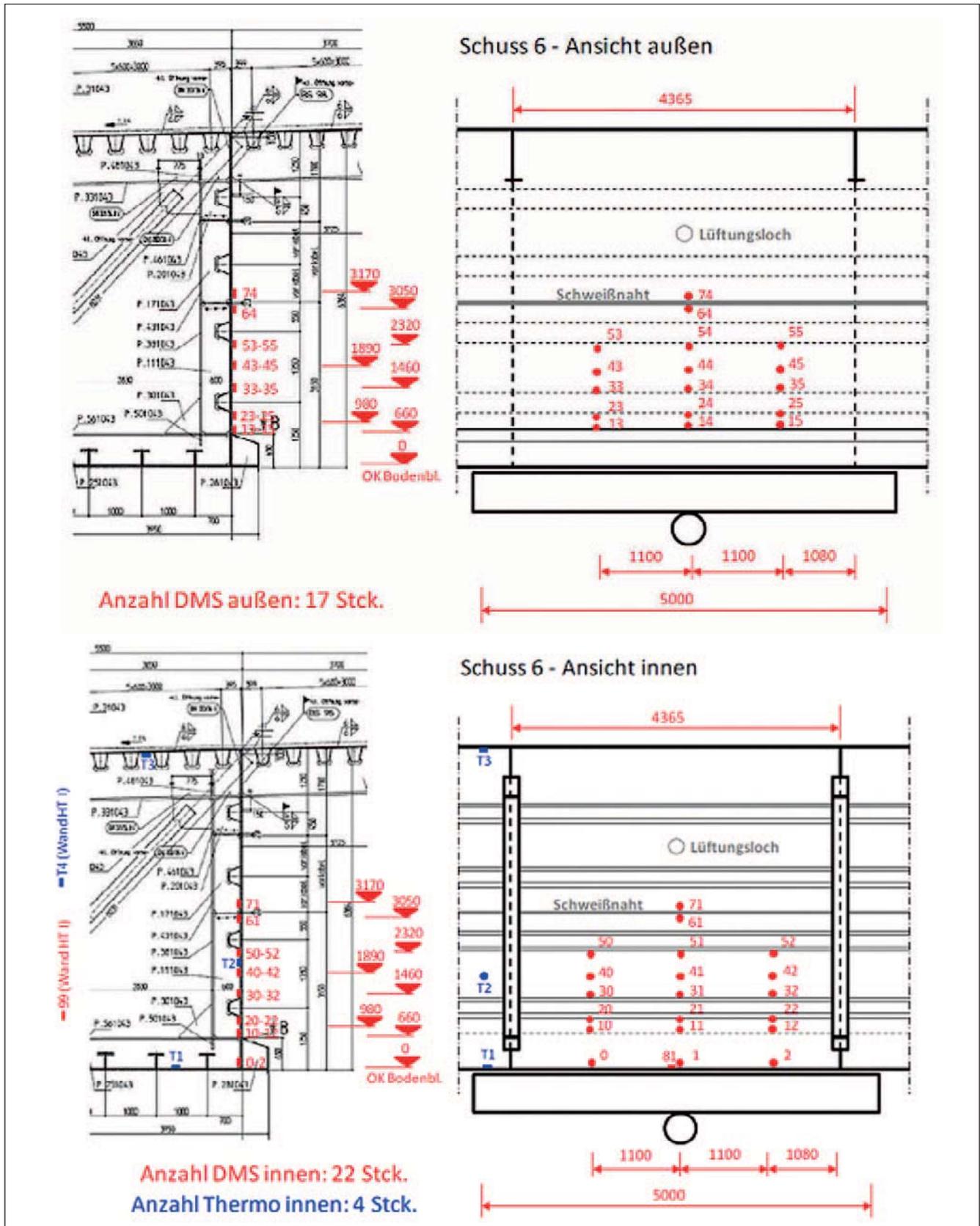


Abb. 13: Anordnung der Messelemente am Hauptträgersteg Schuss 6 [4]

mit einem Vergrößerungsfaktor skaliert, der zu den maximal gemessenen Imperfektionen in Höhe von zwei Millimeter führt (Abb. 17). Die nachfolgenden Berechnungen erfolgten dann nach Theorie II. Ordnung am verformten System.

Zum Vergleich wurden den numerisch ermittelten Werten die Spannungen gegenübergestellt, die sich aus dem analytischen Modell gemäß DIN EN 1993-1-5 ergeben. Der Vergleich zeigt, dass sich die ermittelten Werte deutlich unter den analytischen Werten befinden, die bei den Beulnachweisen verwendet wurden. Der Vergleich dieser Werte für den Schnitt 6 wird in Abb. 18 graphisch dargestellt.

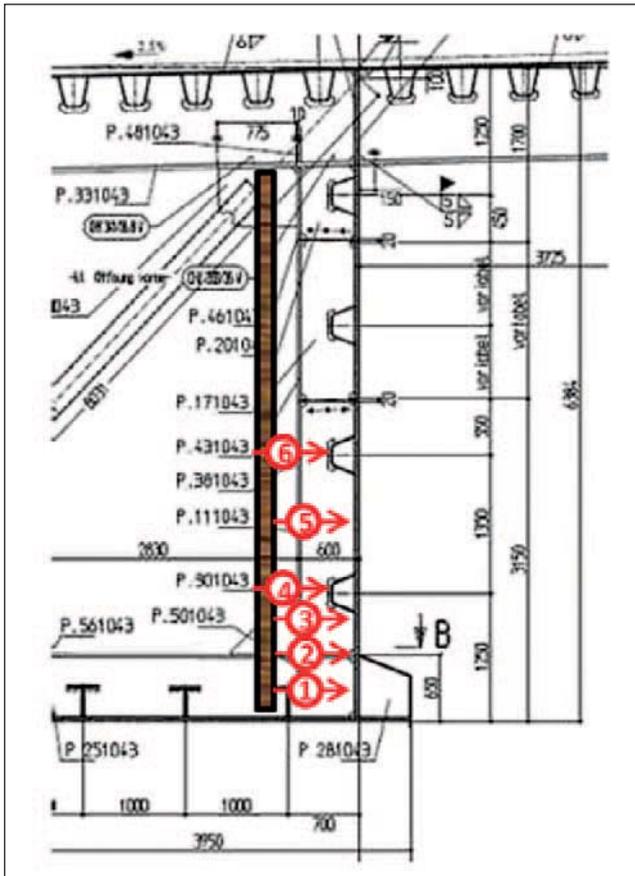


Abb. 14: Anordnung zusätzlicher Wegmesser, Schuss 6 [4]

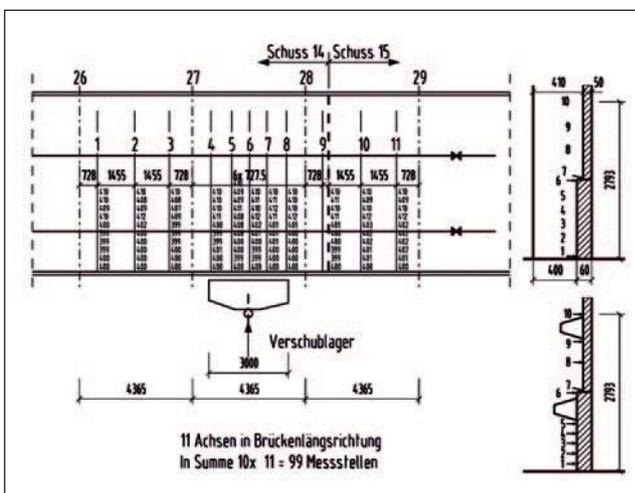


Abb. 15: Gemessene Vorverformungen am Steg [4]

Zur Vervollständigung der numerischen Untersuchungen wurden ebenfalls Berechnungen gemäß Theorie I. Ordnung durchgeführt. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen nach Theorie I. und II. Ordnung zeigt, dass sich aufgrund der vorhandenen Vorimperfektionen ein maximaler Zuwachs der Querspannungen von sieben Prozent ergibt.

#### 4.4.4 Beulnachweise

##### 4.4.4.1 Notwendige Nachweise

In den Bauzuständen mussten neben den Spannungsnachweisen die Beulnachweise für alle Längsbleche geführt werden, wobei die Hauptträgerstege und die Untergurte infolge des Verschubs zusätzliche Beanspruchungen erfahren. Die Nachweise wurden für alle Längsbleche (Abb. 19) in folgenden Schritten geführt:

- Angabe der maßgebenden Spannungswerte aus der ungünstigen LF Kombination,
- Nachweis der unausgesteiften Einzelfelder mit Berücksichtigung des knickstabähnlichen Verhaltens,
- Nachweis der ausgesteiften Teilfelder mit Berücksichtigung des knickstabähnlichen Verhaltens,
- Nachweis der Gesamtfelder durch Tragfähigkeitsnachweise der Querrahmen,
- Stabilitätsnachweis der Steifen nach Theorie II. Ordnung.

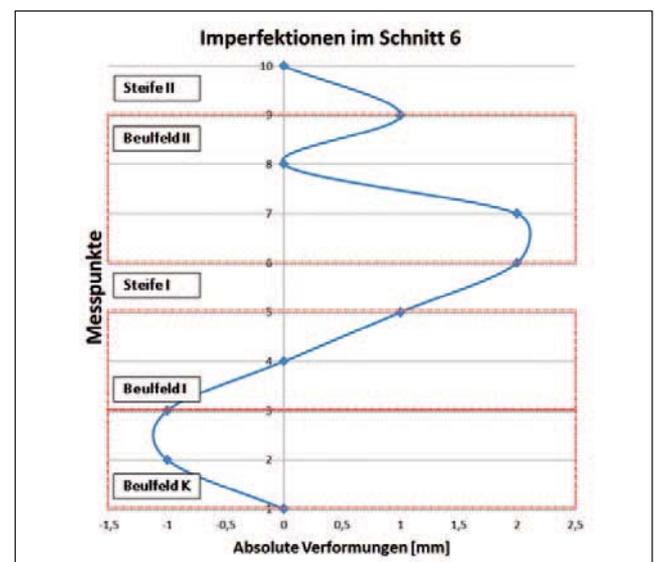


Abb. 16: Gemessene Verformungen in dem Schnitt 6

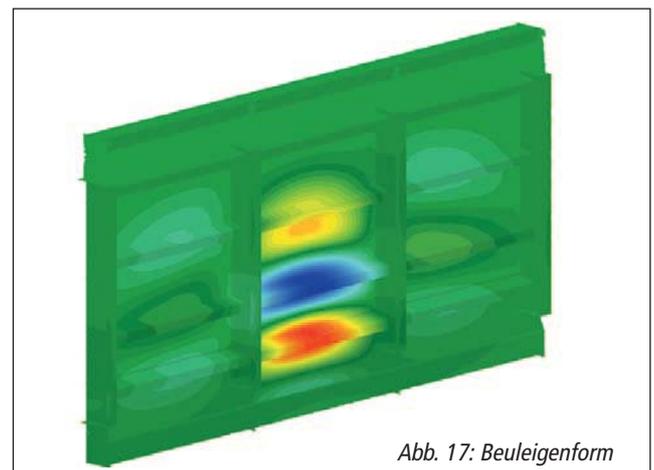


Abb. 17: Beuleigenform

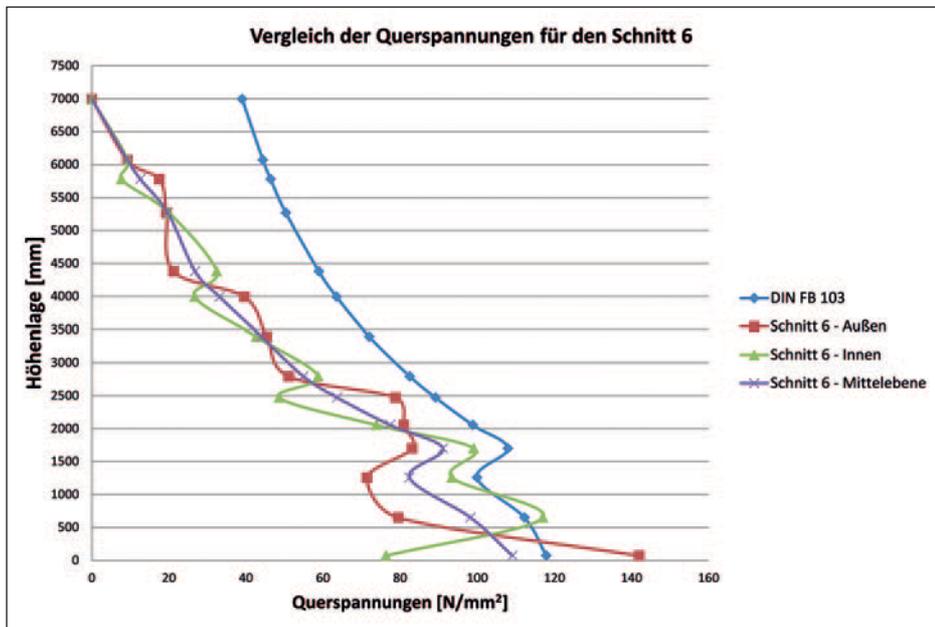


Abb. 18: Vergleich zwischen den numerisch ermittelten und den analytischen Werten der Querspannungen

Die Nachweisführung der Felder erfolgte auf der Grundlage der linear-elastischen Beultheorie nach Gleichung (1), wobei die Interaktionsgleichung durch den Faktor V nach Gleichung (2) ergänzt wurde, der die abnehmende Beulsicherheit bei biaxialer Druckbeanspruchung berücksichtigt [5].

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 \cdot V \cdot \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{x,Ed}}{\chi_v \cdot f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 \leq 1 \quad (1)$$

mit

$$V = \rho_x \cdot \rho_z \quad \text{falls } \sigma_{x,Ed} \text{ und } \sigma_{z,Ed} \text{ Druckspannungen; sonst } V = 1 \quad (2)$$

Die Beuluntersuchungen erfolgten für alle Bleche der 390 Querschnitte, die sich jeweils im Abstand der Querträger von a = 4,356 Meter ergaben. Für alle Querschnitte wurden die realen Geometrien sowie die Längs- und Schubspannungen aus den maßgebenden Verschiebuständen zusammengestellt. Zusätzlich wurden die Querspannungen  $\sigma_y$  (für das Bodenblech) und  $\sigma_z$  (für den Steg) in diesen Verschiebuständen berücksichtigt. Die Spannungen  $\sigma_z$  (für den Steg) wurden aus den jeweiligen Auflagerkräften über den Verschiebewippen unter Berücksichtigung der Lasterhöhungsfaktoren gemäß Tabelle 1 (Seite 67) ermittelt.

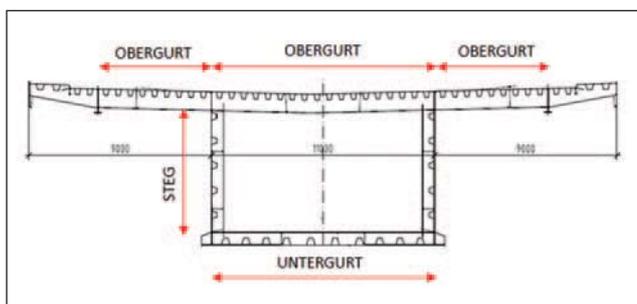


Abb. 19: Unterteilung der Längsbleche

Durch eine Klassifizierung hinsichtlich der geometrischen und der Spannungsverhältnisse war eine Reduzierung der Anzahl der Nachweise möglich.

Für die Bemessung der Längssteifen der Stege und Bodenbleche wurden die Mindeststeifigkeiten und die Abtriebskräfte ermittelt und damit die Nachweise geführt. Anschließend wurden die Gesamtfelder nachgewiesen.

#### 4.4.4.2 Nachweisführung der Stege

Die Beulnachweise für die Stege erfolgten in sechs Schritten (Abb. 20):

Schritt	Verfahren
I, II, III	Nachweis der Einzelfelder I, II, III unter Längs- und Querbeanspruchung
IV	Nachweis des Teilfeldes a × b unter Längs- und Querbeanspruchung
V	Nachweis der Längssteifen unter zugehöriger Längsspannung und Abtrieb aus Querbelastung (äquivalent Quersteife Bodenblech)
VI	Bemessung der Stiele unter Drucklast und Abtrieb aus Längssteifen (Gesamtfeldnachweis)

Die Berechnung der Einzelfelder erfolgte unter Berücksichtigung der Spannungswerte aus der ungünstigen Lastfallkombination. Dabei wurden die Querspannungen gemäß Kap. 4.4.1 berücksichtigt.

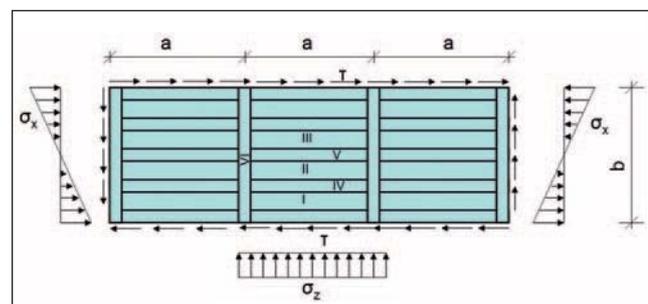


Abb. 20: Beulnachweise mit Schritten I bis VI

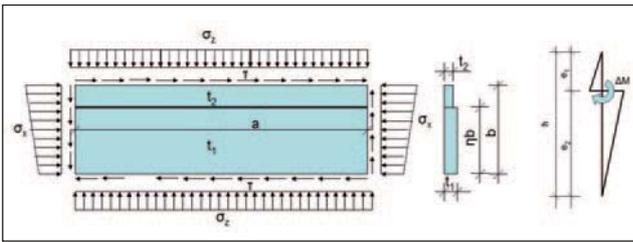


Abb. 21: Zusatzmomente aus Blechdickensprung

Da die Stegdicken aus wirtschaftlichen Gründen über die Bauhöhe abgestuft wurden, entstanden wegen des Blechdickensprungs und des Versatzes der Schwerelinien Zusatzmomente, die bei der Berechnung berücksichtigt werden mussten (Abb. 21).

Die sich aus dem Zusatzmoment ergebenden zusätzlichen Querspannungen  $\sigma_{z, \Delta, \max}$  wurden erfasst, wobei die Effekte aus Theorie II. Ordnung durch Multiplikation mit dem Dischingerfaktor D berücksichtigt wurden. Der vollständige Nachweis wurde dann mit der Gleichung (3) geführt.

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x f_y / \gamma_{M1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z f_y / \gamma_{M1}} + D \cdot \frac{\sigma_{z,\Delta}}{f_y / \gamma_{M1}}\right)^2} - \sqrt{V \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x f_y / \gamma_{M1}}\right) \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z f_y / \gamma_{M1}} + D \cdot \frac{\sigma_{z,\Delta}}{f_y / \gamma_{M1}}\right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w f_y / \gamma_{M1}}\right)^2} \leq 1 \quad (3)$$

$$D = \frac{1 - 0.189 \frac{1}{\alpha_{crit, gesamt}}}{1 - \frac{1}{\alpha_{crit, gesamt}}} \quad (4)$$

Die Berechnung der Teilfelder erfolgte in gleicher Weise, wobei bei der Ermittlung der Beulwerte das knickstabähnliche Verhalten sowie die Steifigkeit der Längssteifen gemäß DIN EN 1993-1-5 berücksichtigt wurden. Um die maßgebenden Spannungsverteilungen zu ermitteln, wurden hierfür zwei verschiedene Lagen der Verschubwippen betrachtet. Dies waren einerseits die Wippen direkt unter dem Teilfeld und andererseits die Wippen neben dem Teilfeld. Um die Nachweise zu reduzieren, erfolgte hier eine Auswahl der maßgebenden Teilfelder, wobei die Auswahl nach den Parametern mit den ungünstigsten Größen erfolgte (kleinste Blechdicke in Stegmitte, größte Steghöhe, kleinste Steifigkeit der Steifen, größten Spannungen im Querschnitt).

#### 4.4.4.3 Nachweisführung der Untergurte

Beim Einschubvorgang der Brücke werden die Lasten im Bereich der Verschubwippe von unten in den Steg eingeleitet. In diesem Fall treten im Bodenblech zusätzliche Querdruckbeanspruchungen auf, die aus der Rahmenwirkung des Hauptträgerquerschnitts erklärbar sind. Die resultierenden Querspannungen erreichen ihre maximalen Werte im mittleren Bereich des Bodenbleches.

Weiterhin werden an den Wippen planmäßige Horizontalkräfte (vorwiegend aus Wind) in das Bodenblech eingeleitet, siehe Auflagerkräfte in Abb. 9. Die daraus entstehenden Querspannungen müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Wegen der abnehmenden Längstragfähigkeit breiter Gurte infolge der Schubverzerrung ist die Dicke des Bodenbleches über seiner Breite ab-

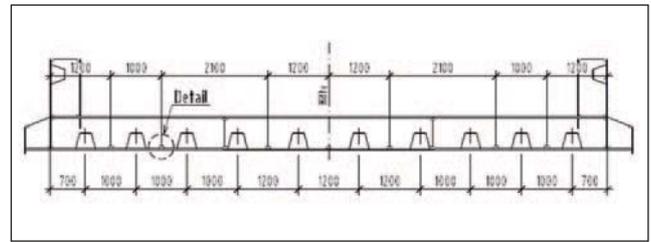


Abb. 22: Blechdickenverteilung im Bodenblech

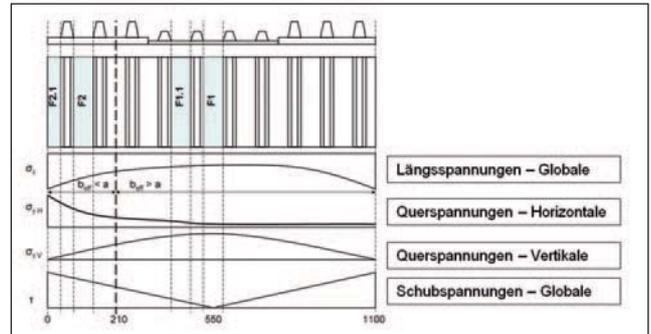


Abb. 23: Spannungsverteilung im Bodenblech

gestuft. Die dickeren Bleche wurden an den Rändern des Bodenbleches, die dünneren Bleche im mittleren Bereich des Bodenbleches angeordnet (Abb. 22). Für die dünneren Bleche spielten diese Querspannungen eine bedeutende Rolle.

Die elastische Querspannungsverteilung in Blechebene wurde gemäß DIN EN 1993-1-5, 3.2.3, Bild 3.4 angenommen.

Die Querspannungen im Untergurt werden vom Lastenleitungspunkt über eine Länge von circa 2,6 Meter eingeleitet und sind danach annähernd gleichmäßig verteilt.

Unter Berücksichtigung aller Spannungsverteilungen ergibt sich ein Belastungsschema für das Bodenblech gemäß Abb. 23.

Die Nachweisführung für die Einzel- und Teilfelder erfolgte wie beim Steg.

#### 4.4.4.4 Nachweisführung der Steifen

Die Nachweise der Längssteifen im Verschubzustand unterscheiden sich wesentlich von den Nachweisen im Endzustand. Grund dafür sind die Querspannungen, die sowohl bei den Stegen als auch bei den Gurten zu berücksichtigen sind. Bei den Stegen sind die örtlichen Auflagerpressungen, bei den Gurten die quergerichteten Spannungen aus Horizontalkräften zu berücksichtigen. Diese Kräfte, die in Blechebene wirken, führen bei einer Imperfektion der Steife zu einer quer gerichteten parabelförmig verteilten Querbeanspruchung, aus der sich quergerichtete Biegemomente und Querkkräfte ergeben (Abb. 24).

Die Längssteifen erhalten damit nicht nur Längsspannungen aus der Haupttragwirkung, sondern auch Querspannungen aus Abtriebskräften. Dementsprechend sind die Steifen mit Druckkraft und Biegung beansprucht und müssen nach Theorie II. Ordnung nachgewiesen werden. Überdies muss das Mindeststeifigkeitskriterium nach DIN EN 1993-1-5, Kap. 9.2 eingehalten werden. Zur Ermittlung der quer gerichteten Abtriebskräfte müssen die entsprechenden Vorverformungen

$w_0$  der Steifen definiert werden. Der Wert der Vorkrümmung ist durch die Normen DIN EN 1993-1-5 und DIN EN 1090-2 unterschiedlich groß vorgegeben und wurde in der Berechnung mit  $w_0 = s/300$  ( $s = \min$  (Abstand der Längssteifen, Länge der Steife)) angenommen. Die hier angesprochene Nachweisführung ist in DIN EN 1993-1-5 nicht enthalten.

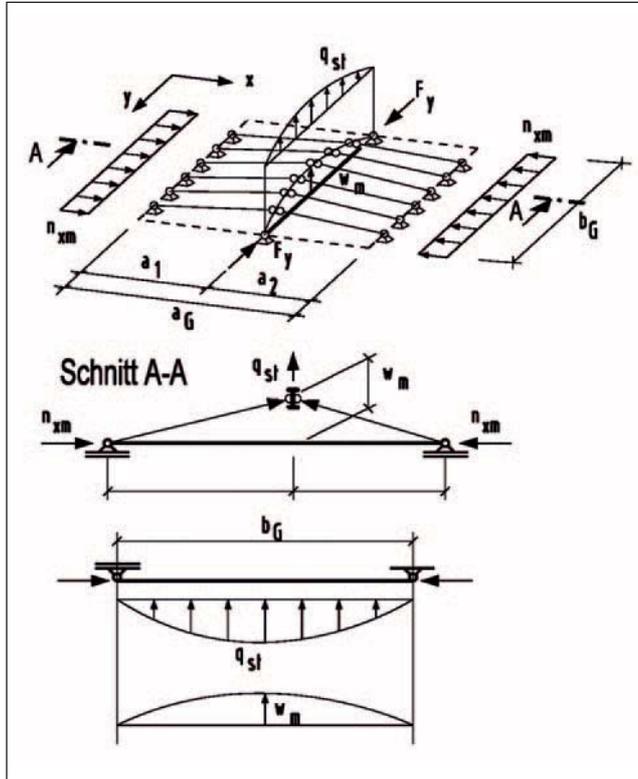


Abb. 24: Querbeanspruchung der Längssteifen (Modell)

Für die Berechnung der Steife nach Theorie II. Ordnung gelten folgende Berechnungsformeln in Verbindung mit Abb. 24.

Für die auf die Quersteife wirkende Abtriebskraft infolge der Vorverformung ergibt sich:

$$q_{st,o} = w_0 \left( n_{xm} \left[ \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right] + F_y \left( \frac{\pi}{b_G} \right)^2 \right) \sin \frac{\pi y}{b_G} \quad (5)$$

Für die Schnittgrößen M und V nach Theorie II. Ordnung folgt:

$$M_{II}(y) = \left( q_{st,o} \frac{b_G^2}{\pi^2} + F_y w_0 \right) \frac{1}{1 - \frac{1}{\eta_{ki}}} \sin \frac{\pi y}{b_G} \quad (6)$$

$$V_{II}(y) = \left( q_{st,o} \frac{b_G}{\pi} + F_y w_0 \frac{b_G}{\pi} \right) \frac{1}{1 - \frac{1}{\eta_{ki}}} \cos \frac{\pi y}{b_G} \quad (7)$$

Vorkrümmung der Quersteife:

$$w_0 = \frac{b_G}{300} \leq \frac{\min a_i}{300} \quad (8)$$

## 5 Pylon und Abspannung

### 5.1 Beschreibung des Systems und der Funktionsweise

Das Pylonsystem bestand aus dem in Achse 2 angeordneten circa 80 Meter hohen Pylon, den Spannseilen mit den Abspannpunkten in Achse 1 und 3 sowie einer am Pylonfuß angeordneten Hilfsstütze, die zum Aufrichten und Absenken des Pylons genutzt wurde (Abb. 25).

Der Pylon wurde pro Seite aus jeweils zwei Rohren  $\varnothing 1626 \times 24$  (28) Millimeter gebildet, die im Abstand von zwei Meter angeordnet wurden. Beide Rohre wurden über die Pylonhöhe alle vier Meter mit geschweißten I-Profilen miteinander verbunden. In Querrichtung wurden die Stiele des Pylons mit einem Verband aus Diagonalrohren ausgesteift. Die gesamte Konstruktion wurde aus Stahl S235 hergestellt.

Den Fußpunkt des Pylons bildete ein Auflagerträger (Abb. 26). Der Auflagerträger wurde als Kastenträger mit Blechdicken von 40 und 80 Millimeter ausgeführt und lag auf einem Linienkipplager, das die freien Überbauverformungen während des Verschubes erlaubt. Zusätzlich waren an den Auflagerträgern Pressenansatzpunkte angeordnet, um den Pylon durch Hochpressen vorspannen zu können.

Am Kopf erfolgte die Verankerung der Abspannung (Abb. 27). Dafür wurde in die geschlitzten Pylonrohre ein Lastaufnahmeblech mit den Hauptabmessungen  $80 \times 5670 \times 4110$  Millimeter eingesetzt. Hier greifen die jeweils vier Abspannungen pro Seite an, welche aus Litzen mit einem Durchmesser von 15,7 Millimeter bestanden. Es wurden circa 150 Kilometer Litzen verwendet. Die maximale Last in den vier Abspannungen betrug circa 32 000 kN/Abspannung.

Die Verankerung der Abspannung in den Achsen 1 und 3 erfolgte an den Spannstationen (Abb. 28). Sie wurden durch ein liegendes Doppel-T mit ausgesteifter Verankerungsplatte  $t = 80$  mm gebildet.

Während des Verschubes konnten die Pylonkraft und die zugehörigen Abspannkraft in den Spannseilen verändert und damit die Feldmomente und Stützmomente im Hauptträger in Grenzen gehalten werden. Dies erfolgte durch eine Vorspannung, die durch Anheben oder Absenken des Pylons am Fußpunkt gesteuert wurde. Hierzu wurden Pressen zwischen Überbau und am Pylon befindlichen Pressenansatzpunkten eingebaut, mit denen das Anhubmaß des Pylons und damit die Höhe der Vorspannung gesteuert werden konnten. Während des gesamten Vorganges kam es zu insgesamt 35 Nachstellaktionen.

### 5.2 Montage und Aufrichten des Pylons

Zunächst wurde der Pylon auf dem vorgefertigten Überbau liegend montiert, der Pylonfuß befand sich in unmittelbarer Nähe der Achse 2. Zum Aufrichten des Pylons wurde am Pylonfuß eine 27 Meter hohe Hilfsstütze gelenkig im Winkel von 90 Grad zum Pylon an den Pylonfuß montiert und temporär abgespannt. Diese Hilfsstütze verblieb während des gesamten Verschubes zur späteren Demontage des Pylons auf dem Überbau. Die Litzen wurden vor dem Aufrichten am Pylonkopf und an der Spannstation Achse 1 verankert und zur Spannstation Achse 3 ausgelegt. Danach wurde der Pylon über ein Drehlager am Pylonfußpunkt mit Litzenhebern der Hilfsstütze (Zugseil 1) bis zu einem Winkel von circa 45 Grad aufgerichtet. Das weitere Aufrichten des Pylons bis in die Endstellung erfolgte mit dem Zugseil 2, welches an der Pylonspitze verankert war und von Achse 3 gespannt wurde. Das Zugseil 2 wird später auch im Endzustand verwendet. Zur Vermeidung eines unkontrollierten Kippens des Pylons wurden ab einem Winkel von 80 Grad an dem unteren Auflagerträger Pressen eingesetzt. Das weite-

© Thomas Klähne



Abb. 25: Pylonsystem, bestehend aus Hauptpylon (stehend) und Hilfsstütze (liegend)



© Thomas Klähne



Abb. 26: Pylonfuß

© Thomas Klähne



Abb. 27: Pylonkopf

© Thomas Klähne



Abb. 28: Abspannung

re Aufrichten erfolgte dann über das Einfahren der Pressen. Nachdem der Pylon aufgerichtet war, wurden die Litzen an der Spannstation 3 verankert und vorgespannt. Das Zugseil 2 wurde freigesetzt, in die Abspannung integriert und analog zu den anderen Litzen gleichmäßig vorgespannt. Danach wurden die Pylonabspannungen gleichmäßig

vorgespannt, indem die Einzellitzen in mehreren Schritten mit jeweils der gleichen Vorspannung der Einzellitzen von 10 kN unabhängig von dem sich ergebenden Durchhang mit einer hydraulischen Vorspannpresse (Litze für Litze) vorgespannt wurden.

Der Aufrichteprozess ist in **Abb. 29a** bis **d** dargestellt.



Abb. 29a: Aufrichteprozess des Pylons im Winkel 22,5 Grad



Abb. 29c: ... im Winkel 60 Grad (Seil 2)



Abb. 29b: ... im Winkel 45 Grad (Seil 1)



Abb. 29d: ... im Winkel 90 Grad

## 5.3 Bemessung des Pylons

### 5.3.1 Bemessungsmodell für den Pylon

Im Gesamtmodell für die Montage wurde der Überbau mit der Hauptkonstruktion des Pylons ohne Modellierung der Konstruktionsdetails abgebildet und die Schnittgrößenermittlung nach Theorie I. Ordnung durchgeführt. Da der Pylon ein druckbeanspruchtes Bauteil ist, müssen die Schnittgrößen des Pylons nach Theorie II. Ordnung berechnet werden. Daher wurde das Hauptsystem für die Berechnung nach Theorie II. Ordnung durch Ansatz der geometrischen Ersatzimperfektionen Vorverformung  $e_0 = L/500 = 160 \text{ mm}$  und Vorkrümmung  $\varphi_0 = 1/400 \times r_1 \times r_2 = 0,00053$  und durch Berücksichtigung des Seildurchhangs bei den Abspannseilen angepasst.

Die Berücksichtigung des Seildurchhangs führt zu einer Nichtlinearität zwischen den Lasten einerseits und den Schnitt- und Verformungsgrößen andererseits. Dies wird rechnerisch durch die Variation des E-Moduls der Seile in Abhängigkeit von der Last vorgenommen und führt zur Verwendung des Tangentenmoduls  $E_t$  der Seile. Er ermittelt sich nach DIN-EN 1993-1-11, Kap. 5.4 zu:

$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{\rho^2 I^2 E}{12 \sigma^3}} \quad (9)$$

Die Ermittlung des Tangentenmoduls erfolgt iterativ für jeden maßgebenden Zustand innerhalb einer Vers Schubphase zwischen zwei Vorspannzeitpunkten. In einer ersten Berechnung wurde der E-Modul für diesen Zustand auf der Grundlage der ermittelten Seilkräfte infolge Eigengewichts verändert. Diese Seilkräfte sind mit einem E-Modul von 195000 MPa berechnet. Wenn der damit ermittelte Tangentenmodul bis zu mehr als fünf Prozent von dem Ausgangsmodul abwich, wurde die Berechnung wiederholt. Mit der Ermittlung der Tangentenmodule ging die Ermittlung der Anhubmaße für die Nachstellaktionen einher.

Die ermittelten Anhubmaße wurden so lange beibehalten, bis es wieder zu einem Anhub- oder Absenkbereich kam. Weiter wurde kontrolliert, ob es innerhalb einer Vers Schubphase mit den festgelegten Anhubmaßen zu bemessungsmaßgebenden Seilkräften kommt. Diese sind entweder während des Verschubes anwachsende Seilkräfte, die zu maßgebenden Schnittgrößen des Überbaus führen, oder abfallende Seilkräfte, die zu Seilkräften führen, die kleiner als 2000 kN sind. Dies war nicht der Fall.

Um die Schnittgrößen während des Aufrichtens des Pylons zu ermitteln, wurde ein separates räumliches Modell des Pylons mit den nachfolgend beschriebenen Faltwerkmodellen für Pylonkopf und Fuß ver-

wendet. Die Stiele und der Verband wurden als Balkenelemente abgebildet. Das Drehlager sowie die Kopplung der Fußpunkte der beiden Pylone wurden ebenfalls mitmodelliert. Die Beanspruchungen sämtlicher Bauteile des Pylons wurden unter vier Neigungswinkeln des Pylons analysiert ( $0^\circ, 22,5^\circ, 45^\circ, 89^\circ$ ).

### 5.3.3 Bemessung der Details

#### 5.3.3.1 Rohrverbindungen

Bei den Rohrverbindungen ist der Nachweis der Gestaltfestigkeit der Verbindungen zu erbringen. Der Nachweis erfolgte gemäß DIN EN 1993-1-8, Kap. 7. Da aus wirtschaftlichen Gründen und zur Verringerung des Eigengewichts des Pylons die Wanddicken gering gewählt wurden, war es mit dem Verhältnis  $d/t$  des Rohrs  $1626 \times 24$  erforderlich, den Anschluss der Bindebleche an das Rohr für alle sechs Versagensformen nach DIN EN 1993-1-8, Kap. 7.2.2 zu untersuchen (siehe hierzu: **Tabelle 2**).

Der Nachweis erfolgte numerisch an herausgeschnittenen FE-Modellen nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von Vorverformungen nach DIN EN 1090-2. Tabelle B.11.

Ein Beispiel für das Modell sowie die Tragfähigkeitsermittlung einer Verbindung zeigt **Abb. 30**.

Mit der ausgewählten Verformungsfigur konnten alle Versagensformen untersucht werden. Im analysierten Fall wurden das Seitenwandversagen des Gurtstabes und das lokale Beulversagen als maßgebende Versagensformen identifiziert.

Die durchgeführten Berechnungen zeigten, dass die Tragfähigkeit der Verbindungen nur dann gewährleistet werden konnte, wenn die Her-

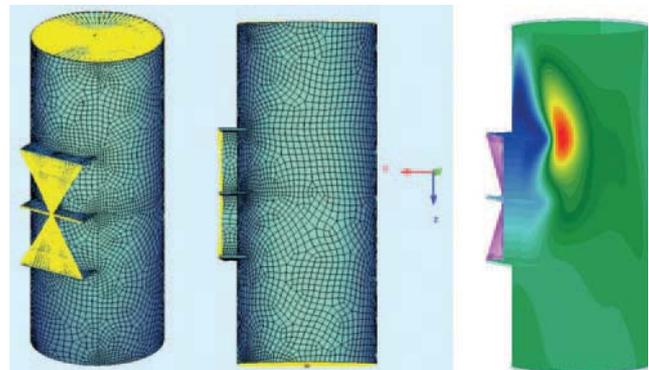


Abb. 30: FE-Modell Anschluss Bindeprofile an Rohr 1626 x 24 und Spannungsverteilung

a)	Flanschversagen des Gurtstabes (plastisches Versagen des Flansches) oder Plastizierung des Gurtstabes (plastisches Versagen des Gurtquerschnittes)
b)	Seitenwandversagen des Gurtstabes (oder Stegblechversagen) durch Fließen, plastisches Stauchen oder Instabilität (Krüppeln oder Beulen der Seitenwand oder des Stegbleches) unterhalb der druckbeanspruchten Strebe
c)	Schubversagen des Gurtstabes
d)	Durchstanzen der Wandung eines Gurtprofils (Rissinitiierung führt zum Abriss der Strebe vom Gurtstab)
e)	Versagen der Strebe durch eine verminderte effektive Breite (Risse in den Schweißnähten oder in den Streben)
f)	Lokales Beulversagen der Streben oder der Hohlprofilgurtstabe im Anschlusspunkt

Tabelle 2: Versagensformen von Anschlüssen mit Hohlprofilen

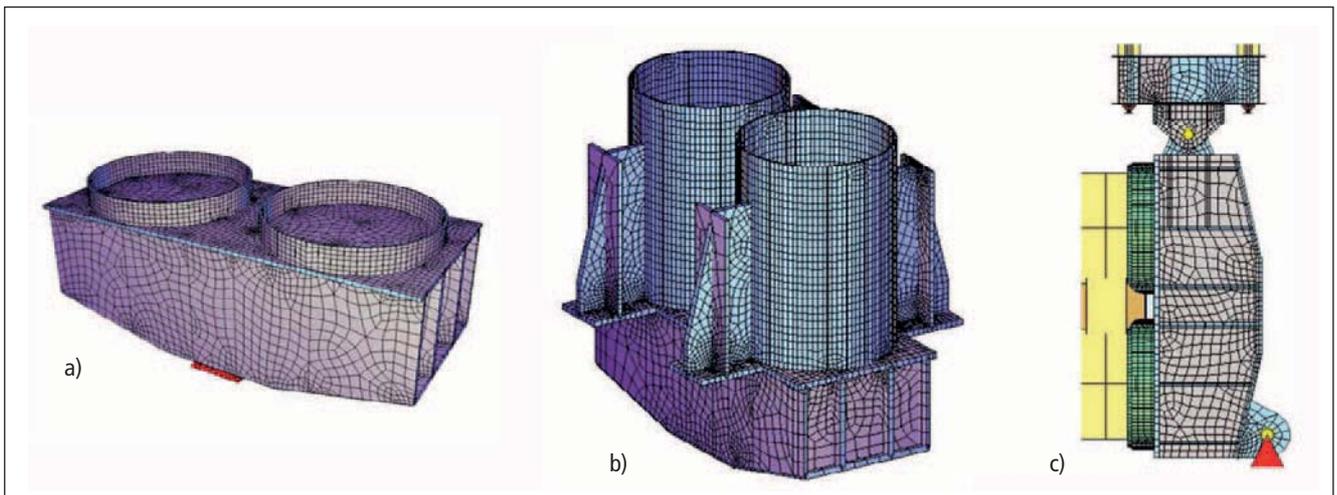


Abb. 31: a) Verschubzustand, b) Anhebezustand, c) Aufrichten

stellungstoleranzen der Klasse A nach DIN EN 1090-2 eingehalten werden. Dies stellte eine große Herausforderung bei der Herstellung des Pylons dar.

### 5.3.3.2 Pylonfuß und Pylonkopf

Der Pylonfuß und der Auflagerträger wurden mittels lokaler FE-Modelle mit Schalenelementen bemessen. Der Pylonfuß wurde in drei verschiedenen Arbeitsphasen belastet, und zwar während des Aufrichtens des Pylons, während des Verschubs der Brücke und während der Nachstellaktionen mittels Pressens.

Um die Belastung beim Vershub und beim Aufrichten des Pylons realistisch ansetzen zu können, wurden auch die Rohre 1626 x 50 mitmodelliert. Die Belastungen wurden als Knotenlasten in den Schwerpunkten der Rohre angesetzt. Zwischen den Schwerpunkten und den Rändern der Rohre wurde eine Kopplung modelliert (Abb. 31a). Für den Fall der Belastung an den Pressenansatzpunkten wurde ein separates Modell erstellt (Abb. 31b). Ebenso wurde der Anschluss zwischen dem Pylonfuß und dem Hilfspfeiler (Abb. 31c) modelliert.

### 5.3.3.3 Pylonkopf und Spannstationen

Auch der Pylonkopf und die Spannstationen wurden mithilfe von FE-Modellen aus Schalenelementen mit dem Programmsystem SOFiStiK bemessen.

## 6 Schwingungsprobleme während der Montage

### 6.1 Freier Kragarm

Um die Biegemomente beim Einschleiben gering zu halten, wurde in der Ausschreibung festgelegt, dass der vordere Bereich des Kragarms über circa 95 Meter ohne die seitlichen Kragarme eingeschoben wird. Dadurch wurde das Einschubgewicht reduziert und auf einen Vorbauschubel konnte verzichtet werden. Allerdings ist der dadurch entstehende Rechteckquerschnitt auf *Galloping* anfällig. *Galloping* stellt sich bei horizontaler Windanströmung des Überbaus bei leichten Störungen in vertikaler Richtung ein und führt zu vertikalen Auf- und Abwärtsbewegungen, wobei keine weitere Energiezufuhr erforderlich ist, da das schwingende System selbst positive Arbeit in Bezug auf die schwingungserzeugende Kraft leistet. Dabei können starke Schwingungen niedriger Frequenzen mit großen Amplituden

entstehen. Die kritische Windgeschwindigkeit, bei der *Galloping* einsetzt, beträgt

$$v_{\text{crit}} = \frac{4 \cdot m \cdot \delta \cdot f_0}{\rho_{\text{Luft}} \cdot d \cdot a_{G,B}} \quad (10)$$

und ist damit umgekehrt proportional zum Stabilitätsbeiwert  $a_{G,B}$ . Dieser liegt beim Rechteckquerschnitt in Abhängigkeit vom Verhältnis der Breite zur Höhe und der Turbulenz für den Querschnitt des Kragarms bei circa  $a_{G,B} = 2,0$ . Es wurden daher Querschnittsveränderungen durch verschiedene Anbaumaßnahmen durch Berechnungen und Windkanalversuche untersucht, um den Stabilitätsbeiwert zu beeinflussen [6]. In Abb. 32 sind verschiedene Anbaumaßnahmen untersucht worden. Es zeigte sich, dass bei unterschiedlichen Turbulenzen der Stabilitätswert  $a_{G,B}$  nur bei den unsymmetrischen Vorsatzkeilen negativ ist, womit das System stabil ist.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde festgelegt, die asymmetrischen Vorsatzkeile über die gesamte Kragarmlänge zu montieren, um dabei bei unterschiedlichen Turbulenzen *Galloping*effekte zu unterbinden. Außerdem verhindern diese Vorsatzkeile auch die Möglichkeit ver-

Brückentäler (Deckelfe/Deckhöhe d/b = 1,92)	d h %	# <sub>0,2</sub>	# <sub>0,2</sub>		Referenz
			l=5%	l=12%	
	/	/	+2,65	-1,00	
	/	/	+2,37	-0,50	
	Aus- krümmung 3,0 m	0	+3,01	-0,20	
	Wand- höhe 3,0 m	40	/	+2,15	
	Cardano- Abfu 3,0 m	/	+0,77	-0,50	
	Aus- krümmung 1,2 m	/	+1,20	-0,50	
	Aus- krümmung 3,0 m	/	+4,07	-0,20	
	Aus- krümmung 1,2 m	/	+2,61	-1,10	
	Aus- krümmung 3,0 m	/	-0,81	-0,73	$a_{G,B} < 0$ stabil

Abb. 32: Wirksamkeit der Anbaumaßnahmen [6]

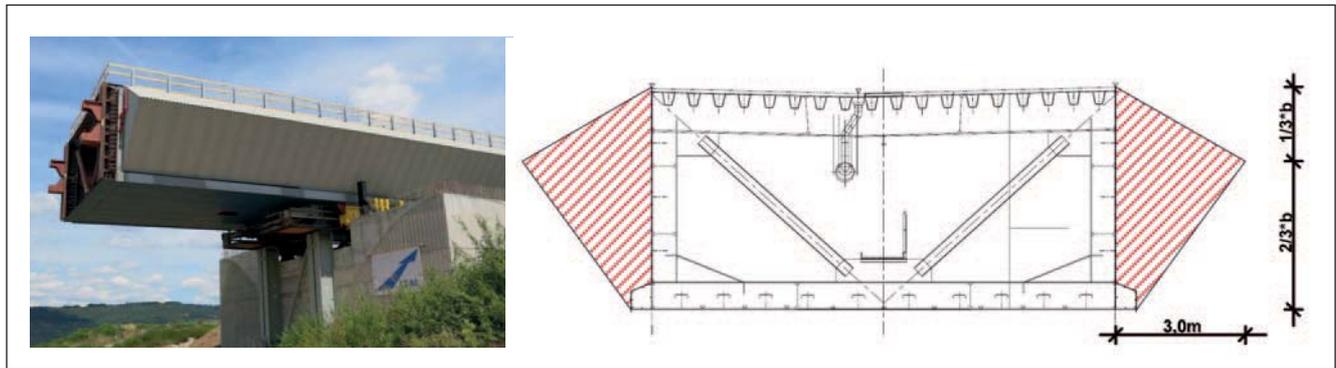


Abb. 33: Querschnitt mit unsymmetrischen Vorsatzkeilen

tikaler Resonanzschwingungen durch Wirbelerregung. In **Abb. 33** ist der Querschnitt zeichnerisch sowie auf der Baustelle gezeigt.

## 6.2. Pylon

Der frei stehende Pylon ist wegen seiner kreisförmigen Querschnitte hinsichtlich wirbelerregter Querschwingungen anfällig. Zunächst wurde die Anfälligkeit gegen wirbelerregte Querschwingungen auf der Grundlage der DIN 1055-4, Anhang D untersucht. Die kritische Windgeschwindigkeit wurde mit der Strouhalzahl für Kreisquerschnitte  $St = 0,1$  und den ersten Eigenfrequenzen des Pylons von  $f_1 = 0,79$  Hz in Querrichtung und  $f_1 = 1,25$  Hz in Längsrichtung mit

$$v_{crit,i} = d \times f_i / St \quad (11)$$

zu  $v_{crit} = 12$  m/s in Querrichtung sowie  $v_{crit} = 20$  m/s in Längsrichtung ermittelt, die durchaus erreicht werden können. Bei schwach ge-

dämpften Bauwerken können trotz der geringen Abtriebskräfte im Resonanzfall große Antworten auftreten. Der dynamische Vergrößerungsfaktor  $V$ , der die Vergrößerung der Verformungen und Schnittgrößen im Resonanzfall beschreibt, ergibt sich reziprok proportional zum logarithmischen Dämpfungsdekrement zu

$$V = \pi / \delta \quad (12)$$

wobei  $\delta$  das logarithmische Dämpfungsdekrement ist.

In den weiteren Schwingungsberechnungen wurde zunächst ein logarithmisches Dämpfungsdekrement von  $\delta = 0,015$  zugrunde gelegt, welches für Stahlkonstruktionen auf Erfahrungen beruht und damit gemäß *Formel (12)* zu großen Überhöhungen führt.

Bei diesen Berechnungen mussten zwei unterschiedliche statische Systeme für den Pylon berücksichtigt werden, das heißt, ein Einfeldträger in Längsrichtung der Brücke und ein Kragarm in Querrichtung der Brücke. Aus den Schwingungsberechnungen ergaben sich äquivalente statische Windbeanspruchungen, die mit den anderen Lastfällen zur Beanspruchungsermittlung des Pylons kombiniert werden mussten. Diese sind in **Abb. 34** dargestellt.

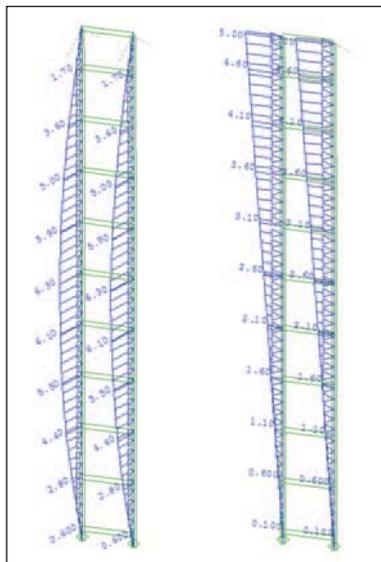


Abb. 34: Äquivalente Windbeanspruchungen im Ergebnis der Schwingungsberechnungen: Beanspruchung in Längsrichtung (links) und Beanspruchung in Querrichtung (rechts)

Die Berechnungen führten zu einer vollständigen Ausnutzung der Beanspruchungskapazität des Pylons in Pylonmitte. Da der genaue Wert des logarithmischen Dämpfungsdekrements nicht eindeutig vorhersehbar war, schlug der Windgutachter eine einfache Dämpfungsmaßnahme vor, die im Fall eines niedrigeren als des angenommenen Wertes des Dämpfungsdekrements anzuwenden war. Sie bestand in der Anordnung von Hanfseilen und Befestigung mit Umlenkrollen aus Holz am Überbau (**Abb. 35**).

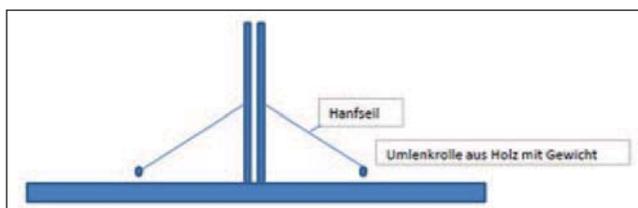


Abb. 35: Dämpfungsmaßnahme des Pylons [6]

Im Juni 2015 wurden Messungen von Pylonbeschleunigungen in Brückenlängsrichtung durchgeführt. Die Auswertung der Messungen [7] lieferte ein logarithmisches Dämpfungsdekrement von 0,15 bis 0,41 und war damit wesentlich höher als zunächst angenommen. Während der Messungen war der Hilfspylon mit seinen Litzen, der zum Aufrichten des Pylons notwendig war, mit dem Pylon verbunden. Offensichtlich hatten diese Litzen, die in einer Höhe von circa 65 Meter am Pylon angreifen, ebenfalls eine dämpfende Wirkung auf das Schwingungsverhalten des Pylons. Vor diesem Hintergrund durfte diese Hilfskonstruktion während des Versuchs nicht demontiert werden.

Da die Beanspruchungen aus den wirbelerregten Querschwingungen eine zyklische Belastung darstellen, mussten auch die entsprechenden Betriebsfestigkeitsnachweise geführt werden. Diese wurden unter Be-



Abb. 36: Fertiggestellte Hochmoselbrücke

rücksichtigung der Meßergebnisse mit einem logarithmischen Dämpfungsdekrement von  $\delta = 0,13$  geführt. Die Anzahl  $N$  der Spannungsschwingspiele, die durch wirbelerregte Querschwingungen hervorgerufen werden, wurde gemäß DIN 1055-4 ermittelt. Bei einer Lebensdauer von 2,5 Jahren für den Pylon während des Taktschiebens beträgt sie circa 240 000 Zyklen. Die Betriebsfestigkeitsnachweise konnten für alle Bauteile vollständig erfüllt werden.

## 7 Schlussbemerkungen

Die Bauarbeiten sind abgeschlossen. Der maßgebende Verschubzustand mit einem Kragarm von circa 209 Meter existierte am 10.11.2017, als die Kragarmspitze den Pfeiler 3 erreichte, was bei allen Beteiligten zu einem großen Aufatmen führte.

Die Brücke wurde am 21.11.2019 in Betrieb genommen.

Die Planung des Stahlüberbaus für den Endzustand und die hier beschriebenen Bauzustände waren sowohl für uns als Planer als auch für den Prüflingenieur eine herausragende Ingenieuraufgabe, die nicht alltäglich war und die in dieser Form womöglich auch nur ein Mal im Berufsleben auftritt. Die Zusammenarbeit mit Prof. Dr.-Ing. Hanswille und seinem Bearbeiter Dr.-Ing. Dobelmann (der inzwischen ebenfalls Prüflingenieur ist) gestaltete sich äußerst partnerschaftlich. Obwohl natürlich auf die Richtigkeit und Vollständigkeit aller notwendigen Nachweise geachtet wurde, war es keine Prüfung „von oben herab“, sondern eher ein Miteinander mit dem Ziel, diese Aufgabe gemeinsam zu meistern. Das seitens der Prüfung verwendete Gegenmodell war eine wichtige Grundlage, um das von uns ermittelte Tragverhalten des Hohlkastens ausreichend genau zu verifizieren. Insbesondere bei der

Komplexität der Beulprobleme war die gemeinsame Diskussion über die Herangehensweise mit einem Hochschulprofessor sehr fruchtbar.

Schließlich ließen es sich Prof. Hanswille und Dr. Dobelmann nicht nehmen, am 10.11.2017 das Erreichen des Pfeilers 3 im Hohlkasten selbst zu verfolgen, was bei diesem bemessungsmaßgebenden Zustand des Überbaus ein Vertrauensbeweis in die Richtigkeit der Planungs- und Prüfergebnisse war.

## 8 Literatur

- [1] Hagedorn, M., Heiland, U., Klähne, Th.: Die Hochmoselbrücke – Herstellung, Montage und Planung des Stahlüberbaus; Stahlbau 84 (2015), Heft 2, S.85-103; 2015
- [2] Klähne, Th., Kubieniec, G., Owuso-Yeboah, M., Heiland, U.: Planung und Herstellung des Stahlüberbaus der Hochmoselbrücke, Bautechnik 96 (2019), Heft 10, S.9-20
- [3] Buonomo, M., Roos, F.; Schröter, F.: Das große Viadukt von Millau – Stahlbau und Montage mit hochfesten Feinkornbaustählen, Stahlbau 74 (2005), Heft 5, S. 313-318
- [4] Mangerig, I., Zapfe, O.: Hochmoselbrücke. Messbericht für verschubbegleitende Messungen; Mangerig und Zapfe; 2015
- [5] Braun, B.: Stability of steel plates under combined loading, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, 2010
- [6] Niemann, J.: Entwicklung aerodynamischer Stabilisierungsmaßnahmen zur Hochmoselquerung in kritischen Montagezuständen, Niemann und Partner, 2011, unveröffentlicht
- [7] Euzani, R.: Originalmessungen am Hilfspylon zur Bestimmung der Dämpfung mit Hilfsabspannungen, EZI-Ingenieure GmbH, Solingen, Juli 2015

# Bei der Revision der Eurocodes waren eindeutige Regeln für die Brandschutznachweise oberstes Gebot Die neuen Regelungen können wahrscheinlich teilweise schon vor ihrer Einführung im Jahr 2026 genutzt werden

Mit Spannung erwartet die Fachwelt die Bekanntgabe der Änderungen der Brandschutznachweise in den Eurocodes. Nach der Einarbeitung der Kommentare und fachlichen Stellungnahmen der jeweiligen Mitgliedsstaaten des Europäischen Komitees für Normung (CEN), werden derzeit die endgültigen Normversionen sowie die Nationalen Anhänge formuliert, die voraussichtlich nicht vor 2026 bauaufsichtlich eingeführt werden. Es ist aber zu erwarten, dass die neuen Regelungen, zumindest teilweise, bereits vor ihrer offiziellen Einführung der Praxis zugänglich gemacht und angewendet werden können. Bei der Entwicklung dieser neuen Normgeneration standen die Schließung von Normungslücken und die Verringerung alternativer Nachweismöglichkeiten zugunsten eindeutiger Regelungen im Vordergrund – neben der multilateral vielfach verlangten praktikableren praktischen Anwendungsfreundlichkeit. Der folgende Beitrag gibt einen konkreten Überblick über die Ergebnisse der Überarbeitung der Brandschutzteile der neuen Eurocodes, sodass sich die Planer in den Ingenieurbüros, die Prüfsingenieure und die Behörden auf die neuen Nachweise bereits jetzt einstellen können.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß

studierte Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig, ist seit 2013 Leiter des Fachgebiets Brandschutz des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig (iBMB) und seit 2004 ist er der hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH (Berlin, Hamburg) verbunden, zunächst als wissenschaftlicher Leiter des Bereichs Ingenieurmethoden und seit 2008 als Leiter der Niederlassung Hamburg; seit 2012 ist er Prüfsingenieur für Brandschutz und vertritt das Unternehmen als Gesellschafter und Mitglied der Geschäftsleitung; Jochen Zehfuß setzt sich seit vielen Jahren in zahlreichen einschlägigen nationalen und internationalen Arbeitskreisen und Konferenzen für die Belange des baulichen Brandschutzes sowie der jeweils infrage kommenden Ingenieurmethoden ein.

## 1 Status Quo

Die Brandschutznachweise der Eurocodes sind seit ihrer bauaufsichtlichen Einführung vor über zehn Jahren die Regelbemessungsnorm. Mit ihnen stehen Bemessungsverfahren zur Verfügung, die individuelle Brandschutznachweise für Einzelbauteile sowie für Teil- und Gesamttragwerke beliebiger Nutzungskategorien möglich machen. Neben der Brandbeanspruchung durch nominelle Temperaturzeitkurven, wie der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) oder der Außenbrandkurve, wird mit den Eurocodes auch die Bemessung mit Naturbrandmodellen ermöglicht, die im Vergleich zur ETK ein realistischeres Abbild eines Realbrandes (Ausbreitungsphase, Vollbrand, Abkühlphase) darstellen. In DIN 4102-4 sind ergänzend zu den Bemessungsregeln der Eurocode-Brandschutzteile Festlegungen und Regelungen enthalten, die nicht in den Eurocodes geregelt sind, beispielsweise für Ausführungsdetails, Trockenbauwände, Porenbetonbauteile, historische Bauweisen, Sonderbauteile und leichte Trennwände.

Bei Anwendung der Eurocodes müssen die *Nationalen Anhänge* (NA) beachtet werden. In ihnen werden die national festzulegenden Parameter beziehungsweise nationale Festlegungen sowie die Anwendung informativer Anhänge für das jeweilige Ausgabeland definiert (Tabelle 1).

## 2 Überblick Überarbeitungsstand

Nach einer Frist von mehr als fünf Jahren, in denen die Eurocodes nun schon in der Praxis angewendet werden, erfolgte die Überarbeitung durch *Project-Teams* in drei Phasen, wobei eine Verbesserung der Anwendbarkeit, eine Reduktion der national zu definierenden Parameter sowie eine systematische Überprüfung (*Review*) vorgegebener Themenschwerpunkte im Fokus standen. Die von den Project-Teams erstellten Entwürfe sind die Grundlage der weiteren Bearbeitung in den Normenausschüssen (*Subcommittees*, SCs) des Europäischen Komitees für Normung (CEN). Die Entwürfe befinden sich teilweise bereits im Stadium der Untersuchung zur Umsetzung der Eurocodes (*Enquiry*), in dem die offiziellen nationalen Stellungnahmen abgegeben werden. Von deutscher Seite werden die Stellungnahmen zu den Brandschutzteilen der Eurocodes vom DIN-Normausschuss Konstruktiver baulicher Brandschutz (NA 005-52-22 AA) koordiniert [1].

An den zurzeit vorliegenden Normentwürfen sind keine wesentlichen Änderungen mehr zu erwarten, weil die europäischen Mitgliedsstaaten den Brandschutzteilen in EN 1991-1-2 (Einwirkungen im Brandfall), EN 1992-1-2 (Nachweise für Betonbauteile) und EN 1993-1-2 (Nachweise für Stahlbauteile) im Enquiry bereits zugestimmt hatten. Nur EN 1996-1-2 befindet sich derzeit noch im Enquiry. Die restlichen Eurocodes folgen sukzessive.

Nachdem die Kommentare der nationalen Stellungnahmen berück-

DIN EN	NA	Titel
1991-1-2 2010-12	2015-09	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke
1992-1-2 2010-12 Änderung A1 2019-11	2010-12 Änderung: 2015-09	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
1993-1-2 2010-12	2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
1994-1-2 2010-12 Änderung A1 2014-06	2010-12	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Beton und Stahl – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
1995-1-2 2010-12	2010-12	Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
1996-1-2 2011-04	2013-06	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
1999-1-2 2010-12	2011-04	Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall

Tabelle 1: Übersicht über die aktuellen Brandschutzteile der Eurocodes und deren Nationale Anhänge

sichtigt wurden, erfolgt die formelle Abstimmung (*Formal Vote*), bei der die nationalen Normungsorganisationen nur über die Annahme oder Ablehnung abstimmen, aber keine inhaltlichen Kommentare mehr einbringen können. Danach werden die Eurocodes als Europäi-

sche Norm veröffentlicht (von 2023 bis 2025). Anschließend müssen sie als nationale Normen mit den entsprechenden Nationalen Anhängen herausgegeben und bauaufsichtlich eingeführt werden. Dies wird voraussichtlich nicht vor 2026 geschehen (Tabelle 2).

Eurocode part	No pages (roughly)	DIN/AFNOR ends translation for ENQ [16 weeks]	Start CEN Enquiry	End of CEN Enquiry [16 weeks]	DIN/AFNOR ends translation for FV [12 weeks]	Start FV	End of FV [8 weeks]	CCMC ends editing for publication [4 weeks]	DIN/AFNOR ends translation for publication for ENQ [4 weeks]
EN 1991-1-2	68	29.07.2021	01.09.2021	21.12.2021	15.02.2023	01.04.2023	25.05.2023	23.06.2023	28.07.2023
EN 1992-1-2	79	29.07.2021	01.09.2021	21.12.2021	22.02.2023	01.04.2023	25.05.2023	23.06.2023	28.07.2023
EN 1993-1-2	88	12.11.2021	01.03.2022	20.06.2022	29.08.2023	01.10.2023	23.11.2023	22.12.2023	26.01.2024
EN 1994-1-2	114	04.05.2023	01.09.2023	21.12.2023	11.10.2024	01.04.2025	26.05.2025	24.06.2025	29.07.2025
EN 1995-1-2	150	11.07.2023	01.09.2023	21.12.2023	24.01.2025	01.04.2025	26.05.2025	24.06.2025	29.07.2025
EN 1996-1-2	69	19.07.2022	01.09.2022	21.12.2022	24.08.2023	01.10.2023	23.11.2023	22.12.2023	26.01.2024
EN 1999-1-2	57	03.02.2021	01.03.2021	18.06.2021	27.06.2022	01.10.2022	24.11.2022	23.12.2022	27.01.2023

Tabelle 2: Zeitplan für die Überarbeitung der Eurocode-Brandschutzteile (Stand: 22. November 2021)

Quelle: DIN NABau 005; Auszug aus: N 2958 Draft publication

### 3 Eurocode 1 Teil 1-2: Einwirkungen im Brandfall

#### 3.1 Überblick

Der Schwerpunkt der Überarbeitung von Eurocode 1 Teil 1-2 [2] des von CEN von 2015 bis 2018 eingesetzten Project-Teams lag in der Überarbeitung der informativen Anhänge C (vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Brandeinwirkungen lokaler Brände) und E (Brandlasten, Brandausbreitungs- und Wärmefreisetzungsrate inkl. des Sicherheitskonzeptes). Die Ergebnisse der Arbeiten dieses Project-Teams wurden in der Working Group 4 (WG 4) des Subcommittees SC 1 (Einwirkungen) vorgestellt, diskutiert und ergänzt. Eine von deutscher Seite und anderen Ländern, wie von Dänemark und den Niederlanden, favorisierte Änderung des Anhangs A (Parametrische Temperaturzeitkurven) wurde mehrheitlich nicht unterstützt. Da die Änderungen in Eurocode 1 Teil 1-2 (prEN1991-1-2 [3]) potenziell eine Auswirkung auf das Sicherheitsniveau haben, wurden sie in zwei vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) geförderten Forschungsvorhaben [4] und [5] bewertet.

Das Enquiry des aktuellen Entwurfs von prEN 1991-1-2 zur Brandschutzbemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken wurde Ende Dezember 2021 abgeschlossen. In der SC1-Sitzung im Juni 2022 wurden die aufgrund des Enquiries erfolgten Änderungen beschlossen [3], sodass der Normentwurf nach der Übersetzung ins Deutsche Anfang 2023 zum Formal Vote gestellt wird. Es ist davon auszugehen, dass Mitte 2023 eine finale Version der Norm vorliegt, für die dann ein Nationaler Anhang erstellt werden wird.

Im folgenden Kapitel werden die wesentlichen Änderungen von [3] vorgestellt, dabei fließen die Erkenntnisse aus [4] und [5] ein. Thematisiert werden dabei:

- Präzisierungen bei der Anwendung der Außenbrandkurve,
- die Überarbeitung des vereinfachten Verfahrens zur Bestimmung der Brandeinwirkungen lokaler Brände,
- der überarbeitete Ansatz der Wärmefreisetzungsrate für ventilationsgesteuerte Brände und
- das Sicherheitskonzept.

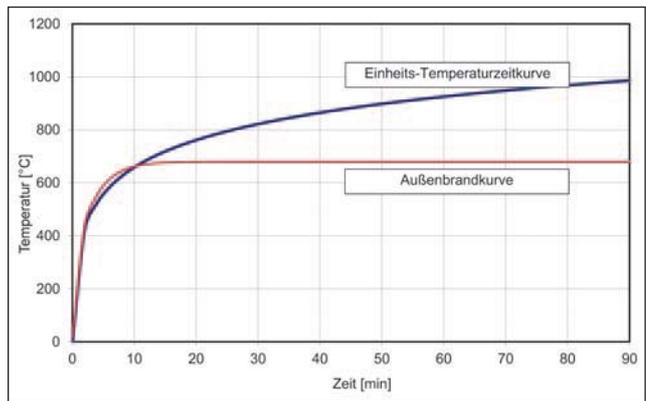


Abb. 1: Außenbrandkurve (external fire curve) nach Eurocode 1 Teil 1-2 im Vergleich zur Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK)

Der auf deutsche Initiative hin überarbeitete Ansatz der Wärmefreisetzungsrate für ventilationsgesteuerte Brände auf Grundlage des Sauerstoffausnutzungsfaktors basiert auf dem entsprechenden Leitfaden der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdB) [6] und wurde unter anderem in [1] bereits vorgestellt.

#### 3.2 Anwendung der Außenbrandkurve

In der Praxis wird im Rahmen von Brandschutznachweisen außen liegender, tragender Bauteile (zum Beispiel Stützen) anstatt der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) häufig die Außenbrandkurve (Abb. 1) angesetzt. Die Außenbrandkurve wurde ursprünglich aus DIN 4102-3 übernommen und gilt lediglich für raumabschließende Bauteile (Schürzen und Brüstungen). Aufgrund des Wärmeabzugs sind außen liegende, tragende Bauteile geringeren thermischen Einwirkungen ausgesetzt, als tragende Bauteile innerhalb des Brandraumes. Die Intensität der thermischen Einwirkung derartiger Bauteile hängt jedoch stark von ihrer geometrischen Lage (dem Abstand von der Öffnung des Brandraums) und von der Öffnungsgröße ab, die wesentlich die Form und Länge der herausschlagenden Flammen bestimmt. Für die Bemessung von außen liegenden, tragenden Bauteilen stehen daher verschiedene Verfahren zur Verfügung, zum Beispiel das vereinfachte Naturbrandmodell nach Eurocode 1-1-2 Anhang B oder das Naturbrandmodell mit Strömungssimulation (CFD-Simulati-

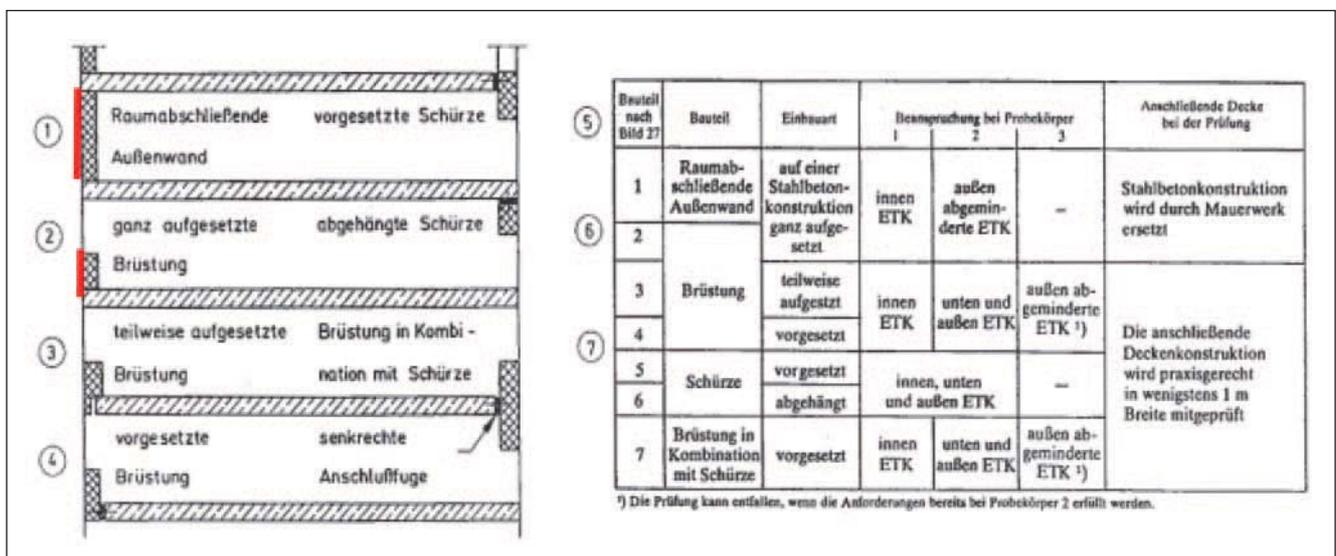


Abb. 2: Beanspruchungen bei Außenwänden, Brüstungen und Schürzen (aus [7])

on, *Computational Fluid Dynamics*, Numerische Strömungsmechanik). **Abb. 2** zeigt die Anwendung der Außenbrandkurve [7]. Sie wird nur für nichttragende Außenwände und Außenbauteile (Brüstungen) angewendet, die außen beflammt werden. Mit der Außenbrandkurve kann das Raumabschluss- und Isolationskriterium ( $El_{ef}$ ), nicht aber die Standsicherheit (R-Kriterium) nachgewiesen werden. Die Definition in Abschnitt 3.1.3.5 von EC 1-1-2 wurde entsprechend geändert und präzisiert.

### 3.3 Vereinfachtes Naturbrandmodell zur Bestimmung der Brandeinwirkungen lokaler Brände

Das vereinfachte Naturbrandmodell in Anhang C von Eurocode 1 Teil 1-2 basiert auf den Arbeiten von [8] und [9]. Mit ihm können Temperaturen in der Plumeachse (*Plume* = thermisch aufgeladene Aerosole über einem Brandherd, Rauchgase) lokaler Brände sowie im Deckenbereich (*Ceiling Jet*) berechnet werden. Modellhaft wird dabei angenommen, dass während des gesamten Brandes ein Plume als Verbindung zwischen einer Kalt- und Heißgasschicht existiert. Die Eingangsparameter, welche die thermische Einwirkung bei einer lokalen Brandbeanspruchung bestimmen, sind:

- die Position der Brandquelle,
- der Durchmesser der Brandquelle,
- die Brandlasten sowie
- die Wärmefreisetzungsrate.

Voraussetzung ist, dass der Flammendurchmesser  $D_{fire} < 10$  m und die Wärmefreisetzungsrate HRR des lokalen Brandes unterhalb von 50 MW bleiben.

Für vertikale Bauteile, die nicht im Deckenbereich oder in der vertikalen Achse des lokalen Brandes angeordnet sind (wie zum Beispiel Stützen in einem horizontalen Abstand vom Brandherd), lag bisher kein vereinfachtes Bemessungsverfahren vor. Zur Bemessung dieser Bauteile kann die thermische Einwirkung mit CFD-Modellen berechnet werden. Um ein vereinfachtes Verfahren für diese Probleme zur Verfügung zu stellen, wurde deshalb das Verfahren in Eurocode 1 Teil 1-2 Anhang C erweitert. Mit dem überarbeiteten Anhang C [3] können nun auch Netto-Wärmeströme von brandbeanspruchten vertikalen Bauteilen berechnet werden, die in Bezug auf die Flammenachse des lokalen Brandes versetzt angeordnet sind.

Somit können mit dem vereinfachten Verfahren des Anhangs C nicht nur direkt im Bereich des Feuer-Plumes gelegene Stützen, sondern auch seitlich neben dem Brandherd versetzt gelegene Stützen bemessen werden. Zur Berechnung der thermischen Einflüsse von Bauteilen während eines lokalen Brandes werden dabei folgende, unterschiedliche Einflussgrößen berücksichtigt:

- die Flammenhöhe,
- die Temperaturen im Bereich der Flammenachse,
- die Emissivität der Flamme,
- die Ventilationsbedingungen und
- die Flammenstrahlung.

Die Grundlagen des neuen analytischen Bemessungsansatzes bilden das Prinzip der virtuellen Flamme (*solid flame*) sowie die Berechnung des Konfigurationsfaktors (*view factor*) nach Anhang G in [3]. Weiterhin wird vereinfacht angenommen, dass der Wärmestrom durch Wärmestrahlung dominiert und zur Berechnung der Netto-Wärmestromdichte aufgeteilt wird.

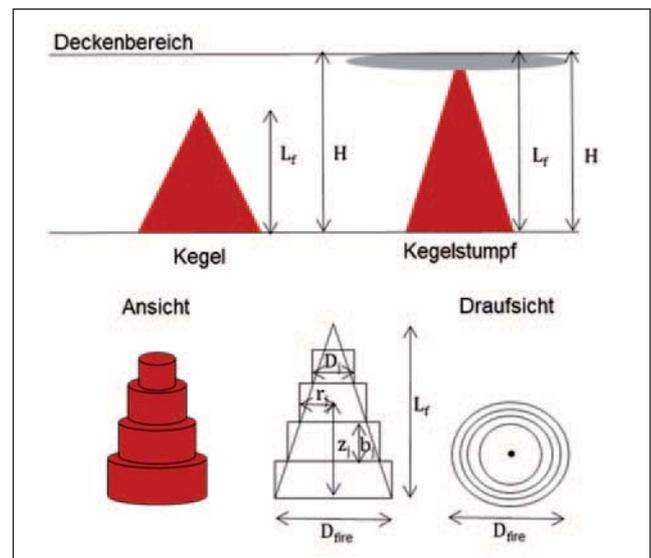


Abb. 3: Prinzip der virtuellen Flamme: Lokaler Brand als kegelförmige, feste Flamme (solid flame)

In [4] wurde die Plausibilität und Anwendbarkeit des erweiterten Verfahrens geprüft. Anhand von realen Pool- und Holzkippenbränden (lokalen Bränden) ist das Verfahren für Stützen oder Wandbauteilen angewendet worden. Ferner wurden Vergleichsrechnungen zwischen den Berechnungsergebnissen, den Simulationsergebnissen eines CFD-Modells sowie den Messdaten realer Pool- und Holzkippenbrände vorgenommen. Im Ergebnis zeigte sich, dass das neue Verfahren in der Regel konservative Ergebnisse liefert, die die thermische Einwirkung von vertikalen Bauteilen überschätzen, zum Beispiel von Stahlstützen unter lokaler Brandbeanspruchung.

#### 3.3.1 Das Prinzip der virtuellen Flamme

Das Prinzip der virtuellen Flamme wurde verwendet, um die empfangende Wärmestrahlung eines vertikalen Bauteils zu berechnen, das sich außerhalb der Plumeachse eines lokalen Brandes befindet. Es sieht vor, dass der lokale Brand als virtuelle Flamme in Form eines Kegels abgebildet wird (**Abb. 3**). Die Höhe des Kegels entspricht dabei der Flammenhöhe  $L_f$  nach [2]. Ferner wird von einer kreisrunden Grundfläche  $D_{fire}$  der Brandquellen ausgegangen. Die Brandquelle wird vereinfacht als feste Oberfläche angesehen, die im Wesentlichen als Strahler fungiert und in Richtung des brandbeanspruchten Bauteils strahlt. Bei Flammenlängen von lokalen Bränden, die den Deckenbereich erreichen und eine deckennahe Heißgasschicht ausbilden, wird die virtuelle Flamme angeschnitten. Die virtuelle Flamme wird in diesen Fällen als Kegelstumpf abgebildet. Die Temperatur sowie der Netto-Wärmestrom eines vertikalen Bauteils können, unter Berücksichtigung der relativen Position des Bauteils, zur virtuellen Flamme berechnet werden.

#### 3.3.2 Konfigurationsfaktor

Für die radiative (strahlende) Wärmeübertragung der virtuellen Flamme zu einer brandbeanspruchten Oberfläche eines brandbeanspruchten Bauteils muss der Konfigurationsfaktor  $\phi$  bestimmt werden. Er beschreibt den Anteil der Wärmestrahlung, der von der einen Oberfläche ausgestrahlt wird und eine andere Oberfläche erreicht. Der Konfigurationsfaktor ist abhängig von

- der Größe der Strahlerfläche,
- dem Abstand der Strahlerfläche zur Empfangsfläche,
- der relativen Ausrichtung des vertikalen Bauteils zur Brandquelle.

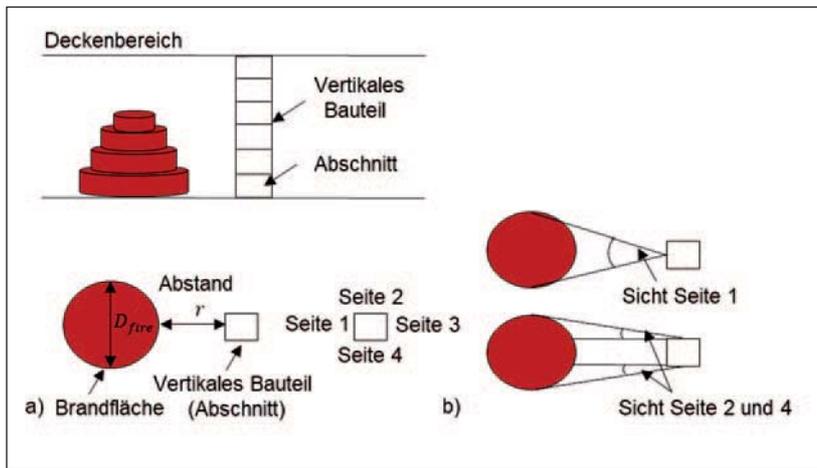


Abb. 4: Prinzip des Konfigurationsfaktors  $\phi$ :  
 (a): vertikales Bauteil mit Abstand  $r$  zum lokalen Brand (virtuelle Flamme),  
 (b): unter Berücksichtigung der Sichtverhältnisse von den vier Seiten eines Abschnittes

Neben dem lokalen Brand als kegelförmiger Flamme wird das vertikale Bauteil unabhängig von dessen Form (zum Beispiel Rundprofile H- oder I-Profile) vereinfachend rechteckig modelliert. Komplexere Phänomene, wie der Abschattungseffekt bei Stahlprofilen, werden durch das vereinfachte Bemessungsverfahren nicht berücksichtigt. Das vertikale Bauteil wird in gleich breite Abschnitte mit jeweils vier Seiten eingeteilt und der Wärmestrom der virtuellen Flamme (Teilzylinder und Ring) auf jeden einzelnen Abschnitt berechnet. Bei der Aufteilung wird berücksichtigt, dass nicht alle vier Seiten gleichwertig von der lokalen Brandeinwirkung beansprucht werden und dass sich durch die relative Position des vertikalen Bauteils die Sichtverhältnisse der Seiten (Oberflächen eines Bereiches) verändern. Das Prinzip zeigt **Abb. 4**. Anhand der Annahme, dass die Emissivität  $\epsilon_f$  sowie die Temperatur eines Bereiches  $b_j$  der virtuellen Flamme konstant bleiben, können der Konfigurationsfaktor und, mit dessen Wert, die Wärmestrahlung ermittelt werden.

### 3.4 Sicherheitskonzept für den baulichen Brandschutz

Im Anhang E in [3] wurden Ergänzungen der tabellarischen Angaben von nutzungsabhängigen Brandlastdichten sowie des Sicherheitskonzepts vorgenommen. Das in Eurocode 1 Teil 1-2 Anhang E [2] enthaltene Sicherheitskonzept wurde für Deutschland nicht übernommen. Alternativ wurde in DIN EN 1991-1-2/NA [10] ein auf dem Sicherheitskonzept der DIN 18230 basierendes Sicherheitskonzept veröffentlicht, welches das deutsche Sicherheitsniveau darstellt und bauaufsichtlich eingeführt wurde. Das in Anhang E in Eurocode 1 Teil 1-2 enthaltene Sicherheitskonzept ist, wie in den meisten europäischen Ländern, auch in Deutschland nicht zugelassen. Folgende wesentliche Kritikpunkte an dem Sicherheitskonzept in Anhang E in Eurocode 1 Teil 1-2 waren der Grund für die Einführung des Sicherheitskonzeptes in DIN EN 1991-1-2/NA:

- Fehlende Transparenz aufgrund der Bestimmung von zehn Sicherheitsfaktoren für Sicherheitsmaßnahmen (wie beispielsweise Löschmaßnahmen, Feuerwehr, etc.), die in Abhängigkeit von der Brandraumgröße und von Art der Nutzung bestimmt werden und teilweise nicht nachvollziehbar sind,
- mathematische Unkorrektheit, da eine Multiplikation von Sicherheitsfaktoren für Maßnahmen erfolgt, die nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können,
- Berücksichtigung der Sicherheitsfaktoren lediglich für die Berechnung des Bemessungswertes der Brandlastdichte und nicht für die Berechnung des Bemessungswertes der Wärmefreisetzungsrates, die insbesondere bei Bauteilen mit geringem Feuerwiderstand maßgeblich ist,

- fehlende Zuordnung zu den Zuverlässigkeitsklassen von EN 1990.

Das in [3] enthaltene überarbeitete Sicherheitskonzept stellt nun einen Bezug zu den Zuverlässigkeitsklassen gemäß EN 1990 her. Hierfür wurde ein weiterer Sicherheitsfaktor zur Bestimmung der Bemessungsbrandlastdichte  $\delta_{q3}$  sowie für die Wärmefreisetzungsrates  $\delta_{Q1}$  eingeführt.

Insbesondere den ersten beiden Kritikpunkten wurde mit dem überarbeiteten Sicherheitskonzept nicht Rechnung getragen. Das bisherige Grundproblem, bestehend aus der Intransparenz des Verfahrens mit nun bis zu elf Sicherheitsfaktoren und der Multiplikation von Sicherheitsfaktoren voneinander abhängiger Maßnahmen, wurde damit nicht behoben.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens [5] wurden die Änderungen und Ergänzungen im Sicherheitskonzept in [3] systematisch untersucht und hinsichtlich der Anwendbarkeit bewertet. Anhand von systematischen Vergleichsrechnungen von Referenzbeispielen wurde überprüft, ob durch das überarbeitete Sicherheitskonzept in [3] ein Sicherheitsniveau erreicht wird, das dem Sicherheitskonzept der DIN EN 1991 1-2/NA [10] adäquat ist.

#### 3.4.1 Änderungen im Zuge der Überarbeitung

Im Zuge der Überarbeitung wurden in [3] die folgenden Änderungen vorgenommen:

- Ergänzung eines Sicherheitsfaktors  $\delta_{q3}$ ,
- Erhöhung und Anpassung des Sicherheitsfaktors  $\delta_r$ ,
- Anpassung der Brandlastdichten und deren Bezeichnung und
- Ergänzung des Sicherheitsfaktors  $\delta_{Q1}$ .

#### 3.4.2 Ergänzung eines Sicherheitsfaktors $\delta_{q3}$

Die Ergänzung eines weiteren Sicherheitsfaktors  $\delta_{q3}$  wird in Gleichung E.1 zur Berechnung der Bemessungs-Brandlastdichte  $q_{f,d}$  berücksichtigt (vgl. folgende Gleichung). Der Sicherheitsfaktor  $\delta_{q3}$  wird in Abhängigkeit von den Zuverlässigkeitsklassen (RC, *reliability classes*) nach EN 1990 gewählt. Entsprechend ist eine Tabelle E.3 des neuen Sicherheitsfaktors ergänzt worden (vgl. **Tabelle 3**). Die möglichen Werte für den Sicherheitsfaktor  $\delta_{q3}$  liegen in einem Bereich von 0,83 und 1,19 in Abhängigkeit von der Nutzung und der zugehörigen Zuverlässigkeitsklasse.

Die Berechnung des Bemessungswertes der Brandlastdichte  $q_{f,d}$  erfolgt nun unter Berücksichtigung der Sicherheitsfaktoren  $\delta_{q1}$ ,  $\delta_{q2}$ ,  $\delta_{q3}$  und

Zuverlässigkeitsklasse	$\delta_{q3}$	Beispiele Nutzung
RC 3	1,19	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Ausfallrisiken (z.B. Konzertsaal)
RC 2	1,0	Wohn- und Geschäftshäuser, öffentliche Gebäude mit mittleren Ausfallrisiken (z.B. ein Bürogebäude)
RC 1	0,83	Landwirtschaftliche Gebäude, Gebäude, in die normalerweise keine Personen eintreten (z.B. Lagerhallen, Gewächshäuser)

Tabelle 3: Sicherheitsfaktor in Abhängigkeit von den Zuverlässigkeitsklassen gemäß [2]

$\delta_{ni}$  nach:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_{n3} \cdot \delta_n \quad [\text{MJ/m}^2]$$

mit

- $q_{f,d}$  Bemessungswert der Brandlastdichte [ $\text{MJ/m}^2$ ],
- $q_{f,k}$  charakteristischer Wert der Brandlastdichte [ $\text{MJ/m}^2$ ],
- $m$  Abbrandfaktor [ $\text{MJ/kg}$ ],
- $\delta_{q1}$  Sicherheitsfaktor, der die Brandentstehungsgefahr in Abhängigkeit von der Brandabschnittsgröße berücksichtigt,
- $\delta_{q2}$  Sicherheitsfaktor, der die Brandentstehungsgefahr in Abhängigkeit von der Art der Nutzung berücksichtigt,
- $\delta_{q3}$  Sicherheitsfaktor zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeitsklassen nach EN 1990,
- $\delta_n$  Sicherheitsfaktoren, die verschiedene aktive Brandbekämpfungsmaßnahmen (zum Beispiel Sprinkler, Branderkennung, automatische Alarmübermittlung, Feuerwehren etc.) berücksichtigen, wobei  $\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{n,i}$ .

### 3.4.3 Erhöhung und Anpassung des Sicherheitsfaktors $\delta_n$

Die Teilfaktoren  $\delta_{n,i}$  in Tabelle E.2 zur Bestimmung von  $\delta_n$  wurden neu nummeriert und teilweise zusammengefasst. Zusätzlich ist der Sicherheitsfaktor  $\delta_{n3}$  in Tabelle E.2, der zur Berücksichtigung von vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen zur Brandbekämpfung angesetzt werden kann, von 0,87 auf 0,90 erhöht worden. Beim Vorhandensein einer automatischen Branderkennung und Alarmierung durch Wärmemelder wird  $\delta_{n3} = 0,9$  und bei gleichzeitiger Detektion von Wärme und Rauch  $\delta_{n3} = 0,73$  angesetzt.

### 3.4.4 Vergleichsberechnungen

Auf Grundlage der systematischen Vergleichsberechnungen und der Betrachtung der Sicherheitskonzepte von [10] und [3] zeigt sich, dass die Bemessung nach DIN EN 1991-1-2/NA [10] systematisch zu konservativeren Ergebnissen führt. Ferner bleiben die wesentlichen Kritikpunkte (Intransparenz der Sicherheitsfaktoren, Multiplikation der Sicherheitsfaktoren, Sicherheitsfaktor für die Wärmefreisetzungsrate) auch in [3] erhalten. Eine Anwendung des Sicherheitskonzeptes gemäß [3] kann nach den Untersuchungen in [5] nicht empfohlen werden.

## 3.5 Thermische Einwirkungen struktureller Brandlasten von Holzbauteilen

Die Branddynamik in Gebäuden in Holzbauweisen kann durch die Brandlast der brennbaren Konstruktion (strukturelle Brandlast) beein-

flusst werden. Insofern müssen die strukturellen Brandlasten bei leistungsorientierten Brandschutznachweisen mit Naturbrandmodellen berücksichtigt werden. In Anhang H von prEN1991-1-2 [3] sind Bemessungsregeln zur Bestimmung der thermischen Einwirkungen von strukturellen Brandlasten enthalten. Während in diesem Anhang die thermischen Einwirkungen (Brandlast, Wärmefreisetzungsrate) geregelt sind, erfolgt die Bestimmung der Verkohlungstiefe (*charring depth*) und der Abbrandrate nach prEN 1995-1-2 Anhang A [11]. Diese beiden Anhänge sind daher zusammen anzuwenden. Die Auslagerung der Bemessungsregeln für die thermischen Einwirkungen struktureller Brandlasten aus prEN 1995-1-2 nach prEN 1991-1-2 in den neu geschaffenen Anhang H erfolgte im Zuge des Enquirs auch aufgrund der deutschen Stellungnahme, dem Prinzip folgend, dass die Einwirkungen im Eurocode 1 zu regeln sind.

Die Gesamtbrandlast, die Brandlastdichte und die Wärmefreisetzungsrate sind, unter Berücksichtigung der mobilen Brandlast infolge der Nutzung einschließlich der Bekleidungen und von Ausbaustoffen sowie der strukturellen Brandlast, zu berechnen.

Der charakteristische Wert der Brandlastdichte einschließlich des Beitrags der Holzbauteile (strukturelle Brandlast) ist wie folgt zu berechnen.

$$q_{k,fi} = q_{k,m} + q_{k,st}$$

wobei:

- $q_{k,fi}$  charakteristischer Wert der Brandlastdichte, in  $\text{MJ/m}^2$ ,
- $q_{k,m}$  charakteristischer Wert der Brandlastdichte mobiler Brandlasten nach prEN 1991-1-2 Anhang E.4, in  $\text{MJ/m}^2$ ,
- $q_{k,st}$  charakteristischer Wert der strukturellen Brandlastdichte, in  $\text{MJ/m}^2$ .

Die Wärmefreisetzungsrate von Holzbauteilen sollte unter Berücksichtigung der Änderung der Masse und des Energiegehalts während der Pyrolyse und des Massenverlusts wie folgt berechnet werden:

$$\text{RHR}_{st} = H_{ww} \cdot \dot{m}_{ww}'' - H_{ch} \cdot \dot{m}_{ch,tm}'' + H_{ch} \cdot \dot{m}_{ch,ox}''$$

wobei:

- $\text{RHR}_{st}$  Wärmefreisetzungsrate der strukturellen Brandlast auf die Brandraumfläche bezogen, in  $\text{MW/m}^2$ ,
- $H_i$  unterer Heizwert des Material  $i$ , in  $\text{MJ/kg}$ ,
- $\dot{m}_i''$  flächenspezifische Massenveränderungsrate des Materials  $i$ , in  $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$ ,
- ww Index für feuchtes Holz,
- ch Index für die Verkohlungsschicht,
- ox Index für die Oxydation,
- tm Index für die thermische Modifikation des Holzmaterials zum Kohlematerial.

## 4 Eurocode 2 Teil 1-2 Brandschutzbemessung von Betonbauteilen

### 4.1 Überblick

Das Enquiry des aktuellen Entwurfs von prEN 1992-1-2 [12] zur Brandschutzbemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken wurde Ende Dezember 2021 abgeschlossen. In der SC2-Sitzung Ende Juni 2022 wurden die aufgrund des Enquirs erfolgten Änderungen beschlossen, sodass der Normentwurf nach der Übersetzung ins Deut-

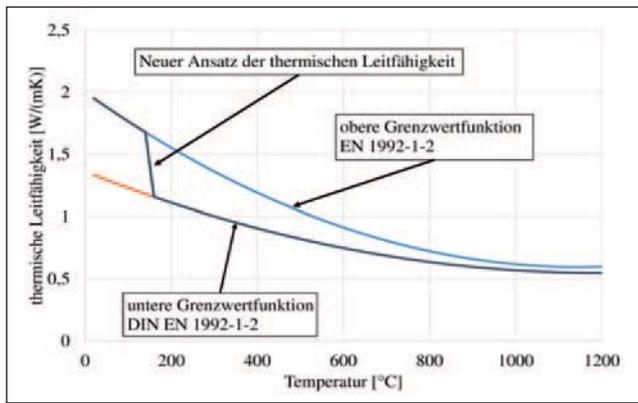


Abb. 5: Verlauf der thermischen Leitfähigkeit von Beton

sche Anfang 2023 zum Formal Vote gestellt werden wird. Es ist davon auszugehen, dass Mitte 2023 eine finale Version der Norm vorliegen wird, für die dann ein Nationaler Anhang erstellt wird. Dabei wurden vor allem die Bemessungstabellen für Stützen und Wände sowie die vereinfachten Bemessungsverfahren überarbeitet – neben einigen Anpassungen der Materialkennwerte und der Regelungen für die Abplatzungen, die auf neuen Versuchsergebnissen basieren. Hier wurden Inkonsistenzen, Regelungslücken und -dopplungen beseitigt, sodass nun ein anwenderfreundlicher Entwurf vorliegt.

4.2 Thermische Leitfähigkeit von Beton

Die beiden Grenzwertfunktionen für die thermische Leitfähigkeit in der aktuellen Norm [13] wurden in [12] durch eine neue Funktion ersetzt, die die bestehenden Funktionen miteinander kombiniert. Wie Abb. 5 zeigt, verläuft die neue Ansatzfunktion im Temperaturbereich bis 140°C deckungsgleich mit der oberen Grenzwertfunktion nach Eurocode 2 Teil 1-2 [13]. Zwischen 140°C und 160°C fällt die thermische Leitfähigkeit linear ab und verläuft im Temperaturbereich zwischen 160°C und 1200°C deckungsgleich mit der unteren Grenzwertfunktion.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der TU Braunschweig dieser neue Ansatz für die thermische Leitfähigkeit anhand von Vergleichsrechnungen validiert. Es zeigte sich, dass dieser neue Ansatz geeignet ist, die Temperaturen in Höhe der Bewehrung mit einer besseren Genauigkeit als der bisherige Ansatz und überwiegend auf der sicheren Seite liegend zu bestimmen [14].

4.3 Bemessungstabellen für Wände

Die Bemessungstabelle für tragende Wände in der aktuellen Version von Eurocode 2 Teil 1-2 [13] enthält nur Bemessungswerte für zwei Lastausnutzungsgrade. Die Tabelle wurde aus DIN 4102-4 (1994) übernommen und eine mögliche Erhöhung der Lastausnutzung durch das semi-probabilistische Sicherheitskonzept im Vergleich zu den auf dem

Feuerwiderstandsklasse	Mindestabmessungen (mm) Wanddicke $h_w$ /Achsabstand $a$			Feuerwiderstandsklasse	Mindestabmessungen (mm) Wanddicke $h_w$ /Achsabstand $a$		
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$		$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$
1	2	3	4	5	6	7	8
EI 30	80/10	90/10	100/10	R 30	90/10	100/10	110/10
EI 60	90/10	100/10	110/15	R 60	110/10	125/15	140/20
EI 90	100/10	110/15	120/20	R 90	125/15	155/25	170/30
REI 120	120/15	120/20	130/25	R 120	140/25	175/35	200/40
REI 180	150/20	150/25	150/30	R 180	175/30	215/40	240/45
REI 240	170/25	175/30	175/35	R 240	200/35	250/45	280/50

Tab. 4: Mindestquerschnittsabmessungen und Achsabstände für an einer Längsseite (links) oder an beiden Längsseiten (rechts) brandbeanspruchte, tragende Stahlbetonwände mit  $l_{0,fi} \leq 2,5$  m unter Umgebungstemperaturbedingungen und  $l_{0,fi} \leq 1,25$  m im Brandfall

Feuerwiderstandsklasse	Mindestabmessungen (mm) Wanddicke $h_w$ /Achsabstand $a$			Feuerwiderstandsklasse	Mindestabmessungen (mm) Wanddicke $h_w$ /Achsabstand $a$		
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$		$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$
1	2	3	4	5	6	7	8
EI 30	100/10	110/10	120/10	R 30	100/10	120/10	130/10
EI 60	110/10	120/15	130/20	R 60	120/15	155/20	170/25
EI 90	120/20	135/25	140/30	R 90	140/20	185/30	210/35
REI 120	135/25	150/30	160/35	R 120	165/30	210/40	240/45
REI 180	155/35	170/40	180/45	R 180	200/45	250/50	280/55
REI 240	180/40	200/45	210/50	R 240	250/50	305/55	340/60

Tab. 5: Mindestquerschnittsabmessungen und Achsabstände für an einer Längsseite (links) oder an beiden Längsseiten (rechts) brandbeanspruchte, tragende Stahlbetonwände mit  $l_{0,fi} \leq 2,25$  m unter Umgebungstemperaturbedingungen und  $l_{0,fi} \leq 2,25$  m im Brandfall

globalen Sicherheitskonzept basierenden Werten der DIN 4102-4 nicht berücksichtigt. In [12] sind nun Bemessungstabellen für einseitig und beidseitig brandbeanspruchte tragende Wände mit  $l_0 = 2,5$  m und  $l_0 = 4,5$  m bei  $l_{0,fi} / l_0 = 0,5$  und jeweils für die Lastausnutzungsgrade  $\mu_{fi} = 0,2 \dots 0,5 \dots 0,7$  enthalten (**Tabelle 4** und **Tabelle 5**). Im informativen Anhang E werden weitere Tabellen für hohe Wände mit  $l_0 = 6,0$  m beziehungsweise  $l_0 = 8,0$  m ergänzt, sodass tabellarische Nachweise auch für hohe Wände ermöglicht werden.

Die Bemessungstabellen von Stützen und Wänden gelten für Bauteile in ausgesteiften Bauwerken, bei denen die wirksame Länge im Brandfall  $l_{0,fi} = 0,5 l_0$  ist. In mehrgeschossigen Gebäuden mit über die Geschosse durchlaufenden Stützen wird bei der Bemessung für die Umgebungstemperatur häufig eine gelenkig-gelenkige Lagerung zwischen den Decken angenommen. Die Bemessungstabellen basieren auf Versuchen und Berechnungen mit einer beidseitig gelenkig gelagerten Stütze (Euler-Fall 2) bei Raumtemperatur, die im Brandfall aufgrund der thermischen Ausdehnung durch die Decke und Bodenplatte in ihrer Rotation behindert werden [15]. Diese Annahme gilt nur, wenn die Stützenenden nicht konstruktiv als Gelenke ausgebildet sind, zum Beispiel durch eine Zentrierleiste. Die Bemessungstabellen können jedoch auch für Stützen mit anderen Lagerungsbedingungen angewendet werden. Wenn die wirksame Länge bei Umgebungstemperatur  $l_0$  und im Brandfall  $l_{0,fi}$  ins Verhältnis gesetzt werden, dann erhält man den Faktor K als Maß für die Tragreserve:  $K = l_0 / l_{0,fi} = 2$ .

#### 4.4 Vereinfachte Bemessungsverfahren

##### 4.4.1 Temperaturprofile

Zur einfacheren Bestimmung der Temperaturverteilung in Bauteilen für die Anwendung vereinfachter Bemessungsverfahren wurden als Ersatz für die in Eurocode 2 Teil 1-2 [13] enthaltenen Temperaturprofile, die nur für bestimmte Abmessungen enthalten sind, in [12] analytische Näherungsgleichungen zur Verfügung gestellt. Mit diesen kann die

Temperaturverteilung von Bauteilen, die auf einer, zwei, drei und vier Seiten nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) beflammt sind, sowie für kreisförmige Querschnitte berechnet werden. In einem einseitig ETK-beanspruchten Bauteil darf das Temperaturfeld nach folgender Gleichung berechnet werden, sofern die Bauteildicke größer ist als die in **Tabelle 6** angegebenen Mindestwerte in Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse:

$$\Theta(x, R_{fi}) = \Theta_1(x, R_{fi}) + 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Dabei ist der Temperaturanstieg während der Brandeinwirkung  $\Theta_1(x, R_{fi})$  gegeben durch:

$$\Theta_1(x, t) = 345 \cdot \log_{10} \left( \frac{7(t - \Delta t)}{60} + 1 \right) \cdot \exp \left( -x \sqrt{\frac{k}{t}} \right)$$

Mit

$t$  die Dauer des Normbrandes (in Sekunden),  $R_{fi} \geq 1800$  s,  
 $x$  der Abstand von der brandbeanspruchten Oberfläche (in m),  
 $\Delta t = 720$  s repräsentativ für eine Verzögerung zwischen der Gas-Temperatur und der Oberflächentemperatur des Bauteils,  
 $k = 2,7 \cdot 10^6$  s/m<sup>2</sup>.

##### 4.4.2 Neue Zonenmethode

Die in Eurocode 2 Teil 1-2 [13] enthaltene Zonenmethode basiert auf Materialkennwerten der alten Vornorm und liefert für Stützen Ergebnisse auf der unsicheren Seite [16]. In [12] wurde daher eine neue Zonenmethode eingeführt, die auf der Berechnung der Temperaturverteilung zur Bestimmung der nicht mehr mittragenden Randzone (*rim zone*) mit den vorgenannten analytischen Gleichungen basiert [17].

#### 4.5 Neue Regelungen zur Vermeidung von Betonabplatzungen

In der gültigen Normfassung von Eurocode 2 Teil 1-2 [13] ist der Feuchtegehalt des Betons das zu bewertende Kriterium für eine Antwort auf

Feuerwiderstand	R 30	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
Minstdicke einseitig beanspruchter Betonbauteile (mm)	60	70	100	120	150	200

Tab. 6: Minstdicke einseitig beanspruchter Betonbauteile für die Anwendung der Gleichung zur Bestimmung der Temperaturprofile einseitig beflammteter Betonbauteile

		Nachweis bzgl. Betonabplatzungen darf entfallen
1)	R15	Ja, außer bei gedämmten Bauteilen mit einer Stegdicke kleiner als 80 mm und $f_{ck} \geq 70$ MPa
2)	– Leichtbeton – Tragwerke in wassergesättigter Umgebung – dämmende dauerhafte Schalung, die das Trocknen des Betons verhindert	Nein
3)	$f_{ck} < 70$ MPa und Silicastaubgehalt < 6 % des Zementgewichts	Ja Ausnahmen: – siehe Zeile 2) oder – bei gedämmten Bauteilen, die von drei Seiten beansprucht werden und deren Stegdicken die in Tabelle 10.2. der Norm genannten Mindest-Stegdicken unterschreiten
4)	$f_{ck} < 70$ MPa und Silicastaubgehalt $\geq 6$ % des Zementgewichts oder $f_{ck} \geq 70$ MPa	Nein

Tab. 7: Regeln für Abplatzungen in [12]

# BRANDSCHUTZ-EUROCODES

die Frage, ob Abplatzungen unwahrscheinlich sind oder ob eine genauere Beurteilung erfolgen sollte. Zwar besteht auch weiterhin Konsens darüber, dass der Feuchtigkeitsgehalt eine entscheidende Einflussgröße für das Auftreten von Abplatzungen ist, dieser ist jedoch in der Planungsphase meist nur schwierig vorherzusagen. Daher wurden neue Regeln aufgestellt, bei denen insbesondere die Betonfestigkeit das entscheidende Kriterium dafür ist, ob Abplatzungen durch den Planer zu berücksichtigen sind [17]. **Tabelle 7** fasst die Regeln zusammen.

Wenn der Nachweis für Abplatzungen laut **Tabelle 7** nicht entfallen darf, gibt es die Möglichkeiten, eine spezifische Bewertung des Abplatzens durchzuführen durch:

- das Aufbringen von Schutzschichten,
- die Betrachtung eines reduzierten wirksamen Querschnitts, bei dem eine abgeplatzte Betonschicht vernachlässigt wird,
- die Durchführung von Brandversuchen,
- die Beigabe von Polypropylenfasern (nach den Vorgaben der Norm hinzuzufügen).

## 5 Eurocode 3 Teil 1-2 Brandschutzbemessung von Stahlbauteilen

Die überarbeitete Version des Eurocodes 3 Teil 1-2 [18] ist zurzeit im Enquiry. Wesentliche Änderungen im Vergleich mit der gültigen Norm sind [19]:

- für höherfeste Stähle sind Normbrandkurven bis einschließlich Stahlgüte S700 anwendbar; Naturbrandmodelle sind anwendbar bis einschließlich Stahlgüte S500,
- für feuerverzinkte Stahlbauteile wurde eine (verringerte) Emissivität eingeführt,
- der Anhang C für Edelmehle wurde mit vollständig neuen Inhalten geändert,
- der alte Anhang E für Klasse 4 (Querschnitte) wurde zurückgezogen; dafür wurden neue Bemessungsregeln für Klasse 4 (Querschnitte) in den Hauptteil von Eurocode 3 Teil 1-2 übernommen,
- für Träger mit großen Stegöffnungen wurde ein neuer Anhang E eingeführt,
- die Biegedrillknickspannungskurven wurden weiterentwickelt, um den günstigen Einfluss ungleichmäßiger Biegemomentenverteilungen zu berücksichtigen.

Die geplanten Änderungen bezüglich der Emissivität von feuerverzinkten Stahlbauteilen basieren auf Forschungsarbeiten mehrerer Forschungsinstitute in Europa, so zum Beispiel mit ETK-beflammten Proben (TU München) und mit Naturbrandbeanspruchungen (TU Prag). Die Forschungsarbeiten kommen zu dem Schluss, dass die Emissivität

Oberflächen-temperatur	$T \leq 500 \text{ }^\circ\text{C}$	$T \geq 500 \text{ }^\circ\text{C}$
Baustahl	0,70	
Feuerverzinkter Baustahl <sup>1)</sup>	0,35	0,70

1) Feuerverzinkter Baustahl gemäß DIN EN ISO 1461 und einer Stahlzusammensetzung gemäß Kategorie A und B nach DIN EN ISO 14713-2

Tab. 8: Emissivität  $\epsilon_m$  feuerverzinkter Stahlbauteile in Abhängigkeit von der Temperatur der Stahloberfläche

von feuerverzinkten Stahlbauteilen bei einer Stahlzusammensetzung der Kategorie A und B im Vergleich zu unverzinkten Bauteilen bei Temperaturen bis zu 500°C geringer ist (**Tabelle 8**).

Ein Feuerwiderstand von 30 Minuten kann aufgrund der verringerten Emissivität jedoch nur für massige Profile erreicht werden, sodass für einen Großteil der Profile weiterhin Brandschutzmaßnahmen wie Bekleidungen oder Beschichtungen notwendig sind. Im Folgenden sind die wesentlichen Erkenntnisse für die geplanten Änderungen des Ansatzes der Emissivität zusammengefasst:

- Die Emissivität von Stahlbauteilen bei Raumtemperatur unterscheidet sich wesentlich von der veränderlichen Emissivität bei Hochtemperaturbeanspruchung,
- die Emissivität im Brandfall ist anhand von Ofenprüfungen nach der ETK zu bestimmen,
- bei Erwärmung von verrosteten Stahlbauteilen stellen sich schon nach kurzer Zeit Verläufe mit im Vergleich zur Raumtemperatur kleinerer Emissivität ein,
- der in prEN 1993-1-2 und prEN 1994-1-2 gewählte Ansatz der Emissivität berücksichtigt neben einer unsachgemäßen Lagerung der Bauteile auch eine mögliche Verrußung, da auch Ergebnisse von Naturbrandversuchen berücksichtigt wurden,
- in der Anfangsphase eines Brandes, also in dem Zeitraum, in dem möglicherweise eine Verrußung vorliegen könnte, dominiert die Bauteilerwärmung durch Konvektion, dies relativiert die Bedeutung der Emissivität in dieser Phase.

## 6 Eurocode 4 Teil 1-2 Brandschutzbemessung von Verbundbauteilen

Die überarbeitete Version des Eurocodes 4 Teil 1-2 [20] enthält folgende wesentliche Änderungen im Vergleich mit der aktuellen Norm:

- Verbundstützen aus betongefüllten Stahlrohren (Anhang F),
- Verbunddecken mit Membrantragwirkung (Anhang G),
- Verbundträger mit großen Stegöffnungen (Anhang I),
- Flachdeckenträger (Anhang H).

## 7 Eurocode 5 Teil 1-2 Brandschutzbemessung von Holzbauteilen

In der Überarbeitung von Eurocode 5 Teil 1-2 [11] werden die produkttechnischen Entwicklungen der letzten zwanzig Jahre nun auch für die Brandschutzbemessung berücksichtigt [21]. So werden die Bemessungsverfahren für Verbindungen und für den Raumabschluss von Holzelementen, die bisher auf 60 Minuten begrenzt sind, künftig auf eine Anwendung für bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand angepasst und erweitert. Zudem werden auf Basis einer Reihe von Forschungsarbeiten weiterführende Ansätze für die Naturbrandbemessung von Holzbauteilen bereitgestellt [22], [23]. Des Weiteren wurden Bemessungsregeln für Brettsperrholz, Holz-Beton-Verbundelemente und für Holz-Stegträger berücksichtigt, aber auch inzwischen praxisrelevante Holzarten (wie zum Beispiel Esche), Dämmstoffe (wie biogene Dämmstoffe) und Bekleidungen (beispielsweise Gipsfaserplatten) mit aufgenommen [21].

In der überarbeiteten Version des Eurocodes 5 Teil 1-2 [11] wird von den bisher zwei alternativen vereinfachten Bemessungsverfahren das

Verfahren mit reduzierten Eigenschaften gestrichen, es verbleibt das Verfahren mit reduziertem Querschnitt, welches überarbeitet und ergänzt wird.

Eine wesentliche Erweiterung erfuhr das Modell zur Beschreibung des Abbrandverhaltens. Grund hierfür ist einerseits die Notwendigkeit, auch den Einfluss von Verklebungen auf das Abbrandverhalten mit erfassen zu können und andererseits anwendungsbezogen den Einfluss innerer und äußerer Parameter auf das Abbrandverhalten situationspezifisch abzubilden [21].

### 7.1 Das European Charring Modell

Das Modell des Abbrandverhaltens wurde im Normentwurf [11] überarbeitet. Die ist begründet durch die Notwendigkeit, auch den Einfluss von Verklebungen auf das Abbrandverhalten mit erfassen zu können und darüber hinaus den Einfluss innerer und äußerer Parameter auf das Abbrandverhalten situationspezifisch abzubilden. Hierzu werden Produkte, deren *bond line integrity as maintained* und Produkte deren *bond line integrity* innerhalb der Brandeinwirkung als *not maintained*, jeweils für anfänglich geschützte sowie ungeschützte Bauteile unterschieden. Zur Bewertung dieses Leistungsmerkmals der Verklebung wurde in prEN1995-1-2 Anhang B [11] ein entsprechendes Bewertungsverfahren aufgenommen.

Innerhalb der Brandeinwirkung werden fünf verschiedene Phasen des Abbrandes (Phase 0 bis Phase 4) unterschieden (Abb. 6).

Die Abbrandrate jeder Phase ergibt sich dabei unter systematischer

Berücksichtigung der spezifischen Rand- und Einbaubedingungen. So kann für das jeweils vorliegende Szenario über zugehörige Modifikationsfaktoren dem Einfluss von Fugen, der Faserorientierung, der Mehrseitigkeit der Brandeinwirkung, der Schutzwirkung von Bekleidungen oder auch zum Beispiel der Vorerwärmung Rechnung getragen werden:

$$\beta_n = \prod k_i \cdot \beta_0$$

wobei

$\beta_n$  Bemessungswert der ideellen Abbrandrate innerhalb einer Phase in mm/min,

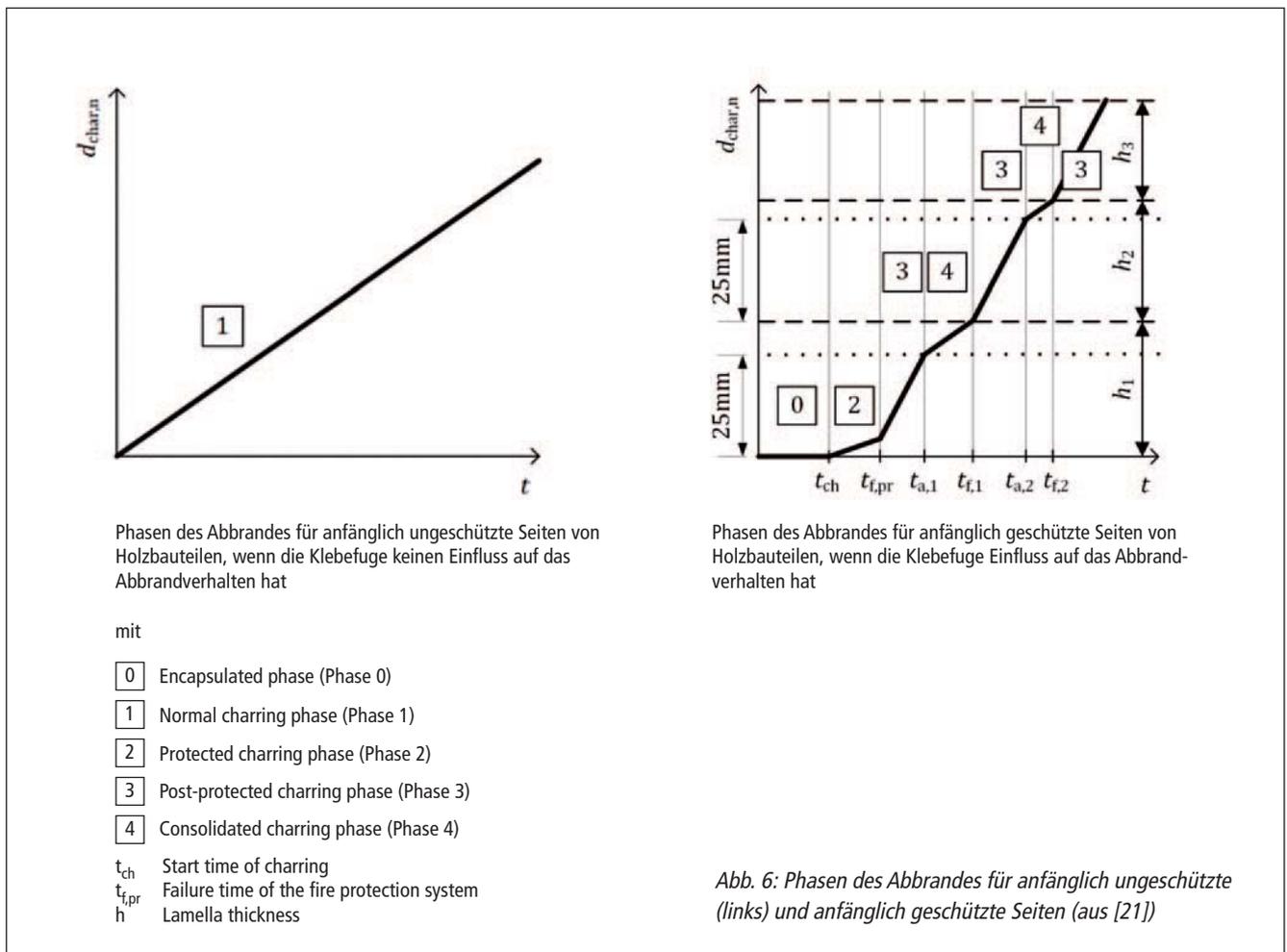
$\beta_0$  Basiswert der eindimensionalen Abbrandrate bei Normbrandbeanspruchung in mm/min,

$\prod k_i$  Produkt der zu berücksichtigenden Modifikationsfaktoren.

Weitere wesentliche Überarbeitungen betreffen:

- den Nachweis der Tragfähigkeit von Holzbauteilen: Bestimmung des ideellen (effektiven) Restquerschnitts, auch unter Berücksichtigung von Naturbrandbeanspruchung,
- ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Raumabschlussfunktion,
- brandschutztechnische Detailausbildungen und den Nachweis von Verbindungen,
- Nachweise mit Naturbrandmodellen.

Für die Bemessung von Holzbauwerken auf Basis von zur ETK abwei-



chenden Bemessungsbränden wurden Regelungen entwickelt, die der stetigen Interaktion zwischen dem Abbrand des Holzes und der Wärmefreisetzung im Brandraum Rechnung tragen. Hierdurch kann nicht nur der Einfluss der mobilen Brandlast, sondern auch der Beitrag brandbeanspruchter Holzkonstruktionen an der Wärmefreisetzung berücksichtigt werden. Die daraus resultierenden thermischen Einwirkungen werden in prEN1991-1-2 Anhang H [3] geregelt (siehe: Kapitel 3.5).

## 8 Literatur

- [1] Zehfuß, J.; Sander, L.: Eurocode 1-1-2 Brandeinwirkungen – Was wird neu? In: Tagungsband der Braunschweiger Brandschutz-Tage am 15. und 16. September 2021 in Braunschweig. ISBN 978-3-89288-226-8
- [2] DIN EN 1991-1-2 (2010): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009, Beuth Verlag GmbH, Dezember 2010
- [3] prEN 1991-1-2: Eurocode 1 – Actions on Structures. Part 1-2: General Actions – Actions on structures exposed to fire. Draft version June 2022
- [4] Zehfuß, J., Sander, L.: Bewertung von neuen Berechnungsansätzen für lokale Brände im Zuge der Novellierung von EN 1991-1-2 Anhang C. Abschlussbericht, DIBt-Forschungsvorhaben Nr. P 52-5-4.203, Technische Universität, Braunschweig, 2019
- [5] Zehfuß, J., Schaumann, P.; Sander, L., Meyer, P.; Gößwein, L.: Bewertung von neuen Sicherheitsfaktoren zur Ermittlung der Brandlastdichte im Zuge der Novellierung von EN 1991-1-2 Anhang E. Abschlussbericht, DIBt-Forschungsvorhaben Nr. P 52-5-4.206, Technische Universität, Braunschweig und Leibniz-Universität Hannover, 2019
- [6] Zehfuß, J. (Hrsg.): Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes. Technischer Bericht vfdb TB 04-01, 4. Auflage März 2020. Münster, Braunschweig: Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb), 2020
- [7] Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.: Beton Brandschutz Handbuch. Düsseldorf. Beton-Verlag, 1981
- [8] Heskestad, G.: Luminous heights of turbulent diffusion flames, Fire Safety Journal, 5:103-108, 1983
- [9] Hasemi, Y., Tokunaga, T.: Flame Geometry Effects on the Buoyant Plumes from Turbulent Diffusion Flames, Fire Science and Technology, Vol. 4, S. 15-26, 1984
- [10] DIN EN 1991-1-2/NA: 2015-09: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke; Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- [11] prEN 1995-1-2: 2020 (E) Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: Structural fire design, Final draft September 5, 2021
- [12] prEN 1992-1-2:2021-01: Eurocode 2 – Design of concrete structures; Part 1-2: General – Structural fire design, Draft version June 2022
- [13] DIN EN 1992-1-2 (2010): Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2008, Beuth Verlag GmbH, Dezember 2010
- [14] Spille, J.; Zehfuß, J.: Neuer Ansatz der thermischen Leitfähigkeit von Beton für die Brandschutzbemessung in Eurocode 2. In: Bau-technik Volume 96 (2019) Heft 6, S. 450-458
- [15] Haß, R.: Zur praxisingerechten brandschutztechnischen Beurteilung von Stützen aus Stahl und Beton. Technische Universität Braunschweig, Dissertation, 1986
- [16] Hosser, D.; Richter, E.: Überführung von EN 1992-1-2 in EN-Norm und Bestimmung der national festzulegenden Parameter (NDP) im Nationalen Anhang zu EN 1992-1-2. Schlussbericht im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik, Az.: ZP 52-5-7.240-1132/04. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig, Dezember 2006
- [17] Reiners, J.; Zehfuß, J.: Eurocode 2-1-2 Stahlbeton- und Spannbetontragwerke – Was wird neu? In: Tagungsband der Braunschweiger Brandschutz-Tage am 15. und 16. September 2021 in Braunschweig. ISBN 978-3-89288-226-8
- [18] prEN 1993-1-2:2022-03: Eurocode 3 – Design of steel structures - Part 1-2: General rules – Structural fire design, Draft version March 2022
- [19] Schaumann, P.; Mund, M.: Eurocode 3-1-2 Stahlbau und Eurocode 4-1-2 Verbundbau – Was wird neu? In: Tagungsband der Braunschweiger Brandschutz-Tage am 15. und 16. September 2021 in Braunschweig. ISBN 978-3-89288-226-8
- [20] prEN 1994-1-2:2021-03: Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design, 2021
- [21] Werther, N. et al.: Eurocode 5-1-2 Holzbau – Was wird neu? In: Tagungsband der Braunschweiger Brandschutz-Tage am 15. und 16. September 2021 in Braunschweig. ISBN 978-3-89288-226-8
- [22] Werther, N.: Einflussgrößen auf das Abbrandverhalten von Holzbauanteilen und deren Berücksichtigung in empirischen und numerischen Beurteilungsverfahren. Dissertation. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, Technische Universität München, 2016
- [23] Schmid, J.: Structural Timber In Compartment Fires - The Timber Charring and Heat Storage Model, Open Eng. 2021. 11:435-452

# Die Brandschutzregeln für Wohnhochhäuser werden in Deutschland und England grundlegend hinterfragt

## Hier dominieren feste brandschutztechnische Regeln, dort gelten schutzzielorientierte Ingenieurmethoden

Obwohl es in Deutschland mit der Muster-Hochhaus-Richtlinie eine ausgereifte Vorgabe für die Planung und für die technische Sicherheit von Hochhäusern gibt, haben Hochhäuser in Deutschland im internationalen Vergleich eine eher untergeordnete Bedeutung. Hier konnte sich außerdem das Vorurteil verfestigen, das deutsche Regelwerk unterbinde im Hochhausbau zukunftsweisende Kreativität und progressive Innovation und erschwere deshalb auch die Realisierung gesellschafts-, sozial- und umweltpolitisch notwendiger Trends, beispielsweise begrünter Fassaden oder der Holzhybridbauweise. In England ist das anders. Dort werden seit vielen Jahren weit mehr Wohnungshochhäuser geplant und gebaut als bei uns, und es werden aufregende architektonisch wegweisende Hochhäuser errichtet. Ebenso wegweisend sind die Überlegungen und Pläne, die hier wie dort für künftige brandschutztechnische Regelungen und Standardvorschriften für Wohnungshochhäuser diskutiert werden. Können beide Länder voneinander lernen? Sich womöglich gegenseitig inspirieren? Diesen Fragen geht der folgende Beitrag nach. Er stellt die allgemeinen brandschutztechnischen Anforderungen für ein Wohnungshochhaus in England im Vergleich zu Deutschland vor und stellt fest: In Deutschland setzt man mehr auf feste brandschutztechnische Regeln, in England vor allem auf schutzzielorientierte Ingenieurmethoden. Die aber, so das vorläufige Fazit der Autoren, werden hier wie dort in den kommenden Jahren erheblich an Bedeutung gewinnen.



Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)  
Boris Stock

wurde von der IHK Köln als Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz öffentlich bestellt und vereidigt und übt an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik der Technischen Hochschule Köln und an der Bauhaus-Universität Weimar Lehraufträge für Themen des Brandschutzes aus; Boris Stock ist Mitarbeiter des Sachverständigenbüros BFT Cognos GmbH in Köln und Mitinitiator der produktunabhängigen Plattform für Ingenieurmethoden des Brandschutzes und für Evakuierungssimulationen (F-Sim.de).



Dipl.-Ing. CEng Karl Wallasch

hat von 2000 bis 2005 an der Bauhaus Universität in Weimar das Bauingenieurstudium (Konstruktiver Ingenieurbau) absolviert und fing 2006 als Brandschutzingenieur in London an; 2019 war er Mitbegründer und ist heute Direktor bei der Trigon Fire Safety Ltd (London), einem unabhängigen Beratungsunternehmen für Brandschutztechnik.

## 1 Einführung

Der gesellschaftliche Trend zur Urbanisierung und der Wohnraumangel in den Innenstädten haben in den letzten Jahren zu einer deutlichen Nachverdichtung vieler Innenstädte geführt. Mehr als die Hälfte der weltweiten Population wohnt in Großstädten, und bis 2050 erwarten Experten der UNO, dass dieser Anteil auf 68 Prozent ansteigen wird [1]. Neben dem Schließen von Baulücken oder der Nutzung bisher ungenutzter Dachgeschosse erlauben Hochhäuser seit jeher die intensive Nutzung relativ kleiner und teurer Baugrundstücke. Weltweit ist im Zuge der Urbanisierung und der weiteren Verdichtung von Großstädten deshalb ein Trend zur Planung und zum Bau von Hochhäusern festzustellen.

Auch wenn Hochhäuser in Deutschland im internationalen Vergleich eine eher untergeordnete Bedeutung haben [2], [3], kann sich der Blick über den Tellerrand durchaus lohnen. Betrachtet man beispielsweise medienwirksame Neubauten von Hochhäusern in England, kann schnell der Eindruck entstehen, dass das deutsche Regelwerk Kreativität und Innovation unterbindet und die Umsetzung aktueller Trends wie beispielsweise begrünte Fassaden oder Holzhybridbauweise in Deutschland unnötig erschwert. Deshalb kann es durchaus sinnvoll sein, die allgemeinen brandschutztechnischen Anforderungen für ein Wohnungshochhaus in England mit denen in Deutschland zu vergleichen und sich damit gleichzeitig einen Überblick über die aktuellen Trends im Hochhausbau in beiden Ländern zu verschaffen.

## 2 Anforderungen im Vergleich

Betrachtet man grundlegende Anforderungen an Hochhäuser in England/Wales und Deutschland, fallen schnell erste Unterschiede auf.

Die (verkürzte) tabellarische Auflistung der grundlegenden Charakteristika und der Anforderungen an Wohnungshochhäuser in **Tabelle 1** zeigt teilweise erhebliche Unterschiede zu den deutschen Regelungen. Von den rein materiellen Anforderungen abgesehen, gibt es aber einen signifikanten Unterschied zwischen England und Deutschland: In Deutschland gibt es eine verbindliche Richtlinie, die allgemein von Planern und Behörden akzeptiert ist und von der lediglich im Einzelfall begründet abgewichen werden darf.

Für eine Wohnungsnutzung sind in England die Anforderungen aus den *Building Regulations*, dem *Approved Document B* und dem *BS 9991* zu beachten. Ab 45 beziehungsweise 50 Meter Höhe gibt es kein verbindliches Regelwerk mehr. Die Planung erfolgt dann rein schutzzielorientiert, unter Anwendung von Ingenieurmethoden des Brandschutzes (BS 7974), da herkömmliche britische (Standard-)Richtlinien nicht ausreichend auf die spezifischen Probleme eingehen. Festzuhalten ist allerdings auch, dass, unter anderem, als Konsequenz aus dem *Grenfell Tower Fire* eine breite und intensive Diskussion über die

Deutschland	England/Wales
Muster-Hochhaus-Richtlinie 2008 beziehungsweise die Hochhausrichtlinien der Länder	Grundlegende Anforderungen aus den <i>Building Regulations</i> 2010 [6], hier werden aber lediglich qualitative Vorgaben gemacht ( <i>functional requirements</i> ). Detaillierte Anforderungen ergeben sich für Hochhäuser mit einer reinen Wohnungsnutzung aus dem <i>Approved Document B</i> , Volume 1 [7] und dem BS 9991 [8]; beide sind Richtlinien für den Standardfall und nur für eine reine Wohnungsnutzung anzuwenden. Beide sind nicht abschließend. Beispielsweise müssten für eine Büronutzung die Regelungen in [9] und [10] herangezogen werden. Während [6] keine weitere Unterscheidung zwischen Wohnungshochhäusern ab 30 Meter macht, wird in [8] dargestellt, dass Hochhäuser ab 45 beziehungsweise ab 50 Meter <i>Besondere Bauten</i> sind [8], [10] und daher mittels Ingenieurmethoden des Brandschutzes (BS 7974) [11] über ein <i>Qualitative Design Review</i> (QDR) zunächst nachgewiesen werden muss, ob die Standardrichtlinie angewendet werden kann, oder ob der Brandschutznachweis nur mit Hilfe von Ingenieurmethoden erfolgen sollte, um die spezifischen Risiken eines (Wohnungs-)Hochhauses zu adressieren.
Gebäude mit einer Höhe der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel von mehr als 22 Meter Besondere Anforderungen für Hochhäuser $\geq 60$ Meter, zum Beispiel sind Verkaufsräume $> 22$ Meter ausgeschlossen	Ab 30 Meter Höhe erfolgt eine Bewertung als Hochhaus. Nach [8] ab 50 Meter keine verbindlichen Vorgaben mehr Nutzungen wie Büro oder Wohnen werden unterschiedlich bewertet.
Tragwerk feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen, bei mehr als 60 Meter eine Feuerwiderstandsfähigkeit von 120 Minuten	120 Minuten nach [7] 75, 90, 105 oder 120 nach [8] und in Abhängigkeit von einer risikobasierten Bewertung unter Beachtung von unter anderem Löschanlage, Lüftung, Höhe etc.
Raumabschluss nichtbrennbar und 120, 90 oder 30 Minuten	Wohnungen lediglich 60 Minuten voneinander getrennt Wohnungen zu Flur ebenfalls 60 Minuten
Nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände müssen in allen ihren Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Dies gilt nicht für 1. Fensterprofile, 2. Dämmstoffe in nichtbrennbaren geschlossenen Profilen, 3. Dichtstoffe zur Abdichtung der Fugen zwischen Verglasungen und Tragrippen, 4. Kleinteile ohne tragende Funktion, die nicht zur Brandausbreitung beitragen. Die Sätze 1 und 2 gelten auch für Außenwandbekleidungen, Balkonbekleidungen und Umwehrungen.	Außenwände sollen aus European Classification A2-s1, d0 oder A1, klassifiziert nach BS EN 13501 Part 1: 2007+A1: 2009 [12], bestehen. Dies gilt nicht für: (a) Hohlräume, wenn sie zwischen zwei Mauerwerksschichten verwendet werden, (b) alle Teile eines Daches (mit Ausnahme der Teile eines Daches, die unter Regulation 2 Absatz 6 Ziffer iv) fallen), wenn dieser Teil mit einer Außenwand verbunden ist, (c) Türrahmen und Türen, (d) elektrische Installationen, (e) Isolier- und Abdichtungsmaterialien, die unterhalb der Erdoberfläche verwendet werden, (f) intumeszierende und feuerhemmende Materialien, wenn die Verwendung dieser Materialien erforderlich ist, um die Anforderungen von AD Part B der Anlage 1 zu erfüllen, (g) Membranen, (h) Abdichtungen, Dichtungen, Befestigungen, Dichtungsmassen und Hinterfüllstangen, (i) thermisch trennende Materialien, wenn die Einbeziehung der Materialien notwendig ist, um die Anforderungen an Wärmebrücken gemäß AD Part L [14] von Liste 1 zu erfüllen, (j) Fensterrahmen und Glas.
In Hochhäusern mit nicht mehr als 60 Meter Höhe genügt an Stelle von zwei notwendigen Treppenräumen ein Sicherheitstreppenraum.	Derzeit gibt es keine Höhenbeschränkung für Wohnungshochhäuser mit nur einem Sicherheitstreppenraum. Für Wohnungshochhäuser über 50 Meter muss jedoch über ein QDR (siehe oben) nachgewiesen werden, dass ein Treppenhaus ausreichend ist, um die Schutzziele zu erfüllen.
In der Regel Brandmelde- und Alarmierungsanlage sowie eine automatische Feuerlöschanlage erforderlich	Rauchmelder in jeder Wohnung, Alarmierung ausschließlich der jeweiligen Wohnung, keine externe Alarmierung Für Wohngebäude ab 18 Meter Höhe sollte eine interne manuelle Alarmierungsanlage für die Nutzung durch die Feuerwehr vorgesehen werden, damit mehr als eine Wohnung (komplettes Geschoss oder mehrere Geschosse etc.) evakuiert werden können (BS 8629: 2019 [13]). Automatische Feuerlöschanlage für Wohnhochhäuser $> 11$ Meter

Tabelle 1: Auflistung der wesentlichen Grundlagen und Anforderungen an Hochhäuser

Bestimmungen für Wohnungshochhäuser entstanden ist, die teilweise schon zu signifikanten Änderungen der Anforderungen und der Genehmigungsverfahren geführt hat.

Allerdings gibt es in England aktuell immer noch kein umfassendes, abschließendes Regelwerk für die Planung von Hochhäusern im Wohnungsbau, und die objektbezogene Herleitung von materiellen Anforderungen an das Einhalten des Sicherheitsniveaus ist eher die Regel als die Ausnahme. Dies kann als Freiheit beim Planungsprozess bewertet werden, kostet allerdings auch Planungssicherheit, deren Bedeutung bei kürzer werdenden Genehmigungsprozessen und der Höhe des Investments nicht unwesentlich ist.

### 3 Trends in England

Resultierend aus der Brandkatastrophe um Grenfell (2017) und dem Abschlussbericht von Dame\* Judith Hackitt [15] wurden in England mehrere brandschutztechnische Richtlinien und Regelwerke erneuert und derzeit sind weitere in der Planung. Ein Beispiel ist die Forderung nach einer flächendeckenden Sprinklerung von Wohnungsbauten ab einer Höhe von mehr als elf Meter von Mai 2022 (*Anmerkung: Davor wurden solche ab 2006 erst ab einer Höhe von 30 Meter gefordert; vor 2006 gab es keine Anforderung an eine Sprinklerung im Wohnungsbau*). Dame Judith Hackitt wurde mit der Überprüfung des aktuellen rechtlichen Regelwerks und Prüfungssystems beauftragt. Die Resultate und Empfehlungen ihrer Arbeit wurden in einem Bericht zusammengefasst und veröffentlicht. Es wurde eine neue Prüfdienststelle gegründet, die sich speziell mit der Prüfung von Wohnungsbauten (sogenannten higher-risk Gebäuden) beschäftigt. Seit dem 1. August 2021 muss bereits bei dem Bauplanungsverfahren ein von der englischen Ingenieurkammer anerkannter Brandschützer ein Brandschutzkonzept erarbeiten und ein Formular bei der neu eingeführten Baubehörde (der *Health and Safety Executive*) unterzeichnen und einreichen, sobald ein Gebäude mehr als zwei Wohnungen und eine Höhe von 18 Meter oder mehr aufweist [16].

Neu ist die frühe Berücksichtigung des Brandschutzes im Planungsprozess, der Fokus auf den Hintergrund des Brandschutzherstellers und dessen Ausbildung, Kompetenzen und Erfahrung in der Planung und Bewertung von Wohnungshochhäusern. Die erste Überprüfung findet im *Gateway One* in der Bauantragsphase statt. In Zukunft werden weitere harte Stopps eingeführt: *Gateway Two* (mit Einreichung zum Bauantrag und vor Beginn der Baustellentätigkeit) und *Gateway Three* (vor Übergabe und Nutzung des Gebäudes).

Die Neueinführung von Regelwerken zielt auf eine verbesserte Kommunikation zwischen allen Beteiligten ab, soll deutlicher Funktionen und Verantwortungen abbilden und eine bessere Zusammenarbeit aller Beteiligten am Entwurf, an der Detailplanung, der Baukonstruktion, der Abnahme und am Gebäudemanagement bewirken [17]. Ebenfalls neu ist, dass alle Bestandsbauten (das sind circa 12.500 Wohnungsbauten in England und Wales) regelmäßig (mindestens alle fünf Jahre) rückwirkend auf Risiken bewerten werden müssen und *Safety Case Reports* erstellt werden [18]. Darüber hinaus werden sich aber auch Änderungen ergeben, die die Prüfung und die Zulassung von Bauprodukten betreffen.

\* *Männliche adelige Würdenträger werden in England mit „Sir“ betitelt, weibliche als „Dame“*

Beispiele für diese planerische Freiheit bei Hochhäusern werden in den Medien regelmäßig veröffentlicht, wohl auch deshalb, weil Hochhäuser beeindruckende Ingenieurleistungen sind und die Skyline und das Image einer Stadt prägen, wie kaum sonst eine bauliche Anlage.

### 4 Fassadenbegrünung

Brandschutztechnisch muss man unterscheiden, zwischen einer Fassadenbegrünung oder einer intensiven Nutzung von beispielsweise Balkonen zur Aufstellung von Pflanzen.

Während Pflanzen auf Balkonen strenggenommen nicht Teil der Baugenehmigung sind, kann zumindest für die Fassadenbegrünung das Trägersystem dem Gebäude zugerechnet werden (**Abb. 1**).

In den letzten Jahren hat es zu diesem Problem eine Reihe von Forschungsvorhaben gegeben [19], [20], [21], [22]; Hamburg [23] und Wien [24] haben beispielsweise Handbücher und Leitfäden veröffentlicht, und die Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland, eine sich selbst tragende Vereinigung aller Berufsfeuerwehren im Deutschen Städtetag (DST), und der Deutsche Feuerwehrverband haben eine Fachempfehlung veröffentlicht [25]. Die Planung von Fassadenbegrünung kann entsprechend der *Richtlinie für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen* erfolgen, die seit der Ausgabe 2018 auch ein Kapitel über Anforderungen an den Brand- und Blitzschutz enthält.

Die ersten Erkenntnisse dieser Forschungsvorhaben sind breit gefächert. Während einige der Veröffentlichungen feststellen, dass „im Großbrandversuch alle verwendeten Arten entflammten [...]“ [20] und „nach ca. 3 Minuten und 9 Minuten Versuchsdauer eine Durchzündung über die gesamte Höhe der Grünfassade erkennbar war (Strohfeuereffekt)“ [21] ist als Fazit einer anderen Studie festzuhalten, dass „Fassadenbegrünungen – speziell solche mit Gerüstkletterpflanzen – erst nach sehr langer starker Erhitzung brennen. [...] Wenn eine sachgerechte Pflege gewährleistet wird, sind selbst mit Efeu attraktive und brandsichere Fassadenbegrünungen machbar“ [22].

Bei all den Vorteilen, die eine Fassadenbegrünung bieten kann (gestalterische Qualität, Verbesserung der Luftqualität, Abminderung bei Starkregenereignissen und nicht zuletzt eine Senkung der Temperaturen bei dichter Bebauung): wollen wir diese Widersprüche ausgerechnet an Hochhäusern auflösen? Oder ist es nicht sinnvoller, sich in den kommenden Jahren städtebaulich über die Gebäudeklassen nach oben zu arbeiten, um Erfahrungen zu sammeln?

Auch vor dem Hintergrund zum Beispiel des Brandes eines Wohnblocks in Essen am 21. Februar 2022 [26] kann die Frage aus brandschutztechnischer Sicht eigentlich nur rhetorisch verstanden werden, und die intensive Begrünung einer Hochhausfassade ohne beispielsweise eine Löscheinrichtung kommt einem Experiment gleich.

### 5 Holzhochhäuser

Ein weiteres Beispiel für medienwirksame Freiheiten bei Hochhäusern ist die Holzhybridbauweise. In den Medien regelmäßig als Holzhochhäuser bezeichnet, wird nicht selten der Eindruck erweckt, das gesamte Gebäude würde in wesentlichen Teilen aus Holz bestehen (**Abb. 2**) und auf Stahl oder Stahlbeton würde weitestgehend verzichtet. Auch



Foto: Thomas Ledl/Wikipedia

Abb. 1: Trägersysteme für Fassadenbegrünungen können durchaus dem Gebäude zugerechnet werden – Pflanzen auf Balkonen nicht. Unser Foto zeigt die begrünten Zwillingtürme eines Hochhauskomplexes in Mailand (Bosco Verticale, dt.: Vertikaler Wald genannt, Architekten: Architekturbüro Stefan Boeri; Bauherr war Manfredi Catella). Die beiden Wohngebäude wurden von 2008 bis 2013 errichtet und im Oktober 2014 fertiggestellt, sie sind 110 und 80 Meter hoch. [1]

wird regelmäßig über die Sichtbarkeit von Holz innerhalb von Nutzungseinheiten der Eindruck erweckt, die Verwendung von Holz sei bisher nicht möglich gewesen.

Wie auch immer: für tragende und aussteifende Bauteile, raumabschließende Bauteile, Außenwände und Dächer ist die Verwendung von Holz (eigentlich) ausgeschlossen. Aus brandschutztechnischer Sicht liegen die Gründe hierfür auf der Hand: Holz ist brennbar und das bedeutet Nachteile bei der Höhe der Brandlast, der Brandausbreitung, der Ausbildung von Glutnestern und der Feuerwiderstandsklasse. Durch eine feuerbeständige Bauweise in Holz lässt sich nur der letzte genannte Punkt kompensieren.

Fragt man nach den Vorteilen einer (hybriden) Holzbauweise, werden häufig die gestalterische Freiheit, Kostenersparnis durch Modulbauweise sowie der Umweltschutz genannt. Allerdings werden alle diese Vorteile erstmal mit Nachteilen im Bereich des Brandschutzes erkauft.

Technisch faszinierende Beispiele dafür sind das Holzgebäude *Mjostarnet* in Norwegen (Abb. 3) und der *Oakwood Timber Tower* des Architekturbüros PLP Architecture; allerdings wird in den Berichten über die-

ses Projekt auch deutlich darauf hingewiesen, dass „... sich das Projekt derzeit noch im Forschungsstadium befindet. Ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Architekten arbeitet fieberhaft an der Machbarkeit des gigantischen Holzturms“ [28]. Dabei scheinen die wissenschaftlich zu klärenden Fragen durchaus noch grundlegender Natur zu sein.

Konzentriert man sich beim Thema Umweltschutz auf die Bindung von CO<sub>2</sub> und lässt Themen wie eine hohe Biodiversität in nicht bewirtschafteten Wäldern außen vor, mag das ein Argument sein, das allerdings gegebenenfalls durch eine erforderliche Überdimensionierung der Holzbauteile oder zusätzliche Maßnahmen wie eine Bekleidung mit GKF-Platten an Gewicht verliert. Anders als in England stellt sich in Deutschland allerdings die Frage, ob es wirklich zielführend im Sinne der CO<sub>2</sub>-Einsparung ist, Holz beim Bau von Hochhäusern einzusetzen und nicht vornehmlich in den Gebäudeklassen 1 bis 5.

Auch sollten Baustoffe wie Stahl und Beton nicht per se als umweltschädlich definiert werden. Problematisch ist der hohe Energiebedarf bei der Produktion. Hat man dieses Problem im Griff, entscheidet am Ende das schlüssigere Nachhaltigkeitskonzept.

Illustration: Armin Schieb, sepiä

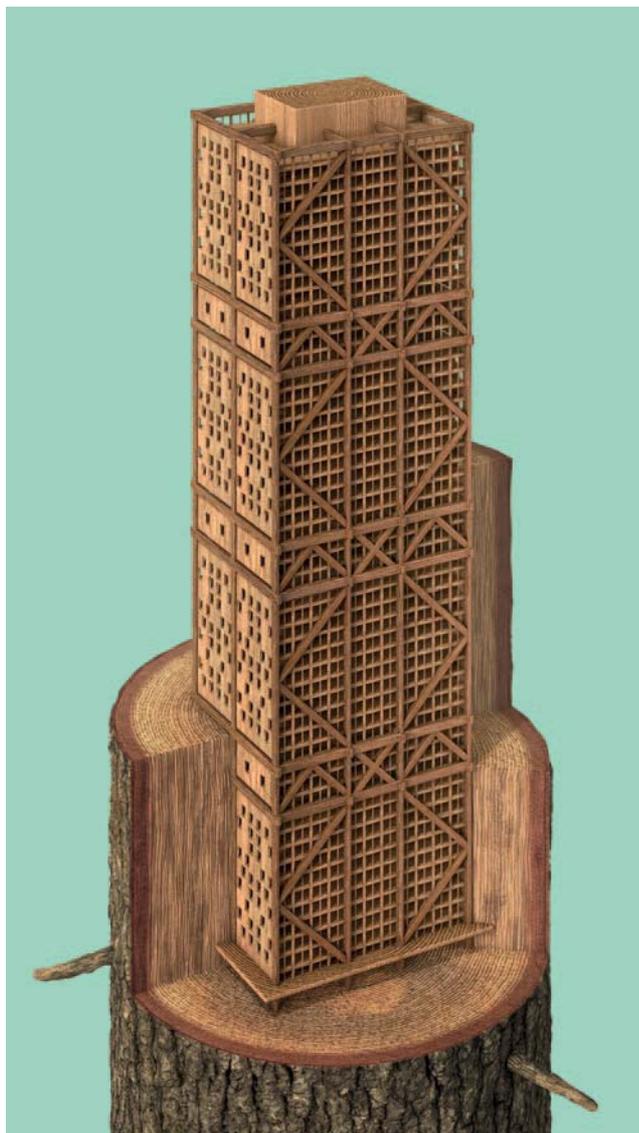


Abb. 2: Symbolische Darstellung eines Holzhochhauses in den Medien [27]

Foto: Wikipedia/NimaRundsveen



Abb. 3: In Brumunddal in Norwegen steht dieses Holzgebäude („Mjostarnet“, Voll Arkitektur, Trondheim), das bei seiner Fertigstellung 2019 als das höchste Holzgebäude der Welt galt. Für das 18stöckige Gebäude wurden Brettschichtholz und Leimschicht-holzbalken verwendet, die stark genug waren, um Beton und Stahl zu ersetzen. Um starke äußere Kräfte zu überwinden, wurden großflächige Säulen und Traversen verwendet.

## 6 Fazit

Dieser Artikel stellt die allgemeinen brandschutztechnischen Anforderungen für ein Wohnungshochhaus in England und Wales im Vergleich zu Deutschland dar. Ebenfalls werden aktuelle Trends im Hochhausbau betrachtet.

Obwohl im Vereinigten Königreich weit mehr Wohnungshochhäuser geplant und gebaut werden als in Deutschland und die Architektur bereits aufregende Projekte realisiert, ist davon auszugehen, dass sich die brandschutztechnischen Regelungen und Standardvorschriften in den nächsten Jahren grundlegend verändern werden. Ingenieurmethoden des Brandschutzes werden bei der Planung von Wohnungshochhäusern eine zunehmend wichtige und zentrale Rolle spielen, um gebäudespezifische brandschutztechnische Lösungen zu liefern.

Glaut man den Medien, liegt Deutschland bei aktuellen Hochhaus-Trends nicht im Spitzenfeld, dafür hat Deutschland eine ausgereifte Muster-Hochhaus-Richtlinie (MHHR), Planungssicherheit und ein hohes Sicherheitsniveau. Die Frage, inwiefern das Versprechen des Umweltschutzes eingelöst wird, bleibt zu überprüfen und ist komplex zu beantworten. Inwiefern die genannten Trends und Freiheiten tatsächliche Probleme wie Baukosten und fehlende Nachhaltigkeit bei gleichem Sicherheitsniveau lösen, ist nicht abschließend geklärt.

## 8 Literatur

- [1] [<https://www.economist.com/science-and-technology/2021/02/13/building-sustainable-cities-with-wooden-skyscrapers>], 11th February 2021.
- [2] [http://www.bulwiengesa.de/sites/de-fault/files/studie\\_hochhauser.pdf](http://www.bulwiengesa.de/sites/de-fault/files/studie_hochhauser.pdf)
- [3] New London Architecture, NLA London Tall Building Report 2021, April 2021
- [4] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 27.09.2019
- [5] Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (Muster-Hochhaus-Richtlinie (MHHR)), Fassung April 2008, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Februar 2012
- [6] Building Regulations 2010, Her Majesty's Stationery Office (HMSO), England and Wales. September 2010
- [7] Approved Document B - Volume 1: Dwellings, Amendment December 2019 (amendments May 2020), [www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b](http://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b); (Am 1. Juni 2022 sind leichte Veränderungen veröffentlicht worden, die im Dezember 2022 in Kraft treten)
- [8] BS 9991: 2015, Fire safety in the design, management and use of residential buildings. Code of practice, October 2015, The British Institution, BSI (ein neuer Draft BS 9991 wurde 2021 veröffentlicht und eine Neuauflage wird für Ende 2022/Anfang 2023 erwartet)
- [9] Approved Document B, Volume 2: Buildings other than dwelling-houses, Amendment December 2019 (amendments 2020). [www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b](http://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b) (Am 1. Juni 2022 sind leichte Veränderungen veröffentlicht worden, die im Dezember 2022 in Kraft treten)
- [10] BS 9999: 2017, Fire safety in the design, management and use of buildings – Code of practice, January 2017, The British Institution, BSI
- [11] BS 7974: 2019, Application of fire safety engineering principles to the design of buildings; Guide to design framework and fire safety engineering procedures; The British Standard Institution (BSI), 2019
- [12] BS EN 13501 Part 1: 2007+A1: 2009, Fire classification of construction products and building elements – Classification using test data from reaction to fire tests; The British Standard Institution (BSI), 2007
- [13] BS 8629: 2019, Code of practice for the design, installation, commissioning and maintenance of evacuation alert systems for use by fire and rescue services in buildings containing flats; The British Standard Institution (BSI), 2019
- [14] Approved Document L – Conservation of fuel and power (2014); [www.gov.uk/government/publications/conservation-of-fuel-and-power-approved-document-l](http://www.gov.uk/government/publications/conservation-of-fuel-and-power-approved-document-l)
- [15] Independent Review of Building Regulations and Fire Safety: final report, May 2018, Ministry of Housing, Communities & Local Government
- [16] Fire safety and high-rise residential buildings (from 1 August 2021), [www.gov.uk/guidance/fire-safety-and-high-rise-residential-buildings-from-1-august-2021](http://www.gov.uk/guidance/fire-safety-and-high-rise-residential-buildings-from-1-august-2021), Department of Levelling Up, Housing and Communities, 24 June 2021, update: 20 August 2021
- [17] Golden thread: factsheet, [www.gov.uk/government/publications/building-safety-bill-factsheets/golden-thread-factsheet#background](http://www.gov.uk/government/publications/building-safety-bill-factsheets/golden-thread-factsheet#background), Department of Levelling Up, Housing and Communities, April 2022
- [18] Safety cases and safety case reports, HSE, [www.hse.gov.uk/building-safety/safety-cases-reports](http://www.hse.gov.uk/building-safety/safety-cases-reports)
- [19] Werner, D., Pöhn, C., Enzi, V.: Naturbrandversuch an Fassadenbegrünung, Österreichischer Brandschutzkatalogs 2017, S. 56
- [20] Preiss, J.: Können Fassadenbegrünungen brennen?, BuGG-Fassadenbegrünungssymposium am 25.09.2018 in Hamburg
- [21] Werner, D., Pöhn, C., Enzi, V.: Brandverhalten bei Fassadenbegrünungen, Österreichischer Brandschutzkatalogs 2019, S. 42
- [22] Brandwein, Th.: Statistisches über Brände mit Kletterpflanzen und Strategien zu ihrer Vermeidung, Vortrag, gehalten auf dem Workshop „Brandschutz und Grün“, Wien, 24. Oktober 2014
- [23] Dachbegrünung – Leitfaden zur Planung, Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie (BUE)
- [24] Leitfaden Fassadenbegrünung, Wiener Umweltschutzabteilung, MA 22, Bereich Räumliche Entwicklung, 2019
- [25] Brandschutz großflächig begrünter Fassaden, Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes, 2020.
- [26] Gemeldetes Feuer auf Balkon greift auf gesamten Wohnblock über, mehr als 150 Feuerwehrkräfte im Einsatz, <https://www.presseportal.de/blaulicht/pm/56893/5152165>
- [27] Holzhybrid statt Stahlbeton, Fraunhofer-Magazin 1/2022, S. 76, Illustration Armin Schieb
- [28] <http://www.plparchitecture.com/oakwood-timber-tower.html>

**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:** Dr.-Ing. Jörg Diener, Erfurt

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

*Die Redaktion des PRÜFINGENIEURs bittet ihre 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 Arbeitstagen 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 PRÜFINGENIEUR* erscheint mit zwei Ausgaben pro Jahr. Bestellungen sind an den Herausgeber zu richten.

Auflage: 5000 Exemplare









