

50 Jahre VDB: 1974 bis 2024



Impressum

Herausgeber:

Verband Deutscher Betoningenieure e.V.
TechnologiePark, Friedrich-Ebert-Straße 75
51429 Bergisch Gladbach
www.betoningenieure.de

Redaktion:

Dipl.-Ing. Rainer Büchel VDB

Gesamtproduktion

TheissenKopp GmbH, Monheim am Rhein
www.theissenkopp.de

Inhaltsverzeichnis

Der VDB – Ein moderner Verband mit Vergangenheit	7
Rainer Büchel	
Die großen Schritte der Betontechnologie in den 1970er- und 1980er-Jahren	37
Rupert Springenschmid	
Entwicklungen auf der Betonbaustelle nach dem zweiten Weltkrieg	49
Edgar Kern	
Entwicklung der Betontechnologie in Regelwerken – Die Zeit von 2000 bis heute	63
Udo Wiens	
Der Aufgabenwandel beim Betoningenieur: Von herkömmlichen Dauerhaftigkeitsregeln zur ingenieurmäßigen Bemessung auf Lebensdauer	133
Harald S. Müller	
Der VDB der Zukunft	149
Matthias M. Middel und Stefan Kordts	
Anhang	157
Ehrenvorsitzende und Ehrenmitglieder	
Geschäftsführender Vorstand und Kassenprüfer ab 1974	
Leiter und Leiterinnen der Regionalgruppen seit 1974	
Mitgliederentwicklung 1974 bis 2023	

VDB

Der VDB – Ein moderner Verband mit Vergangenheit



Bild 1: Eine starke Gemeinschaft für die Qualität von Beton – Teilnehmer der VDB-Fachtagung 2012 vor dem Science Center „phaeno Wolfsburg“. Das nach Entwürfen von Zaha Hadid erstellte Sichtbeton-Bauwerk – eines der ersten aus Selbstverdichtendem Beton (SVB) in Deutschland – ist auch ein Symbol für die Fortschritte der Betontechnologie und die hohen Anforderungen an die Fähigkeiten der Betontechnologen und Betontechnologinnen.

Der VDB – Ein moderner Verband mit Vergangenheit

Von Rainer Büchel, Wuppertal

*Eine Chronik schreibt nur derjenige,
dem die Gegenwart wichtig ist.*

Johann Wolfgang von Goethe [1]

„Und noch eine Chronik?“ mag mancher Betontechnologe denken, der schon einige Chroniken von in die Jahre gekommenen Verbänden in Händen gehalten hat. Natürlich gab es auch im Vorstand des Verbands Deutscher Betoningenieure diese Stimmen. Aber viel häufiger war zu hören, dass schon die Chronik zum 25-jährigen Jubiläum des VDB im Jahr 1999 [2] wie ein Familienalbum, in dem man immer wieder gerne blättert, einen besonderen Platz im Bücherregal gefunden hat. Man erinnert sich gerne an die gemeinsamen Erlebnisse auf Fachveranstaltungen, Exkursionen und geselligen Beisammensein. Man schätzt den Erfahrungsaustausch unter den Kollegen, der einem so manches Mal bei der Bewältigung schwierigster beruflicher Aufgaben geholfen hat. Und man freut sich auf die gemeinsame Zukunft in diesem Verband Deutscher Betoningenieure (VDB), der nun auf ein 50-jähriges Bestehen zurückblicken kann, als moderner Verband mit Zukunft aber sein Handeln und Wirken an den kommenden Herausforderungen ausrichtet.

Und so ist diese „Festschrift“ nicht als wehmütiger Blick zurück gedacht, sondern als Resümee aus der Vergangenheit, das den Weg in die Zukunft weist. Die persönlichen Erinnerungen und Gedanken der VDB-Mitglieder, die in dieser Festschrift enthalten sind, geben wieder, wie sie die stürmische Entwicklung der Betontechnologie in den vergangenen Jahrzehnten erlebt haben und wie der Verband Deutscher Betoningenieure als Forum für den Erfahrungsaustausch untereinander unverzichtbarer Bestandteil für das Bestehen der Herausforderungen im Berufsalltag geworden ist.

*Jede Geschichte hat einen Anfang, eine Mitte und ein Ende,
aber nicht unbedingt in dieser Reihenfolge.*

Jean-Luc Godard [3]



Bild 2: Dr.-Ing. Robert Weber (li)
im August 1973 kurz nach seiner
Wahl zum Vorsitzenden des VdB
im damaligen Beton-Verlag in
Düsseldorf-Oberkassel.

Die Geschichte des Verbands Deutscher Betoningenieure (VDB) beginnt mit dem Ende von zwei Verbänden mit gleichen Zielen, aber sehr unterschiedlichen Charakteren. Und so war es keine Liebe auf den ersten Blick, sondern ein mühsamer Weg, bis man sich am 16. Mai 1974 im Alten Rathaus in Hannover zusammenfand, um einen gemeinsamen Verband zu gründen und die Vorgänger aufzulösen. Dies waren:

- der Verein Norddeutscher Betontechnologen e. V. (VNB) mit Sitz in Hamburg unter dem Vorsitz von Dipl.-Ing. Ferdinand Sengen und
- der Verband der Betoningenieure e. V. (VdB) mit Sitz in Köln unter dem Vorsitz von Dr.-Ing. Robert Weber.

Dies war keine einfache Geburt, da die Aufnahmebedingungen dieser beiden Verbände sehr unterschiedlich waren und durchaus eine Konkurrenz zwischen beiden Verbänden gesehen wurde [2]. Doch dazu später mehr.

Der „Club“ der Betoningenieure

Das ich einmal Mitglied im Verband Deutscher Betoningenieure werden sollte, war zu Beginn meiner beruflichen Laufbahn nicht so sicher. Der 1. Vorsitzende des VDB, Dr.-Ing. Robert Weber, lehrte an meiner Hochschule als Lehrbeauftragter Betontechnologie und hatte den Ruf, Studenten doch tatsächlich den „Seminarschein“ zu verweigern, wenn man zu viele Fragen nicht korrekt beantworten konnte. Ich konzentrierte mich lieber auf den Erd- und Grundbau. Dem jungen Bauingenieur in einem Hochbauunternehmen Mitte der 1980er-Jahre flüsterte ein Fremdüberwacher bei einer BII-Baustelle

dann noch zu, dass der Verband Deutscher Betoningenieure ein elitärer Haufen sei, der bei weitem nicht jeden aufnehmen würde. Für mich zunächst ein weiterer Grund für Zurückhaltung.

Mein weiterer beruflicher Werdegang als technischer Redakteur und Lektor im damaligen Beton-Verlag bot mir dann aber die Chance, mich über die Protagonisten der ersten Stunde des Verbands wie Prof. Dr.-Ing. Siegfried Härig (vorm. Vorsitzender des VdB), Prof. Dr.-Ing. Robert Weber (vorm. 1. Vorsitzender des VDB, Bild 2) und Dipl.-Ing. Werner Tietze (vorm. Leiter der Regionalgruppe Westfalen im VDB) sozusagen aus erster Hand über die Ziele des VDB informieren zu können. Im Laufe dieser Gespräche verstand ich dann den tieferen Sinn der restriktiven Aufnahmebedingungen, die tief in der Entstehungsgeschichte des Betoningenieurs und seiner Verbände verwurzelt sind.

Die 1960er-Jahre, von denen hier die Rede ist, stellten die Betonhersteller und -verarbeiter u. a. mit der stürmischen Entwicklung des Transportbetons (Bild 4), neuen Ausgangsstoffen für Beton und rationelleren Bauverfahren vor Herausforderungen, die eine völlig überarbeitete und veränderte DIN 1045 mit der Einführung einer ständigen firmeneigenen Prüfstelle zur Betonüberwachung erforderten. Die Beiträge der Zeitzeugen Edgar Kern und Rupert Springenschmid in dieser Schrift schildern diese Epoche sehr anschaulich. Wie engagiert diese Diskussionen um diese neue Betonnorm geführt wurden, zeigen die Fakten, dass die neue Norm bereits 1962 angekündigt wurde, zu den beiden letzten Fassungen des Entwurfs – der Gelbdruck erschien im März 1968, eine erste Veröffentlichung 1969 – von insgesamt rund 300 Stellen etwa 4000 Einsprüche eingereicht wurden [4] und der endgültige Weißdruck erst im Januar 1972 veröffentlicht werden konnte.

Aber auch danach wurde die neue Norm durchaus kritisch begleitet. So ist in [5] im März 1972 im Artikel „Mit der neuen Norm leben“ nachzulesen: *Die DIN 1045 ist zwar keine Bombe, sie liefert jedoch immer noch genügend Zündstoff. Einige unter uns sind nach wie vor der Meinung, daß vieles anders und manches gar nicht notwendig gewesen wäre, um auch in Zukunft möglichst narrensicher und vor allem rationell einen guten Beton bereiten zu können. Wo es jedoch gilt, vielerlei In-*



Bild 3: Die zunehmende Lieferung des Betons aus Transportbetonwerken, die Förderung mit Betonpumpen – hier beim Bau einer Brücke über die Itter bei Hilden im Jahr 1967 – und neue Betonausgangsstoffe stellten die Beton-technologen in den 1960er-Jahren vor neue Herausforderungen.

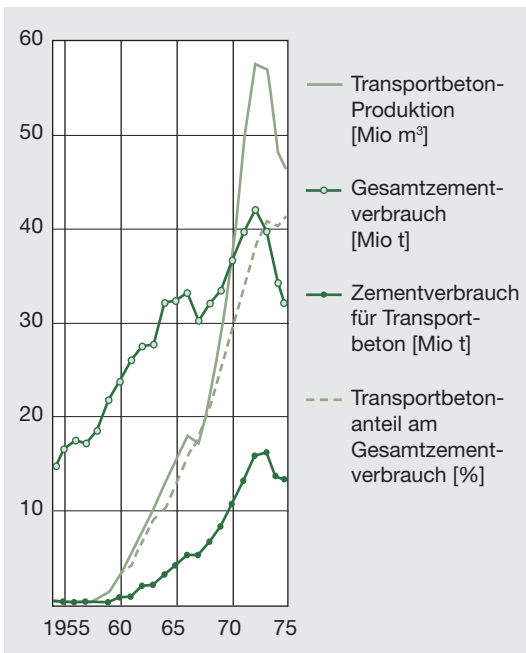


Bild 4: 1954 lieferten die beiden ersten deutschen Transportbetonwerke in Stuttgart und Köln zusammen etwa 24.000 m³ Beton aus. 1963 überschritt die Transportbetonproduktion 10 Mio. m³, 1968 schon 20 Mio. m³ und überflügelte 1971 mit 50 Mio. m³ erstmals den Baustellenbeton. 1972 erreichten die Auslieferungen der deutschen Transportbetonwerke 57,5 Mio. m³ [5].

teressen unter einen Hut zu bringen, und das war bei diesem Normpaket gewiß der Fall, müssen Zugeständnisse gemacht werden. So hatten denn auch die Bearbeiter der Norm keine leichte Aufgabe zu lösen, um möglichst nachhaltig dem Baufortschritt zu dienen und dabei die „Auflagen“ für alle in einem erträglichen Rahmen zu halten.

Die DIN 1045 Ausgabe Januar 1972 unterschied erstmals zwischen Beton BI (B5 bis B25) und Beton BII (Beton höherer Festigkeitsklassen und mit besonderen Eigenschaften). Das erforderliche Qualitätsniveau für einen Beton BII sollte vor allem durch besondere Anforderungen an die Ausbildung des Personals sichergestellt werden. Und so fand im Absatz 5.2.2.7. der DIN 1045:1972 erstmals eine Definition des Betoningenieurs über die dort verlangten erweiterten betontechnologischen Kenntnisse Eingang (Bild 5). Dass diese Definition in fast identischer Formulierung auch in der neusten Fassung der Norm, in der DIN 1045-2:2023-08, wiederzufinden ist, unterstreicht, dass der Betoningenieur die hohen Erwartungen an ihn nie enttäuscht hat.

Der Betoningenieur wurde allerdings nicht von den Schaffern der DIN 1045:1972 neu erfunden. Die Fortschritte in der Betontechnologie, durch die sich zur reinen Empirie der Vergangenheit nun auch die Erkenntnisse der wissenschaftlichen Forschung gesellten,

5.2.2.6. Ständige Betonprüfstelle für Beton B II (Betonprüfstelle E) Das Unternehmen muß über eine ständige Betonprüfstelle verfügen, die mit allen für die Eignungs- und Güteprüfungen von Beton BII notwendigen Geräten ausgestattet ist. Die Prüfstelle muß so gelegen sein, daß eine enge Zusammenarbeit mit der Baustelle möglich ist. Bedient sich das Unternehmen einer nicht unternehmenseigenen Prüfstelle, so sind die Prüfungs- und Überwachungsaufgaben vertraglich der Prüfstelle zu übertragen. Diese Verträge sollen eine längere Laufzeit haben.	5.2.2.7. Personal auf Baustellen mit Beton B II und in der ständigen Betonprüfstelle Das Unternehmen darf auf Baustellen mit Beton BII nur solche Führungskräfte (Bauleiter, Poliere usw.) einsetzen, die bereits an der Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung von Beton mindestens der Festigkeitsklasse Bn 250 verantwortlich beteiligt gewesen sind. Die ständige Betonprüfstelle muß von einem in der Betontechnologie und Betonherstellung erfahrenen Fachmann (z. B. Betoningenieur) geleitet werden. Seine für diese Tätigkeit notwendigen erweiterten betontechnologischen Kenntnisse sind durch eine Bescheinigung (Zeugnis, Prüfungs-urkunde) einer hierfür anerkannten Stelle nachzuweisen.
---	---

Bild 5: In einer Norm wird der Betoningenieur erstmals in der DIN 1045 aus dem Jahr 1972 erwähnt.

fürten dazu, dass sich hier schon seit einiger Zeit Spezialisten entwickelt hatten mit den Tätigkeits-schwerpunkten:

- Gezielter Entwurf der Betonzusammensetzung entsprechend der erforderlichen Frisch- und Festbetoneigenschaften
- Nachweis der Eigenschaften im Rahmen von Eignungs- bzw. Erstprüfungen
- Erarbeitung von Einbauanweisungen
- Vorgabe der Nachbehandlungsmaßnahmen
- Überwachung der Betonierarbeiten und Nachweis der Betoneigenschaften für das Bauwerk bzw. Bauteil
- Festlegung der Maßnahmen zur Bauwerkserhaltung

Ausbildung ist für die Qualifikation ein Baustein. So traten schon lange vor Veröffentlichung des Weißdrucks, nämlich am 1. September 1969, Stoffplan und Prüfungsordnung des Ausbildungsbeirats Beton für den Nachweis erweiterter betontechnologischer Kenntnisse in Kraft und noch im gleichen Jahre fand in Essen bereits der erste Lehrgang entsprechend diesem Stoffplan statt [4]. Erfahrung ist ein weiterer Baustein. Die Betoningenieure stellten aber schnell fest, dass die Weiterentwicklung ihres Wissens – besonders auch Generationen übergreifend – nur mit einem intensiven Informations- und Erfahrungsaustausch möglich ist. Und für einen offenen Informationsaustausch ist Vertrauen erforderlich:

- Vertrauen in die fachliche Kompetenz des Gesprächspartners,
- Vertrauen darin, dass der Austausch von Informationen keine Einbahnstraße wird.

1968 – Im Westen was Neues: Der Verband der Betoningenieure (VdB)

Der Wunsch, bei den großen betontechnologischen Herausforderungen dieser Epoche nicht allein zu sein, führten am 23.8.1968 in Köln zur Gründung des Verbands der Betoningenieure (VdB). Den Anstoß gab ein Schreiben der als Betoningenieure tätigen Gerhard Nienhaus und Walter Geller

im März 1968 an 32 ihnen bekannte Betontechnologen, in dem sie u.a. den Angeschriebenen die Frage stellten:

„... Ist Ihnen nicht auch im Verlauf Ihrer Tätigkeit aufgefallen, daß Sie mit Ihren Entschlüssen, Arbeiten und Versuchen allein sind? ...“

Sie regten einen lockeren Zusammenschluss der hieran interessierten Personen oder die Gründung eines Verbands an, dessen wesentliche Aufgabe es sein sollte, den Erfahrungsaustausch, die Diskussion und das Gespräch unter Kollegen zu pflegen.

Damit sollte eine Lücke geschlossen werden, die trotz der zur damaligen Zeit von verschiedenen Institutionen durchgeführten Fachveranstaltungen bestand: Bei diesen zumeist mehrtägigen Veranstaltungen mit großen Teilnehmerzahlen stand stets der Vortrag im Vordergrund und weniger der Dialog. Der Schwerpunkt der Vorträge beschäftigte sich zudem oft nur am Rande mit der Betontechnologie. Von eintägigen Veranstaltungen mit kleineren Teilnehmerzahlen versprach sich dieser Kreis von Betontechnologen dagegen die Möglichkeit zur Konzentration auf die Betontechnologie und intensive Diskussionen.

Bei der ersten Zusammenkunft am 10. Mai 1968 in Köln diskutierten die 20 Teilnehmer engagiert u. a. über folgende Themen:

- Eingetragener Verein oder lockerer Zusammenschluss ohne besondere Benennung?
- Wer und was ist ein Betoningenieur nach dem Entwurf der DIN 1045?
- Wie sollte das Anforderungsprofil der neu auszubildenden Betoningenieure aussehen?
- Können die bereits langjährig tätigen Betoningenieure als solche anerkannt werden?
- Sollte im Falle einer Verbandsgründung sich der Verband mehr berufsständischen oder mehr den betontechnologischen Problemen widmen?

Letztendlich wurde einstimmig die Gründung eines eingetragenen Vereins gemäß BGB beschlossen. 1. Vorsitzender wurde Dr.-Ing. Siegfried Härig, sein Stellvertreter Werner Tietze.

Die Gründer dieses Verbands der Betoningenieure e. V. (VdB) waren sich einig, dass dieser Verein nicht das Bestreben haben sollte, eine möglichst große Mitgliederzahl zu erreichen, sondern statt-

dessen nur qualifizierte Fachleute als Mitglieder aufnehmen solle. Nur bei etwa gleichen fachlichen Kenntnissen der Mitglieder könne das Ziel eines rein fachtechnischen Erfahrungsaustauschs und einer sachlichen Diskussion – (weitgehend) frei von kommerziellen Interessen – erreicht werden. So konnte nur Mitglied im VdB werden, wer mindestens fünf Jahre nach der Ausbildung als Diplom-Ingenieur oder Ingenieur und davon drei Jahre als Betoningenieur beruflich tätig gewesen war. Ausnahmen waren nur in besonderen Fällen bei gleichwertigem Wissensstand zulässig.

Und hier offenbarte sich der größte Konfliktpunkt mit dem Verband Norddeutscher Betontechnologen VNB, in dem alle volljährigen Personen Mitglieder werden konnten, die beruflich mit dem Entwurf und der Herstellung von Beton befasst waren.

1964: Vom Studienkreis Betontechnologie zum Verein Norddeutscher Betontechnologen e.V. (VNB)

Dipl.-Ing. Martin Hahn, Leiter der Bauberatung Zement Hamburg, erkannte bereits zu Beginn der 1960er-Jahre die Notwendigkeit, im Rahmen des „Technischen Vorlesungswesens“, einer 1910 gegründeten Einrichtung der Freien und Hansestadt Hamburg für die Weiterbildung von bereits in der Praxis tätigen Technikern und Ingenieuren, auf dem Gebiet der Betontechnologie erweitertes, vertieftes Wissen zu vermitteln [6]. Den Grundstein für einen Verein der Betontechnologen legten am 30. Januar 1964 rund 20 Absolventen dieses Abendstudiums „Betontechnologie“ am Technischen Vorlesungswesen. Sie feierten in einem Alt-Hamburger Lokal nach drei Semestern ihren erfolgreichen Abschluss. Nach der fruchtbaren Zusammenarbeit im Studium bewegte sie der Gedanke, dies auch in ihren beruflichen Alltag fortzutragen. Karl Pluschke und Wolfgang Pax unterbreiteten den Vorschlag, einen „Studienkreis Betontechnologie“ zu gründen – allerdings nicht als eingetragenen Verein. Gesagt, getan. Fortan traf man sich zu zahlreichen Zusammenkünften, um untereinander Erfahrungen und neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Betontechnologie auszutauschen.

Der lockere Bund war offen für die weiteren Absolventen der Betonlehrgänge und wuchs dementsprechend. Schon bald zeigte sich, dass der Kreis in dieser Form nicht mehr effektiv weiterzuführen war. Es wurde der eingetragene Verein „Studienkreis Betontechnologie e.V.“ mit Karl Pluschke als

Vorsitzendem gegründet und ins Vereinsregister eingetragen. Nun traten auch Mitarbeiter der Bauindustrie, des Baugewerbes, der Zement-, Transportbeton-, Kies- und Mörtelindustrie, der Zusatzmittelhersteller sowie Mitarbeiter der Baubehörde in den Verein ein.

Die Veranstaltungen wurden jetzt nicht mehr nur von Mitgliedern gestaltet bzw. besucht. Namhafte Gastreferenten und zahlreiche Gäste sorgten für ein abwechslungsreiches Programm und facettenreiche Diskussionen. Dies waren eigentlich alles Gründe, sorgenfrei in die Zukunft zu schauen, wenn da nicht aus der Sicht der norddeutschen Betontechnologen mit dem Verband der Betoningenieure e.V. (VdB) in Köln eine Konkurrenz in die Arena getreten wäre. Da der VdB nicht die Absicht hatte, sich auf (s)einen Regionalbereich zu beschränken, befürchteten die Studienkreismitglieder, ihr Verein könne ausbluten, wenn die leitenden Betontechnologen und ihre Arbeitgeber in dem Konkurrenzverband die bessere Alternative sähen.

Gegensteuern wollte man u. a. mit dem Beschluss, den Namen des Vereins in „Verein Norddeutscher Betontechnologen e.V. (VNB)“ zu ändern. Die Führung des Vereins wurde nun mit Dipl.-Ing. Ferdi-

nand Sengen als Vorsitzenden in technische Hände gelegt. Der VNB wurde sodann in den Kreis der technisch-wissenschaftlichen Vereine Hamburgs aufgenommen. Mit dem Abschluss der ersten „Erweiterten betontechnologischen Ausbildung“ 1970 in Bremen konnte der VNB seinen Mitgliederkreis über die Landesgrenze Großraum-Hamburg hinweg ausdehnen. Die Absolventen dieses Bremer Lehrgangs bildeten die eigenständige Regionalgruppe Bremen-Unterweser-Ems im VNB.

Dennoch schwebte über allem der Schatten des VdB, der von einigen Mitgliedern des VNB gar zum Feindbild hochstilisiert wurde. Dazu trug auch bei, dass der traditionsreiche Deutsche Beton-Verein e. V. (DBV) Mitglied im VdB wurde und im Gegenzug der VdB Mitglied im DBV. Der Vorsitzende des VdB

wurde ständiger Gast bei den Sitzungen des DBV-Hauptausschusses „Betontechnologie“ und Mitglied beim „Ausbildungsbeirat Beton“, der sowohl über die Anerkennungsformalien der bereits tätigen Betoningenieure im Sinne der neuen DIN 1045 als auch über die Formalien der noch auszubildenden Betoningenieure zu entscheiden hatte.



Bild 6: Die Mitgliederinformation des Verein Norddeutscher Betontechnologen e.V. (VNB) – hier die Ausgabe vom Juni 1972 – diente als Vorbild für die seit 1974 erscheinende VDB-Information.

Gespräche zwischen den Verbandsvorständen gab es. Dazu war aber in der VNB-information vom Juni 1972 folgender Bericht zu lesen: „In der Zusammenarbeit mit dem Verband der Betoningenieure sind keine Höhepunkte zu verzeichnen. Sie beschränkte sich im Jahre 1971 auf die gegenseitige Zusendung von Einladungen zu den jeweiligen Veranstaltungen. Bei einer Zusammenkunft beider Vorsitzender in Düsseldorf, anlässlich einer Sitzung des Ausbildungsbeirates Beton, wurde gegenseitig erklärt, daß die Ursache für die Minimalkontakte wohl darin zu suchen seien, daß die Vorstände beider Vereinigungen z. Z. noch in den eigenen Reihen zu sehr mit sich selbst beschäftigt sind. Dieser Zustand sollte jedoch künftig überwunden werden.“

Erst 1973 konnte eine kleine Gruppe im VNB ihren Vorstand überzeugen, intensivere Gespräche mit dem Vorstand des VdB aufzunehmen. Ziel dieser Gespräche sollte sein, Gemeinsamkeiten sowie (scheinbar) unüberbrückbare Hindernisse aufzuzeigen. So kam es noch im Jahr 1973 zu einem ersten Treffen auf Vorstandsebene in Münster. Die angenehme Atmosphäre bei diesem Gespräch war für die Skeptiker in der Hamburger Delegation des VNB überraschend und ließ die Befürworter dieses Treffens hoffen, dass eine gemeinsame Lösung – gegebenenfalls sogar unter einem Dach – gefunden werden könne.

Der Weg wird geebnet

Dafür waren aber Kompromisse erforderlich, besonders bei den Aufnahmekriterien. In der Beton-technologie tätige VNB-Mitglieder mit zum Beispiel kaufmännischer Ausbildung befürchteten, aus einem gemeinsamen Verband ausgegrenzt zu werden. Schließlich einigten sich die Gesprächspartner auf den Kompromiss, dass eine außerordentliche Mitgliedschaft nicht nur für juristische Personen, sondern auch in Ausnahmefällen für diejenigen natürlichen Personen möglich sein sollte, welche die Bedingungen einer ordentlichen Mitgliedschaft NOCH nicht erfüllen. Außerdem wurde nur noch eine dreijährige Praxis als Betontechnologe für die Aufnahme als ordentliches Mitglied gefordert.

Auf dieser Basis wurde im Vorfeld der Gründung die Vereinbarung zwischen dem VNB und dem VdB getroffen, alle Mitglieder des VdB, die Gründungsmitglieder des VNB sowie die Mitglieder des



Bild 7: Bilaterale Gespräche der Vorstände des VNB und des VdB am 7.1.1974 in Hamburg. v.l. Heinz Kock (VNB), Werner Wendt (VNB), Bernd Reimer (VNB), Robert Zipelius (VNB), Eberhard Beckendorf (VNB), Ferdinand Sengen (VNB), Robert Weber (VdB), Rudolf Walther (VdB), Gerhard Nienhaus (VdB), Walter Timmann (VNB)

VNB, die die Bedingungen für eine Mitgliedschaft nach dem Satzungsentwurf des neuen Verbands erfüllen, als ordentliche Mitglieder zu übernehmen. Den übrigen VNB-Mitgliedern sollte angeboten werden, eine außerordentliche Mitgliedschaft zu erwerben.

Dies und der gemeinsame Wunsch, sich regional übergreifend unter einem Dach über Betontechnologie austauschen zu können, ebnete den Weg zur Gründung des Verband Deutscher Betoningenieure e. V.

Eine latent vorhandene Vorsicht gegenüber den „Anderen“ offenbarte sich aber noch in der Wahl eines „neutralen Bodens“ für die Gründung des neuen Verbands im „Niemandsländ“ Hannover (dort waren weder der VNB noch der VdB aktiv). Und um bei den Wahlen des ersten gemeinsamen Vorstands trotz sehr unterschiedlicher Mitgliederzahlen der Verbände ein Gleichgewicht zu wahren, entsandten VdB und VNB je 33 Delegierte zu der Gründungsversammlung (Bild 8). Dr.-Ing. Ro-

Niederschrift über die VDB-Gründung

Am 16. Mai 1974 fanden sich die in der nachstehend veröffentlichten Anwesenheitsliste eingetragenen 66 Personen in der Gaststätte „Ratskeller“ in Hannover, Köbelerstraße 60, ein. Karl Pluschke eröffnete um 14.30 Uhr die Versammlung. Er begrüßte die Erschienenen und stellte den Zweck der Zusammenkunft dar.

Nach dem Ing. Feri Robert V ke die L die Pun zuvor at hard Nie Zustimmung bestellt v

1. Gründ tonin
2. Wahl des
3. Wahl
4. Wahl
5. Festle glieds

mehrheit schriftlich durch Abgabe von Stimmzetteln zu ordentlichen Mitgliedern des Aufnahmeausschusses gewählt:

1. Bauing. (grad.) Eike Böhling.
2. Prof. Dr.-Ing. Siegfried Härig.
3. Bauing. (grad.) Jörg Musewald.

Die Gewählten nahmen die Wahl an.

Tagesordnung Punkt 2:
Wahl des geschäftsführenden Vorstandes
 Die Anwesenden übertrugen danach einstimmig Karl Pluschke die Leitung der

Tagesordnung Punkt 4:
Wahl der Kassenprüfer

Gründungsmitglieder des Verbandes Deutscher Betoningenieure e. V.

Verband der Betoningenieure e. V.		Verein Norddeutscher Betontechnologen	
Aurich, Heinz	Müller, Heinrich	Beckendorf, Eberhard	Oste, Arnim
Barg, Jürgen	Musewald, Jörg	Böhling, Eike	Pax, Wolfgang
Borrmann, Alfred	Nienhaus, Gerhard	Fischer, Gerd	Petersen, Klaus
Busch, Erich	Osthaus, Josef	Geistmann, Klaus	Pluschke, Karl
Bunzeck, Manfred	Rapp, Günter	Hinze, Ulrich	Puls, Hans
Danz, Walter	Schade, Günter	Hollmann, Reinhold	Reimer, Bernd
Dillmann, Günter	Schmincke, Peter	Isert, Heinz	Sengen, Ferdinand
Feyerabend, Botho	Scholz, Dr., Hans	Killingner, Gerhard	Schubenz, Dieter
Fiala, Hannes	Schwara, Herbert	Körner, Manfred	Schumacher, Heiko
Geller, Walter	Steege, Hans-Detlev	Kock, Heinz	Thiede, Hans-Otto
Härig, Dr., Siegfried	Teubert, Jürgen	Lanz, Jürgen	Timmann, Walter
Jänchen, Jost	Tietze, Werner	Loos, Peter	Trümper, Dietmar
Lüth, Erich	Walther, Rudolf	Lück, Siegfried	Vorlob, Joachim

Bild 8: Bericht über die Gründung des VDB in der ersten Ausgabe der VDB-Information 1974

bert Weber, bisher Vorsitzender des VdB, wurde in Hannover zum 1. Vorsitzenden des VDB gewählt. Zu seinem Stellvertreter wählte die Gründungsversammlung mit Dipl.-Ing. Ferdinand Sengen den bisherigen VNB-Vorsitzenden. Das Amt des Schriftführers übernahm dann Gerhard Nienhaus, bisher Schriftführer des VdB, das des Schatzmeisters Heinz Kock, bisher Schatzmeister des VNB.

Schnell aber zeigte sich im neuen Verband die integrierende Kraft des gemeinsamen Interesses am betontechnologischen Erfahrungsaustausch, die sich auch gut 15 Jahre später bei der Aufnahme der Betontechnologen der ehemaligen DDR herausstellte.

Der Gedanke, einen „Club“ für den Erfahrungsaustausch unter kompetenten Betontechnologen zu gründen, floss auch als wichtigster Punkt in die Satzung des neugegründeten Verbands ein:

§ 2 „Zweck“ der Satzung des Verband Deutscher Betoningenieure e. V.:

1) Der Verband setzt sich zur Aufgabe, den persönlichen Erfahrungsaustausch seiner Mitglieder über den Baustoff Beton und artverwandte Baustoffe zu fördern und über den neuesten Stand der Technologie zu informieren.

Es soll aber auch nicht verschwiegen werden, dass die Gründung des Verband Deutscher Betoningenieure e. V. zu Beginn nicht überall auf ungeteilte Zustimmung stieß. Ältere Mitglieder wissen zu berichten, dass dem neugegründeten Verband von einzelnen Seiten ein eisiger Wind entgegenwehte. So wurde von Seiten der Bauwirtschaft befürchtet, dass sich hier eine „Gewerkschaft“ der Betoningenieure etabliert. Auch Dr.-Ing. Heinrich Bub, Präsident des Instituts für Bautechnik, brachte bei seiner Rede anlässlich des zehnjährigen Bestehens des VNB im Jahr 1974 deutlich zum Ausdruck, dass der neue Verband sich mehr als technisch-wissenschaftlicher Verein wie als berufsständische Organisation verstanden wissen sollte.

Durch die strikte Ausrichtung der Tätigkeit des VDB auf die Behandlung betontechnologischer Themen setzte sich auf breiter Basis nach kurzer Zeit die Über-



Bild 9: Gründungsversammlung des VDB am 16.5.1974 auf „neutralem Boden“ im Ratskeller des alten Rathauses in Hannover

Bild 10: Der Souverän des VDB, Ihre Hoheit die Mitgliederversammlung, hat bei wichtigen Entscheidungen stets das letzte Wort (Mitgliederversammlung und Fachtagung 2006 in Bergisch Gladbach).



zeugung durch, dass ein Erfahrungsaustausch der eigenen Mitarbeitenden in diesem Kreis positiv für die Unternehmen aller Branchen sei.

Heute ist es selbstverständlich, dass bei VDB-Veranstaltungen Referenten aus allen Branchenverbänden vortragen und VDB-Mitglieder in den Ausschüssen dieser Branchenverbände mitarbeiten.

Regionale Arbeit unter einem bundesweiten Dach

Mit steigender Mitgliederzahl hatte schon der VdB festgestellt, dass die Teilnehmerzahl bei den überregional stattfindenden Arbeitstagen so groß wurde, dass ein persönlicher Erfahrungsaustausch immer schwieriger wurde. Um die Teilnehmerzahl auf diesen Arbeitstagen wieder auf 20 bis 30 Personen zurückzuführen, bot sich die Gründung von sieben VdB-Regionalgruppen an.

Obwohl die Vorteile eines bundesweiten Zusammenschlusses der Betontechnologen wesentliche Beweggründe für die Gründung des VDB waren, wollte man beim neuen Verband auf die Vorzüge einer dezentralen Organisation nicht verzichten. Gerade der persönliche Erfahrungsaustausch wird durch eine funktionierende regionale Struktur ermöglicht, da hierfür regelmäßige Treffen

– in der Regel – ohne weite Fahrwege erforderlich sind. Durch die Betreuung der Mitglieder in Regionalgruppen ist es zudem möglich, die dort stattfindenden Arbeitstagen und Exkursionen speziell auf die regional besonders interessierenden Themen auszurichten. So wurden zunächst zehn eigenständig arbeitende, aber voll in den VDB integrierte Regionalgruppen gegründet: Berlin (heute Berlin-Brandenburg), Schleswig-Holstein, Hamburg, Weser-Ems, Westfalen, Nordrhein, Rhein-Main (heute Hessen), Saar-Pfalz (heute Rheinland-Pfalz/Saarland, Südwest (heute Baden-Württemberg) und Bayern.

Die Vortragsveranstaltungen der Regionalgruppen werden vom jeweiligen Leiter eigenständig unter Berücksichtigung der regionalen Interessen gestaltet (Bild 11). Gesellige Beisammensein und Exkursionen ergänzen das Jahresprogramm. Führen die Exkursionen meist zu interessanten Baustellen oder Produktionsstätten in Deutschland, gehörten auch die USA, China, Indien (Bild 12)

Bild 11: Exkursionsteilnehmern der Regionalgruppe Hessen bot sich 2007 die Möglichkeit, bis in die Vortriebsmaschine für den Schlüchterner Tunnel zu gehen.



und die Vereinigten Arabischen Emirate zu den Zielen der unter der Leitung von Werner Tietze als besonders reiselustig bekannten Regionalgruppe Westfalen.

Die alle zwei Jahre stattfindende bundesweite Fachtagung bietet zusätzlich die Möglichkeit, übergreifend interessierende Themen von renommierten Fachleuten vortragen zu lassen und den Kontakt der Mitglieder über die Grenzen der Regionalgruppen hinaus zu pflegen. Parallel zu den Fachvorträgen bieten begleitende Fachaussstellungen den Tagungsteilnehmern die Möglichkeit, sich über Geräte, Anlagen und Produkte rund um die Betonherstellung und Betonprüfung zu informieren. Ausgetragen werden die Fachtagungen an Orten, die auch touristisch interessant sind. Somit kann auch den Begleitpersonen der Tagungsteilnehmer ein attraktives Programm geboten werden. So fanden Fachtagungen u. a. in Heidelberg, Würzburg, Bremen, Münster und Speyer statt. Das auch Fachtagungen in Weimar, Erfurt (Bild 13), Leipzig und Rostock möglich wurden, ist eine eigene Geschichte



Bild 12: Teilnehmer der Exkursion der Regionalgruppe Westfalen im Jahr 2007 vor dem Taj Mahal in Indien



Bild 13: Dr. Bernhard Vogel, damals Ministerpräsident des Freistaats Thüringen, rechts neben dem VDB-Vorsitzenden Prof. Dr.-Ing. Robert Weber, ließ es sich nicht nehmen, Grußworte an die Teilnehmer der VDB-Fachtagung 1996 in Erfurt zu richten.

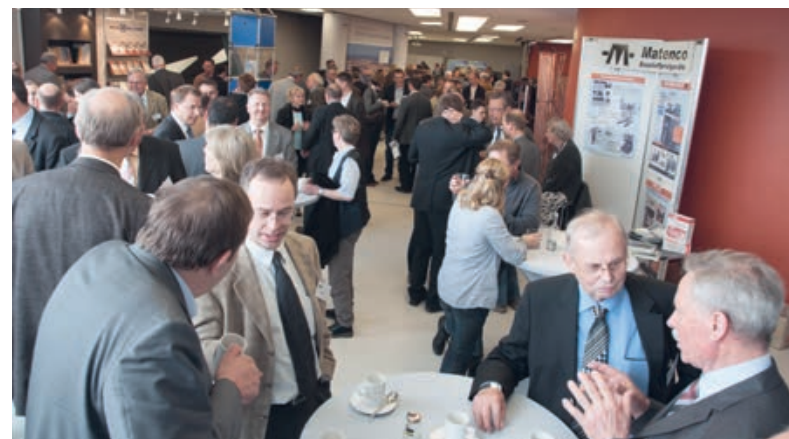


Bild 14: Die Fachaussstellungen begleitend zu den VDB-Fachtagungen, hier 2012 im Phaeno in Wolfsburg, bieten den Teilnehmern nicht nur die Möglichkeit, sich über neue Produkte und Geräte zu informieren, sondern auch zum ausgiebigen Erfahrungsaustausch.

1990: Wiedervereinigung der deutschen Betontechnologen

Bewegte Zeiten

Es waren bewegte Zeiten für den VDB, als ich 1990 Mitglied wurde. Seit Anfang der 1980er-Jahre stand die DDR vor dem wirtschaftlichen Ruin. Besonders in den staatlich gelenkten Betrieben wuchs die Unzufriedenheit, da es an Maschinen, Ersatzteilen und Rohstoffen fehlte. Ingenieure und Beton-

technologien mussten sich immer mehr damit beschäftigen, mit großem Erfindergeist mit diesem Mangel umzugehen und dennoch Großes zu leisten.

Politische Bevormundung und Beschränkungen der Rede- und Reisefreiheit taten ein Übriges dazu, dass 1989 Hunderttausende DDR-Bürger auf die Straße gingen und Freiheit forderten. Ende 1989 wurden die Weichen für die deutsche Einheit gestellt, die schließlich am 3. Oktober 1990 Wirklichkeit wurde.

Mit der zügigen Privatisierung der DDR-Staatswirtschaft standen die meisten Betontechnologen in der DDR nicht nur vor einem beruflichen Neuanfang. Es stellte sich auch die Frage, über welches Podium man sich in Zukunft fachlich austauschen kann. Die Betontechnologen in Betrieben, Einrichtungen der Wissenschaft und Forschung, dem Ministerium für Bauwesen und weiteren Institutionen der DDR waren im Allgemeinen Mitglieder in zentral geleiteten, themenbezogenen Arbeitsgruppen (Transportbeton, Winterbau, Betonmischanlagen, Zusatzmittel usw.). Die Träger dieser Arbeitsgruppen – hauptsächlich Kombinate – standen nun vor der „Abwicklung“.

Der Kontakt zwischen den Betontechnologen in Ost und West war schon vor 1990 intensiv und fruchtbar. Betontechnologen der DDR wie zum Beispiel Prof. Dr. Ing. habil. Wolfgang Altner, Rektor der TH Leipzig, veröffentlichten regelmäßig in Fachzeitschriften der Bundesrepublik. Andererseits traf ich bei meiner Teilnahme an der renommierten Internationalen Baustoff- und Silikattagung IBAUSIL vom 9. bis 12. Mai 1988 in Weimar neben Professor Dr. Siegfried Röbert, Lehrstuhl für Beton und Vorfertigung der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, und Prof.



Bild 15: Noch 1989 trennte eine Mauer aus Beton Deutschland. Heute verbindet Beton die VDB-Mitglieder in Ost und West. Foto: Michelangelo Oprandi/stock.adobe.com

Dr. Karl-Heinz Lucke vom Institut für Baustoffe Weimar, auch auf Prof. Dr.-Ing. Peter Schießl, RWTH Aachen, und Prof. Dr.-Ing. Hubert Hilsdorf, TU Karlsruhe, die ebenfalls vortrugen ([6] und [7]). Aber auch unter den Zuhörern aus Ost und West fand ein intensiver Meinungsaustausch statt.

Angesichts der zu erwartenden Einführung des DIN-Normenwerks anstelle der bisherigen Technischen Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen (TGL) des Amtes für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung der DDR bot es sich an, diese Kontakte mit DIN-erfahrenen Kollegen in der Bundesrepublik zu nutzen. Führende Betontechnologen der DDR ergriffen daher die Initiative und suchten das Gespräch mit dem Vorstand und den Mitgliedern des VDB.

Eine wichtige Voraussetzung der Aufnahme der DDR-Betontechnologen als ordentliche Mitglieder des VDB war damit geschaffen worden, dass sich der Ausbildungsbeirat Beton und die Staatliche Bauaufsicht der DDR am 10. Mai 1990 in Berlin darauf geeinigt hatten, den sogenannten E-Schein nach DIN 1045 und den DDR-Befähigungsnachweis Beton nach TGL 33431/01 – trotz einiger Unterschiede – gleichzustellen. Die hohe Qualität der Ausbildung der Betontechnologen in der DDR zeigte sich schließlich auch daran, dass viele Absolventen der Hochschulen in Weimar, Leipzig, Dresden usw. schnell in Führungspositionen auch westdeutscher Unternehmen rückten.

Regionalgruppe Thüringen

So konnten Prof. Dr.-Ing. Robert Weber, 1. Vorsitzender des VDB, und Franz Josef Bilo, Schatzmeister des VDB, in der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar vor ca. 30 Betontechnologen die Regionalgruppe Thüringen gründen (Bild 16). Eingeladen hatte Prof. Dr.-Ing. Dieter Kaysser, Fachschuldozent an der Ingenieurschule Apolda u. a. für Statik, Stahlbeton, Betontechnik und Betontechnologie und bis zu seiner Emeritierung Professor für Technologie der Vorfertigung mit den Lehrgebieten Verarbeitungstechnik, Versuchsplanung, Baustofftechnik und Technologie der Vorfertigung an der HAB Weimar. Er führte anschließend die Regionalgruppe bis 2002.

Bild 16: Teilnehmer der Gründungsversammlung der Regionalgruppe Thüringen am 20. Juli 1990 in Weimar





Bild 17: Prof. Dr.-Ing. Stefan Röhling bei seiner Rede anlässlich der Gründungsversammlung der Regionalgruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt am 21. Juli 1990 in Leipzig

Bild 18: Exkursion der Regionalgruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt im Mai 2011 zur Baustelle der Schleuse Wusterwitz



Regionalgruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt

Am 21. Juli 1990 lud Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Röhling Betontechnologen in die Technische Hochschule Leipzig zur Gründungsversammlung der Regionalgruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt ein. Mit Prof. Röhling wurde ein renommierter Wissenschaftler und Betontechnologe zum Leiter der Regionalgruppe gewählt (Bild 17). Nach einer langjährigen Tätigkeit in der Bauindustrie wurde er 1982 zum Professor an der TH Leipzig berufen. Dort war er zuletzt Forschungsdirektor der Sektion Bauingenieurwesen. Unter seiner Leitung, die er 2006 übergab, erfuhr die Regionalgruppe einen erfreulichen Mitgliederzuwachs.

Regionalgruppe Mecklenburg-Vorpommern

Die Regionalgruppe Mecklenburg-Vorpommern konstituierte sich – wiederum im Beisein des 1. Vorsitzenden und des Schatzmeisters – aufgrund einer Einladung von Dr.-Ing. Lothar Plath am 9. Oktober 1990 in Rostock vor 25 Personen. Dr.-Ing. Lothar Plath, der die Regionalgruppe bis 1996 leitete, begann seine berufliche Laufbahn beim Hafenbau Rostock. In der Fachwelt der DDR war er überregional durch seine Betonseminare in Warnemünde bekannt.

Ostberlin und das neue Bundesland Brandenburg

Ostberlin und das neue Bundesland Brandenburg gliederte der VDB am 23. November 1990 in den Arbeitsbereich der bisherigen Regionalgruppe Berlin ein, die dann auch in Berlin/Brandenburg umbenannt wurde.

Für die ehrenamtliche Verwaltung des Verbands stellte die Aufnahme und Betreuung von mehr als 250 neuen Mitgliedern in kurzer Zeit eine extreme Herausforderung dar. Gerhard Nienhaus hatte aufgrund fortgeschrittenen Alters beschlossen, bei der Mitgliederversammlung im Mai 1991 in Berlin nicht erneut für das Amt des Schriftführers zu kandidieren. Seine Nachfolge trat ich – nach gutem Zureden durch den 1. Vorsitzenden und Zustimmung der Mitglie-

derversammlung – an (Bild 19). Zusammen mit Birgit Bilo, die damals als Frau Baumann Assistentin von Prof. Weber bei der montanzement GmbH war und daher mit dem VDB vertraut war, bauten wir eine moderne Verwaltung unter Einsatz moderner EDV auf. Der Karteikasten, in dem bisher alle Mitglieder über jeweils eine A5-Karteikarte mit handschriftlichen Eintragungen erfasst waren, ging in den Ruhestand.

Welche große Bedeutung die Integration der Betontechnologen der DDR in den VDB auch gesellschaftspolitisch beigemessen wurde, unterstrich die Verleihung des Verdienstkreuzes am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland an Prof. Dr.-Ing. Robert Weber. Bei der Verleihung im Mai 1992 machte der Landrat des Rhein-Kreises Neuss deutlich, dass damit nicht nur der große persönliche Einsatz von Prof. Weber bei der Einbeziehung der Betoningenieure aus den neuen Bundesländern in den persönlichen fachlichen Erfahrungsaustausch im VDB gewürdigt werde, sondern der des gesamten VDB.

Dass Integration auf technischer Ebene vielleicht noch besser funktioniert als auf gesellschaftlicher, zeigen die vergangenen Jahrzehnte fruchtbarer Zusammenarbeit der Betontechnologen im VDB, bei der die Frage „Ossi oder Wessi“ sehr schnell nach Gründung der drei neuen Regionalgruppen nicht mehr gestellt wurde.

Bild 20: West, Ost, Nord und Süd bei der vertrauensvollen Zusammenarbeit im erweiterten Vorstand des VDB, hier im Oktober 2003 in Lübeck. V. l.: Klaus Falkus (Leiter der Regionalgruppe Nordrhein von 1999 bis 2005), Werner Tietze (Leiter der Regionalgruppe Westfalen von 1974 bis 2010), Wolfgang Schäfer (Leiter der Regionalgruppe Berlin/Brandenburg von 1998 bis 2008), Christoph von Fircks (Leiter der Regionalgruppe Mecklenburg-Vorpommern von 1996 bis 2008), Franz Josef Bilo (Schatzmeister seit 1980), Günter Niehuus (Leiter der Regionalgruppe Hamburg von 1985 bis 2009), Reinhold Hollmann (Leiter der Regionalgruppe Weser-Ems von 1977 bis 2004) und Ernst Färber (Leiter der Regionalgruppe Bayern von 1999 bis 2013)



Bild 19: Der VDB-Vorstand nach den Wahlen im Mai 1991 in Berlin v. l.: Franz Josef Bilo, Rainer Büchel, Prof. Dr.-Ing. Robert Weber, Dr.-Ing. Gerd Drinkgern





Bild 21: Im Oktober 2020 tagte die Regionalgruppe Rheinland-Pfalz/Saarland am Nürburgring unter Corona-Bedingungen.

Herausforderung Corona

Die Corona-Pandemie stellte das Konzept des VDB mit seinem Schwerpunkt auf Präsenzveranstaltungen auf eine harte Bewährungsprobe. Als zu Beginn des Jahres 2020 die Vorbereitungen für die Fachtagung 2020 im französischen Straßburg schon weitgehend abgeschlossen waren, kam es im österreichischen Skigebiet Ischgl zum Ausbruch des Coronavirus: der Beginn der Pandemie in Europa. Als das Robert-Koch-Institut am 11. März 2020 nach einer sprunghaften Zunahme der Corona-Infektionen die ostfranzösischen Regionen Elsass und Lothringen – und damit auch Straßburg – als Coronavirus-Risikogebiet eingestuft hatte und kurz danach die Weltgesundheitsorganisation WHO den Coronavirus Sars- CoV-2 als Pandemie klassifizierte, reagierte der Verband Deutscher Betoningenieure e. V. zum Schutz seiner Mitglieder



Bild 22: Nach zwei Jahren Corona-Pause war die Fachtagung 2022 in Straßburg ein voller Erfolg.
Foto: Holger Kotzan

und Gäste schnell und entschlossen: Am Abend desselben Tages beschloss der geschäftsführende Vorstand in Telefonkonferenzen, die Fachtagung und Mitgliederversammlung 2020 in Straßburg abzusagen, obwohl mit finanziellen Belastungen zu rechnen war. Am folgenden Tag wurden der erweiterte Vorstand und anschließend alle Mitglieder informiert. Außerdem musste mit den Hotels, den Restaurants, dem Betreiber des Veranstaltungsgebäudes und den Stadtführern Kontakt aufgenommen werden. Die Meldung wurde ebenfalls über die Homepage des VDB und die Social-Media-Kanäle verbreitet. Die Regionalgruppen des VDB schlossen sich dem Vorgehen an und sagten ihre Veranstaltungen ab.

Einige Regionalgruppen führten im engen Kontakt mit den Gesundheitsbehörden unter Einhaltung strenger Hygienekonzepte in den folgenden Monaten erfolgreich Präsenzveranstaltungen durch (Bild 21), andere setzten auf ein Konzept mit Web-Veranstaltungen.

Als im Mai 2022 wieder eine Mitgliederversammlung in Präsenz möglich war, atmeten alle auf. Die Veranstaltung in Straßburg wurde ein großer Erfolg (Bild 22). Nach den vielen Monaten der erzwungenen Enthaltensamkeit zeigte es sich, wie sehr man den persönlichen Erfahrungsaustausch von Angesicht zu Angesicht vermisst hatte. Und so soll auch weiterhin die Präsenzveranstaltung im Mittelpunkt der Verbandstätigkeit stehen.

Aktiv auf allen Kanälen: Die VDB-Medien

In einer extremen Situation wie der Corona-Pandemie bewährte es sich aber für das Verbandsleben, dass der VDB seit jeher nicht nur auf Präsenzveranstaltungen setzt, um seinen satzungsgemäßen Aufgaben nachzukommen (Bild 23). Schon seit seiner Gründung im Jahr 1974 ist die viermal im Jahr erscheinende VDB-Information ein wichtiges Medium dafür, auch die Mitglieder zu erreichen, die nicht regelmäßig an Veranstaltungen teilnehmen können. Sie berichtet auf sechs bis sechzehn Seiten über Neues in der Betontechnologie, Veranstaltungen des VDB, Mitgliederbewegungen und neue Regelwerke im Betonbau.

Die umfangreicheren VDB-Reports fassen die Ergebnisse der Tätigkeit von Arbeitskreisen im VDB zusammen und verschaffen so den Mitgliedern einen Informationsvorsprung. Tagungsbände ermög-

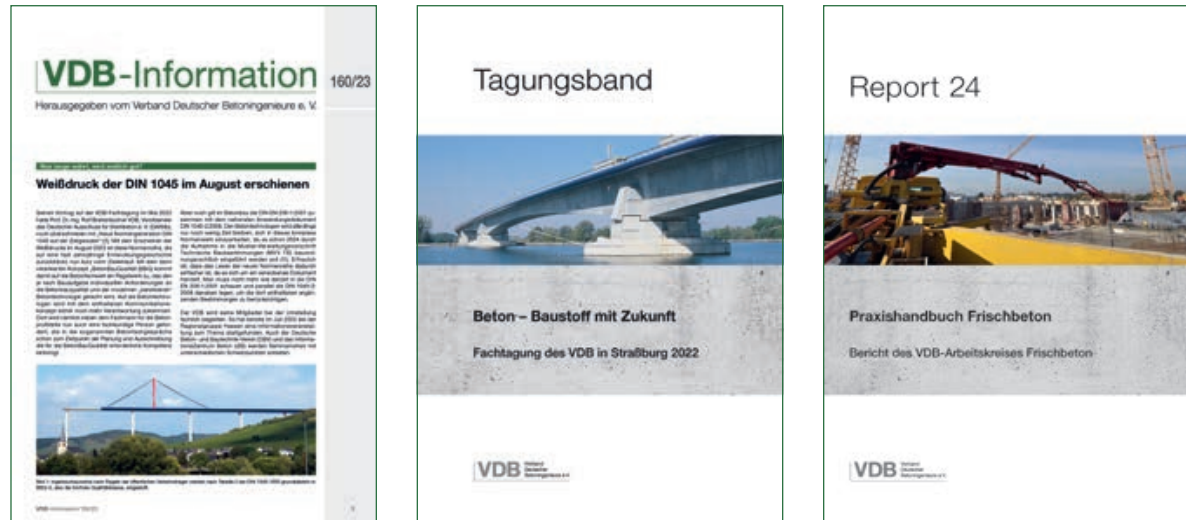


Bild 23: VDB-Information, VDB-Reports und Tagungsbände bilden das Rückgrat der klassischen VDB-Medien.

lichen es den Mitgliedern, die auf den alle zwei Jahre stattfindenden Fachtagungen gehaltenen Vorträge nachzulesen.

Seit dem Jahr 2001 ergänzt die VDB-Homepage des VDB unter www.betoningenieure.de das Informationsangebot des Verbands: ein Medium, das schnell aktualisiert werden kann und überall zur Verfügung steht. Die Homepage gliedert sich in einen öffentlichen Bereich, zu dem jeder Interessierte Zugang hat, und einen internen Bereich, der nur Mitgliedern nach Passwort-Eingabe zur Verfügung steht. Den öffentlichen Bereich nutzt der VDB, um sich und sein Leistungsvermögen vorzustellen und im Veranstaltungskalender über neue Events zu informieren. Mitglieder können im internen Bereich die VDB-Veröffentlichungen (VDB-Informationen, VDB-Report) als PDF-Datei herunterladen, die eigenen persönlichen Daten für das Mitgliederverzeichnis bearbeiten und die Kontaktdaten anderer Mitglieder im Mitgliederverzeichnis finden. Eine wesentliche Ergänzung für die Kommunikation untereinander ist dabei das Forum. Hier können Mitglieder Nachrichten weitergeben, Fragen stellen, Antworten geben und diskutieren.

Das jüngste Kind in der Medienfamilie des VDB sind seit 2018 die Social-Media-Kanäle. Die Aktivitäten starteten im Rahmen einer strategischen Ausrichtung des VDB auf die Zukunft, in der der Verband auch für junge Mitglieder attraktiv sein will. Junge Menschen nutzen heutzutage neben den klassischen Medien sehr intensiv die sogenannten Social Media, also digitale Medien, die es Nutzern ermöglichen, sich zu vernetzen und so untereinander auszutauschen. Zu nennen sind hier zum Beispiel Plattformen wie XING und LinkedIn.

Arbeitskreise

Bedürfen bestimmte Themen einer genaueren Betrachtung, finden sich regional oder überregional VDB-Arbeitskreise zusammen, in denen die verschiedenen Aspekte aus unterschiedlichen Blickwinkeln diskutiert werden können. Der Arbeit kommt dabei zugute, dass sich der Mitgliederkreis – und das ist auch eine Vorgabe für die Arbeitskreise – aus verschiedenen Branchen wie Transportbeton, Zement, Betonzusatzmittel, Bauunternehmen, Hochschulen und Behörden rekrutiert. So deckt der Erfahrungsaustausch unter VDB-Mitgliedern ein breites Spektrum ab und fördert so das interdisziplinäre Wissen sowie das gegenseitige Verständnis. Die Ergebnisse solcher Arbeitskreise werden den Mitgliedern in VDB-Reports, Merkblättern oder Leitfäden zugänglich gemacht. Bisher waren dies:

- Report 1: Beton mit Silicastaub
- Report 3: Wirkung von Trennmitteln auf die Betonrandzone (1998)
- VDB-Leitfaden 1: Leitfaden für den Einbau von zementgebundenem Fließestrich (2000)
- Report 9: Anwendung der Vapor-Technologie bei der Nachbehandlung von Beton-Pflastersteinen (2003)
- Report 10: Baurecht / Neue Normen / Qualitätsüberwachung (2003)
- Report 12: Maßnahmen zur Verminderung der Zwangsbeanspruchungen infolge Hydratationswärme (2005)
- Report 17: Optimierung des Nachbehandlungssystems für Betone mit CEM II/B-S – Zementen (2010)
- DBV-/VDB-Merkblatt Brückenkapfen aus Beton (2011)

-
- Report 18: Betonzusatzstoffe (2012)
 - Report 24: Praxishandbuch Frischbeton (2024)
 - Report 25: Handbuch Betonzusatzmittel (2024)

Große Anerkennung und Verbreitung fanden die Schulungsunterlagen, die ein VDB-Arbeitskreis 2001 zur Einführung der DIN EN 206-1:2001-07 und deren nationalem Anwendungsdokument DIN 1045-2 erarbeitet hatte. Die einzelnen Powerpoint-Präsentationen zu den Themen:

- Gesteinskönung,
- Expositionsklassen,
- Betonentwurf,
- Zusatzstoffe,
- Konformität,
- Betonfamilien,
- Schnittstellen und
- Prüfgeräte

wurden nicht nur bei VDB-Veranstaltungen eingesetzt, sondern auch bei Vorlesungen an Hochschulen und Ausbildungsstätten.

Die breite Basis der Meinungsfindung im VDB und die hier vertretene Kompetenz führten schon vor einiger Zeit dazu, dass regelsetzende Gremien den Verband auf eine Mitarbeit bei der Betonnormung ansprachen. Seit 2007 ist der VDB offiziell Mitglied des Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb). Gleichzeitig trat der VDB auch dem Verein zur Förderung der Normung im Bereich Bauwesen (VFBau) e.V. bei, da er dadurch VDB-Mitglieder in alle dem CEN TC 104 zugeordneten Ausschüssen des DIN und DAfStb entsenden kann.

Für die Koordination dieser Normenarbeit des VDB wurde der Arbeitskreis Normung gegründet, in dem jede Regionalgruppe mit einem Mitglied vertreten ist. Sobald der VDB vom DAfStb zu einer Stellungnahme aufgefordert wird, gibt dies der Obmann des Arbeitskreises mit den entspre-

chenden Unterlagen an diese Mitglieder weiter, sammelt die Stellungnahmen und gibt sie aufbereitet an den DAfStb weiter. In den letzten Jahren erstellte der Arbeitskreis z. B. Stellungnahmen zu den DAfStb-Richtlinien „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ und „Richtlinie für die Instandhaltung von Betonbauteilen (Instandhaltungsrichtlinie)“. Ein besonderer Schwerpunkt des Arbeitskreises war die Beobachtung und Einflussnahme der weiteren Entwicklung der neuen Normenreihe DIN 1045, die in Zukunft die Tätigkeit der Betontechnologen prägen wird.

2010: Professionalisierung des Rechnungswesens

Seit Anfang des neuen Jahrtausends beobachteten die Finanzbehörden genauer, ob Vereine auch Einnahmen generieren, die der Ertragssteuer und/oder Umsatzsteuer unterliegen. Mitgliedsbeiträge, Erbschaften oder Fördermittel müssen grundsätzlich nicht versteuert, jedoch z. B. Einnahmen aus Teilnahmegebühren an Veranstaltungen, aus Mieten für Ausstellungsstände und aus Buchverkäufen, soweit sie eine gewisse Grenze überschreiten. Als im Jahr 2010 auch der VDB in dieser Hinsicht intensiv geprüft wurde, setzte sich der Schatzmeister umgehend mit einem Steuerberatungsbüro in Verbindung, das im Kontakt mit den Finanzbehörden ein neues Konzept erarbeitete. So wurden ab 2011 ein professionelles Programm für die Finanzbuchhaltung unter Einbeziehung der Regionalgruppen genutzt, vom Steuerberatungsbüro Jahresabschlüsse und Bilanzen erstellt sowie die Gründung einer GmbH, deren alleiniger Gesellschafter der Verband sein sollte, beschlossen. Am 7.3.2012 erfolgte die Eintragung der VDB GmbH, über die seitdem weitestmöglich alle umsatzsteuerpflichtigen Leistungen abgewickelt werden, in das Handelsregister beim Amtsgericht Münster. Geschäftsführerin dieser GmbH ist Birgit Bilo.

Mit diesem Schritt gelang es auch, dem stetig gewachsenen Verwaltungsaufwand – von Mitte 1974 bis Ende 2011 stieg die Mitgliederzahl von 562 auf 1.852 – Herr zu werden.

Auf internationalem Parkett unterwegs

Der Verband Deutscher Betoningenieure (VDB) pflegt seit jeher einen engen Kontakt zu den Verbänden der Betontechnologen im europäischen Ausland. Die zunehmende Bedeutung der europäischen Betonnormung hat den Stellenwert dieser Kontakte noch weiter gehoben. In regel-



Bild 24: Im August 2015 trafen sich zum deutsch-schweizerischen Erfahrungsaustausch in Genf (v.l.): Pascal Kronenberg (VSB), Prof. Dr.-Ing. Matthias Middel (VDB), René Bollinger (VSB), Dr. Michael Lichtmann (VDB), Franz Josef Bilo (VDB), Ernst Honegger (VSB, Präsident), Dr.-Ing. Karsten Rendchen (VDB), Roland Weiss (VSB), Ivo Haefeli (VSB), Urs Vollmer (VSB).

Bild 25: Im September 2019 trafen sich STUTECH- und VDB-Vorstand in Erkrath bei Düsseldorf (v. l.): Dr.-Ing. Karsten Rendchen, Eelco van der Weij, Prof. Dr.-Ing. Matthias Middel, Valerie Diemel, Edwin Vermeulen, Dr. Michael Lichtmann.



mäßigen Abständen tauschen sich daher die Vorstände der Verbände zur Behandlung wichtiger betontechnologischer Themen in der Betonnormung, aber auch zu Strategien der Verbandstätigkeit aus. Besonders enge Kontakte bestehen zur niederländischen STUTECH (studievereniging van en voor beton-technologen) und zum Verband Schweizerischer Betontechnologen (VSB) (Bilder 24 und 25). Der VSB hielt sogar seine Generalversammlung 2016 auf dem Bodensee ab, und zwar auf einem Schiff, das die Teilnehmer vom Schweizer Ufer zur VDB-Fachtagung ins deutsche Friedrichshafen brachte.

Ehrenamt nicht nur der Ehre wegen

Im größeren Teil meines Berufslebens, das sich nun dem Ende zuneigt, habe ich NICHT Betonzusammensetzungen entworfen, NICHT Betonierkonzepte entwickelt und KEINE Probewürfel abgedrückt. Als Chefredakteur der Zeitschrift beton, Lektor und Verleger von Fachbüchern wie dem Hand-

buch der Betonprüfung hatte ich dennoch immer engsten Kontakt zur Betontechnologie und zu den Betontechnologen. Bei der Tätigkeit war es stets oberste Maxime, auf dem neusten Stand des Wissens zu bleiben. Dabei zählten zu meinen wichtigsten Ressourcen die Kontakte, die ich über meine VDB-Mitgliedschaft gewinnen und pflegen konnte. Meine lange ehrenamtliche Tätigkeit im Verband verschaffte mir dazu noch einen gewissen Bekanntheitsgrad – und einen Vertrauensvorschuss, der es den Angesprochenen einfach machte, manchmal auch ein wenig aus dem „Nähkästchen“ zu plaudern. Auch wenn die ehrenamtliche Tätigkeit im VDB auf Kosten der Freizeit geht, kann ich immer wieder nur empfehlen, nicht nur passives Mitglied zu sein, sondern aktiv mitzuwirken, ob nun temporär in Arbeitskreisen, als Referent bei VDB-Fachveranstaltungen oder als Vorstandsmitglied. Es lohnt sich!



Bild 26: Der geschäftsführende Vorstand des VDB im Mai 2023 in Kassel v. l.: Prof. Dr.-Ing. Matthias Middel (1. Vorsitzender), Rainer Büchel (Referent für Öffentlichkeitsarbeit), Dr.-Ing. Stefan Kordts (stellvertretender Vorsitzender) und Franz Josef Bilo (Schatzmeister). Nicht im Bild zu sehen ist Schriftführer Dr. Michael Lichtmann.

Literatur

- [1] Johann Wolfgang von Goethe (1749 – 1832): Maximen und Reflexionen. Aphorismen und Aufzeichnungen. Aus Kunst und Altertum, 5. Band 3. Heft, 1826.
Über Kunst und Altertum ist eine kunstkritisch und kulturpolitisch ausgerichtete Zeitschrift von Johann Wolfgang von Goethe, erschienen in sechs Bänden zwischen 1816 und 1832.
- [2] Verband Deutscher Betoningenieure e. V. (Hrsg.): VDB – 25 Jahre – 1974 bis 1999. Düsseldorf 1999
- [3] Jean-Luc Godard (1930 – 2022). Französisch-schweizerischer Regisseur und Drehbuchautor.
- [4] Danielewski, Gerd: Deutscher Betontag 1969 in Düsseldorf. In: beton 3/1969 S. 100
- [5] Bausch, Dieter: Mit der neuen Norm leben. In: beton 3/1972 S. 83
- [6] Bausch, Dieter: Betontechnologen jetzt unter einem Dach. In: beton 5/1974 S. 160
- [7] Lewandowski, Ralf: Transportbeton – Entwicklung, Technik, Anwendung; in beton 10/1976, S. 381.

-
- [8] Büchel, Rainer: Beton auch ohne Schutz dauerhaft – 10. Ibausil mit großer Beteiligung aus Ost und West; in beton 6/1988, S. 248.
 - [9] Jochen Stark, Jochen; Wicht, Bernd: Das Baustoffingenieurwesen an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar; in: Aber Wir sind! Wir wollen! Und wir schaffen! Von der großherzoglichen Kunstschule zur Bauhaus-Universität Weimar, 1860 – 2010, Band 2. Verlag der Bauhaus-Universität Weimar, 2012
 - [10] Meyer, Hans-Gerd: Entwicklungstendenzen bei den Betonvorschriften. In: beton 6/1985 S. 187
 - [11] Bonzel, Justus; Siebel, Eberhard: Betontechnologie im Spiegel der letzten 50 Jahre. In: beton 5/1998 S. 274
 - [12] Kern, Edgar: Entwicklung der Betontechnik. In: beton 9/1999 S. 484
 - [13] Schröter, Norbert; Fischer, Petra: Entwicklungen und Trends bei Betonzusatzmitteln. In: beton 6/2010 S. 226

Dipl.-Ing. Rainer Büchel ist seit Februar 1990 Mitglied im VDB. Von 1991 bis 2007 war er Schriftführer des Verbands und ist seitdem Referent für Öffentlichkeitsarbeit.

Nach erfolgreichem Abschluss des Studiums des Bauingenieurwesens an der Bergischen Universität Wuppertal und Tätigkeit als Bauleiter im Hochbau übte er seit 1987 Tätigkeiten als Redakteur, Lektor und Geschäftsführer im Beton-Verlag, Stahlbau-Verlag und Verlag Bau+Technik aus. 1989 erwarb er den sogenannten E-Schein.

Die großen Schritte der Betontechnologie in den 1970er- und 1980er-Jahren



Entworfen wurde das Kunstmuseum Bonn von dem Architektenbüro BJSS – Dietrich Bangert, Bernd Jansen, Stefan Scholz, Axel Schultes und Jürgen Pleuser. Die Stahlbetonkonstruktion mit einem 1200 m² großem Vordach auf 13 asymmetrisch gestellten, 12 m hohen Schleuderbetonstützen erhielt den Architekturpreis Beton 1993 und war Veranstaltungsort der VDB-Fachtagung 2014. Foto: Verlag Bau+Technik

Die großen Schritte der Betontechnologie in den 1970er- und 1980er-Jahren

Von Rupert Springenschmid, München

1 Die Ausgangsbasis

Schon in den 1950er-Jahren, bald nach dem Wiederaufbau der zerstörten Infrastruktur, zeichnete sich ab, dass die 1943 erschienene Neufassung der für Beton und Stahlbeton geltenden DIN 1045 nicht mehr ausreicht. Die darin enthaltene höchste „Güteklasse“ war B 300, etwa der heutigen Druckfestigkeitsklasse C20/25 entsprechend. Ergänzungen waren schon für den oft verwendeten B 450 nötig, erst recht, wenn etwa für eine Brücke gar ein B 600 eine besonders wirtschaftliche Konstruktion versprach. Für den Nachweis der Güte des Betons genügten Probewürfel. Wenn sich vier Wochen nach dem Einbau des Betons zeigte, dass die geforderte Festigkeit nicht erreicht wurde, war der Ärger groß.

In vielen Bereichen fehlte es an ausgebildeten Fachkräften. Dazu kam noch, dass ab etwa 1960 immer mehr Transportbetonwerke entstanden. Viele Baustellen stellten den Beton nicht mehr selbst her, sondern bezogen ihn von ortsfesten Betonwerken [1]. Neben der Güteklasse mussten bei der Bestellung auch Anforderungen an die Konsistenz des Frischbetons festgelegt werden, etwa ob der Beton gepumpt werden, durch Rütteln verdichtet oder gar unter Wasser eingebaut werden soll, um nur einige Beispiele zu nennen. Als Zusatzmittel gab es anfangs nur Verflüssiger, Verzögerer, Beschleuniger, Dichtungsmittel und Luftporenbildner. Von Zusatzstoffen wie Flugasche war noch wenig die Rede. Allmählich drängte aber schon die bauchemische Industrie auf den Markt und entwickelte neue Zusatzmittel [2]. Aber all das kostete Geld und auf den Baustellen wollte man einen Beton, der sich leicht einbauen lässt und nicht viel kostet.

Bis heute ist mir ein Fall aus den 1960er-Jahren in Erinnerung, der mir im Forschungsinstitut der österreichischen Zementindustrie in Wien begegnete. Da beklagte der für den Brückenbau eines



Bild 1: Herstellung des Betons für das Stausee-Kraftwerk Regen in einer Baustellenmischanlage im Jahr 1954; Zu sehen ist die Seite mit den Betonmischern (auf aufgebockten Fahrwerken) und der Beladestraße für Mulden-Fahrzeuge

Bundeslandes verantwortliche Ingenieur, dass die damals neu errichteten Transportbetonwerke – im Wettbewerb zueinander stehend – wetteiferten, für seine Brücken den am leichtesten einzu-

bauenden Beton zu liefern, und dies durch reichliche Wasserzugabe mit geradezu flüssiger Konsistenz, ohne dass er als Auftraggeber dagegen einschreiten könne. Um dem abzuhelpen war eine Kontrolle vor Ort nötig. Ich habe ihm geraten, einen Kleinbus mit den nötigen Prüfgeräten anzuschaffen, und erklärte mich bereit, zwei tüchtige Mitarbeiter seines Amtes in meinem Institut daran ausbilden zu lassen. Als dann bei Brückenbaustellen der Beton vor dem Einbau geprüft wurde und die ersten Lieferungen zurückgeschickt werden mussten, verbesserte sich die Qualität der nachfolgenden Lieferungen schlagartig. Für uns völlig überraschend erschien kurz vor Weihnachten dieser Laborbus vor meinem Institut und überbrachte uns zwei Kartons mit burgenländischem Wein: Es war auch damals selten, dass eine staatliche Bauverwaltung Privatleuten zu Weihnachten ein Geschenk überbringt.



Bild 2: Transportbetonwerk in Düsseldorf im Jahr 1961 mit Mischturm und – im Hintergrund – zwei Fahrmischer; 1971 überflügelte der Transportbeton mit einer Produktion von 50 Mill. m³ erstmals den Baustellenbeton [1].

2 Die Neufassung der Regelwerke

Mit einer Neufassung der DIN 1045 wurde schon 1958 begonnen, wobei der die Anforderungen an den Beton und dessen Überwachung betreffende Teil einer Arbeitsgruppe unter Leitung von Prof. Kurt Walz übertragen wurde. Ich habe selbst miterlebt, welche Mühe und welche große Überzeugungskraft Kurt Walz aufbringen musste, damit schließlich 1972 eine neue DIN 1045 eingeführt werden konnte. Neu waren damals die höheren Festigkeitsklassen Bn 350, Bn 450 und Bn 550 (entsprechend heute etwa C30/37, C35/45 und C45/55), die in die Norm als „Beton II“ aufgenommen wurden. Um Beton B II herstellen und einbauen zu dürfen, mussten besondere Anforderungen an die Ausstattung der Unternehmen und an die Ausbildung des Personals erfüllt werden. Der „Betoningenieur“, mit umfassenden betontechnischen Kenntnissen ist damit aus seinem Schattendasein herausgehoben worden.

Ingenieure, die sich um den Beton und seine Ausgangsstoffe und deren Prüfung und Bewertung kümmerten und über ein eigenes Labor verfügten, waren bisher nur bei wenigen sehr großen Bau-

firmen zu finden. Pionierarbeit in eigenen Betonlabors leisteten aber auch große Bauträger etwa des Wasserbaues für Talsperren, Häfen oder Schifffahrtsschleusen. Für den Bau der Autobahnen waren auch universitäre Prüfanstalten etwa in Stuttgart und Aachen eingebunden. Schließlich kamen vor allem von der Zementindustrie große Bemühungen, der Praxis betontechnisches Wissen zu vermitteln.

3 Stürmische Entwicklung in den 1970er- und 1980er-Jahren

Die Forschung auf dem Gebiet der Betontechnologie hatte sich schon in den zurückliegenden Jahren weiterentwickelt. Hilfreich war, dass sie sich auf neue Erkenntnisse über den Reaktionsablauf bei der Hydratation des Zements und endlich auch auf jetzt zugängliche ausländische, vor allem amerikanischen Erfahrungen abstützen konnte. Ursprünglich beruhend auf reiner Empirie, Beobachtungen und Beschreibungen von Versuchsergebnissen, gelang immer mehr die methodische Erforschung der Zusammenhänge.

Dazu, den Beton für die bevorstehenden vielen und großen Bauaufgaben besser mit einer gleichmäßigen hohen Qualität herzustellen und auf die Erfordernisse des Einbaus abzustimmen, haben alle Beteiligten beigetragen. Eine Herausforderung waren manche neue, recht unterschiedliche Aufgaben für den Beton, der maßgeschneiderte Zusammensetzungen erforderte. Auch wurden immer mehr der Aufgabe angepasste Zemente mit gleichmäßigeren Eigenschaften hergestellt. Hinzu kamen Zusatzstoffe wie Flugasche, Hüttensandmehl, Mikrosilica oder auch Steinmehl zur Erzielung bestimmter Betoneigenschaften. Bei den Gesteinskörnungen war man zunehmend bestrebt, diese mit nur in engem Bereich schwankenden Kornzusammensetzungen herzustellen und mit gleichmäßigem Wassergehalt anzuliefern. Weil vielerorts Kies, also Rundkorn, fehlte oder schwer zu beschaffen war, musste oft auf Körnungen aus gebrochenem Felsgestein ausgewichen werden. Man fand Verfahren, um ungünstige Kornformen zu vermeiden, so dass damit hergestellter Beton auch gut gepumpt werden konnte. Große Vor-

Bild 3: Einbau von Fließbeton im Straßenbau 1977 in Düsseldorf auf der Uerdinger Straße (B7) im Bereich zwischen Danziger Straße (B8) und Kaiserswerther Straße





Bild 4: Baustelle des Fernmeldeturms Düsseldorf im Jahr 1979. Der 234,2 m hohe Düsseldorfer Rheinturm ist der erste Turm, der – einschließlich Kanzel – komplett aus Stahlbeton hergestellt wurde. Um die Taktzeiten beim Klettern von maximal 12 bis 14 Stunden einhalten zu können, musste die Druckfestigkeit beim Entschalen mindestens 10 N/mm² betragen [3].

teile brachten neue Zusatzmittel, vor allem die ursprünglich als „Superverflüssiger“ bezeichneten Fließmittel, die später sogar zu selbstverdichtendem Beton führten, der auch, ohne gerüttelt zu werden, ein dichtes Gefüge erhält [2].

Wieder nur beispielhaft können einige der vielen neuen Zusatzmittel genannt werden, die bei bestimmten Aufgaben Verbesserungen brachten oder gar bestimmte Verwendungen speziell hergestellter Betone erst ermöglichten: so etwa Stabilisierer, alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger oder Langzeitverzögerer. Immer mehr wurden Betone mit einem oder sogar mehreren Zusatzmitteln und auch mit einem Zusatzstoff hergestellt. Aus dem Drei-Stoff-System wurde Beton zum Fünf-Stoff-System, für dessen effektive Zusammensetzung Erfahrung und Wissen der Betoningenieure unverzichtbar wurde.

Große Fortschritte brachten auch Neuerungen der Maschinenteknik, z. B. bessere Fahrmischer und bessere Betonpumpen. Dazu kam vor allem auch die Umstellung der Mischanlagen von der Handsteuerung auf die Steuerung mit Mikroprozessoren. Auch durch die Verbesserungen der Messverfahren konnten jetzt die Betonlieferungen zielgenauer auf die gewünschten Eigenschaften eingestellt werden. So konnte beim Mischen die Wasserzugabe auf den gemessenen, bereits vorhandenen Wassergehalt des Sandes abgestimmt werden und auch der Nachlauf beim Zumessen der Mischungsanteile konnte automatisch berücksichtigt werden. Dies und weitere Verbesserungen ermöglichten es, Beton ohne größere Schwankungen der Eigenschaften zielsicher herzustellen.

4 Dauerhaftigkeit

Dann geschahen aber auch dramatische Unfälle, die uns wachrüttelten: 1976 der Einsturz der Wiener Reichsbrücke, 1980 der Einsturz des Dachs der Berliner Kongresshalle und 1985 das tragische Versagen einer Schwimmbaddecke im schweizerischen Uster. Die daraus zu ziehenden Lehren für neue Bauwerke bestätigten eigentlich inzwischen längst geltende Regeln: vor allem, dass so zu konstruieren ist, dass örtliches Versagen eines Gliedes nicht zum Einsturz des ganzen Bauwerks führen darf. Für den Technologen ergab sich, dass der Beton neben sei-

ner Aufgabe, Kräfte aufzunehmen, auch für den notwendigen Korrosionsschutz der Stahleinlagen sorgen muss und dies besonders, wenn Chloride im Spiel sind. Schließlich zeigte sich auch, dass Betonbauteile möglichst für eine spätere zerstörungsfreie Prüfung zugänglich und prüfbar sein müssen. So führt eine Verkleidung von Brückenpfeilern mit Granitblöcken dazu, dass spätere zerstörungsfreie Prüfungen des dahinter liegenden Stahlbetons nicht möglich sind.

Manche nennen es ein Geschenk der Natur, dass bei der Hydratation des Zements Calciumhydroxyd freigesetzt wird, das den mit Beton umhüllten Stahl zuverlässig vor Korrosion schützt. Die Sorge der Väter des ersten Stahlbetons im 19. Jahrhundert war also unbegründet. Aber auch dieser Korrosionsschutz hat seine Grenzen. Durch allmählich in die Oberfläche des Betons eindringendes Kohlenstoffdioxid carbonatisiert das Calciumhydroxyd und der Stahl beginnt, vor allem wenn Feuchtigkeit Zutritt, zu rosten. Um dies auch über viele Jahrzehnte zu verhindern, mussten die Mindestmaße der Betondeckung erhöht werden. Neu entwickelte Prüfgeräte zur Kontrolle der Betondeckung auch nach dem Erhärten sind ein wichtiger Bestandteil der Sicherung des Korrosionsschutzes geworden.

Dass Tausalz im Winter auch die Oberfläche des auf Straßen meist unbewehrten Betons angreifen kann, sodass die oberste Schicht abwittert, war längst bekannt. Ebenso wusste man bereits, dass luftporenbildende Zusatzmittel, beim Mischen in bestimmtem Maße zugegeben, den Straßenbeton zuverlässig vor solchen Abwitterungen schützen. Zur besseren Überwachung mussten aber die Prüfverfahren weiterentwickelt werden. Sie halfen, bei dennoch aufgetretenen Schadensfällen auch am erhärteten Beton noch festzustellen, ob die erforderliche Luftporenbildung erreicht wurde.

Chloride des Meerwassers führen genauso wie jene des Tausalzes, das im Winterdienst auf Straßen und den zugehörigen Brücken aufgebracht oder von Fahrzeugen in Parkhäuser eingeschleppt wird, zur Stahlkorrosion. Dies vor allem, wenn sie, wie oft, durch Risse besonders tief in den Beton eindringen. Die Grundlagen für dauerhafte Schutzmaßnahmen wurden entwickelt. Auch begann die Entwicklung verfeinerter Verfahren für die Untersuchungen in Schadensfällen sowie besserer Mörtel und anderer Baustoffe für Instandsetzungen.

5 Prüfung und Überwachung von Betonbauten

Wir lernten in dieser Zeit auch, dass Brücken und andere hoch beanspruchte Bauwerke in bestimmten Zeitabständen überprüft werden müssen. In den meisten Fällen ist zunächst eine Prüfung nach Augenschein und ggf. ein Abklopfen durchzuführen, um mögliche Hohlräume zu entdecken. Nur in seltenen Fällen sind weitere Untersuchungen angezeigt. Dafür wurden zahlreiche zerstörungsfreie Prüfverfahren entwickelt. Auch Besichtigungsgeräte waren nun nötig, damit auch Untersichten von Brücken geprüft werden konnten. Solche Geräte mussten erst entwickelt und angeschafft werden.

Bild 5: Bei der 2002 fertiggestellten Pierre-Pfämlin-Brücke über den Rhein etwa 5 km südlich von Straßburg ermöglichte die Verwendung von ca. 7.750 m³ eines Hochleistungsbetons Beton B 65 nach französischer Norm FN P 18-305 (entspricht etwa einem Beton C 70/85 nach DIN EN 206) eine sehr schlanke Form der Hauptbrücke [4].



6 Forschungsarbeiten, die zur Grundlage für die weitere Entwicklung wurden

Die von Prof. Kurt Walz beschriebene Beziehung zwischen Zementfestigkeit, Wassermenge und Betondruckfestigkeit blieb bis heute das wichtigste Hilfsmittel für die zielsichere Herstellung von Beton mit bestimmter Druckfestigkeit. Neu war die Erkenntnis, dass die Forderung nach einer auf ein Minimum der Hohlräume optimierte Kornzusammensetzung auch für den extrem feinen

Bereich gilt und zu erheblich dichterem Gefüge und höheren Festigkeiten führt. Auch Wassermenge von 0,40 bis unter 0,20, bei denen die Klinkerkörner nicht mehr vollständig hydratisieren, führen zu höheren Betonfestigkeiten von 100 bis 200 N/mm², sodass Beton auch für ganz andere Anwendungsbereiche nutzbar wird.

Wichtige Eigenschaften des Betons müssen beim Einbau überprüft werden. Wenn aber baustellentaugliche Prüfverfahren nicht vorhanden sind, müssen Hilfsgrößen festgelegt und auch in Regelwerken festgeschrieben werden, so z. B. damals das für viele Aufgaben geltende Verbot zu weicher Konsistenzen, vor allem, wenn der Beton durch Rütteln verdichtet wird. Dies erfolgte mit dem Ziel, Entmischungen und Wasseranreicherungen in den oberen Betonschichten zu vermeiden. Als die bauchemische Industrie Fließmittel herausbrachte und weiterentwickelte, wurde es später möglich, Beton in fließfähiger Konsistenz einzubringen und teilweise auch auf ein Verdichten nahezu ganz zu

verzichten, ohne dass Entmischungen zu befürchten waren. Weiche Konsistenzen waren unter diesen Bedingungen dann nicht mehr tabu.

Für massige Bauteile und selbst für Betonstraßen galt bis zum Schneiden der Fugen, dass, um Risse zu vermeiden, bestimmte Betontemperaturen nicht überschritten werden dürfen. Dies galt, obwohl eine Erwärmung in diesem bescheidenen Ausmaß dem Beton nicht schaden kann. Untersuchungen der Temperaturspannungen im jungen Alter haben gezeigt, dass es entscheidend ist, bei welcher Temperatur der Beton so weit erhärtet ist, dass eine weitere Erwärmung zu Druckspannungen führt, also zu einer Vorspannung, die bei späterer Abkühlung erst abgebaut werden muss, bevor schließlich Zugspannungen entstehen, die letztlich in großen Bauteilen, bei denen eine Kontraktion nicht möglich ist, zu Rissen führen. Mit der Festlegung einer generellen Obergrenze der Temperatur, die der Beton nicht erreichen darf, greift man zu einer Hilfsgröße. Temperaturen sind leicht messbar, während Spannungen nur mit besonderen hierzu entwickelten Einrichtungen in Forschungsarbeiten festzustellen sind.

7 Folgerungen

Die 1970er- und 1980er-Jahre brachten eine äußerst rege Bautätigkeit. Mehr Brücken als je zuvor oder auch später wurden in dieser Zeit gebaut. Allein schon die Olympischen Spiele 1972 in München belastete die Bauindustrie auf das Äußerste. Für den Betonbau standen jetzt in allen beteiligten Bereichen, von den ausführenden Firmen, den Betonwerken, den Lieferanten der Gesteinskörnungen, Bindemitteln und Zusatzmitteln in zunehmendem Maße ausgebildete Fachleute und vermehrt auch betontechnische Laboratorien zur Verfügung. Der Erfahrungsaustausch in gemeinsamen Veranstaltungen der Betoningenieure erwies sich als großer Vorteil. Darüber hinaus tat sich ein Weg auf, um die auf Baustellen gewonnenen Erfahrungen besser bei der Ausarbeitung neuer Regelwerke einfließen zu lassen.



Bild 6: Baustelle „Oberwiesenfeld“ im Jahr 1970 für die Olympischen Spiele in München 1972. Hier bewegte die Olympiabaugesellschaft seit 1969 rund 3,5 Mio. m³ Erde, verbaute ca. 220.000 m³ Beton und etwa die vierfache Stahlmenge des Eiffelturms [5].
Alle Fotos: Archiv Verlag Bau+Technik GmbH

Literatur

- [1] Lewandowski, Ralf: Transportbeton – Entwicklung, Technik, Anwendung; in beton 10/1976, S. 381
- [2] Norbert Schröter und Petra Fischer: Entwicklungen und Trends bei Betonzusatzmitteln. In: beton 6/2010 S. 226
- [3] Günter Kaiser, Erhard Uhlemann und Hartmut Wiedenmann: Fernmeldeturm Düsseldorf – Baubetriebliche und betontechnologische Aspekte. In: Beton-Informationen 5/1980 S. 46
- [4] Jörg-Peter Wagner; Michael Blaschko: Einsatz von hochfestem Beton beim Bau einer Spannbetonbrücke – Rheinbrücke Altenheim-Eschau. Beton 7+8/2002, S. 354
- [5] Karl Stankiewicz: Olympia 1972 – Das neue Oberwiesenfeld. In: Die Abendzeitung 4. April 2012, München
- [6] Justus Bonzel und Eberhard Siebel: Betontechnologie im Spiegel der letzten 50 Jahre. In: beton 5/1998 S. 274



VDB-Fachtagung 2016 in Friedrichshafen: Prof. Dr. Rupert Springenschmid (Mitte) umrahmt links von Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher, VDB-Mitglied und DAfStb-Vorsitzender, und rechts von Prof. Dr.-Ing. Robert Weber, Ehrenvorsitzender des VDB.

Univ.-Prof. Dr. techn. Dr.-Ing. E.h. Rupert Springenschmid ist seit Mai 1980 Mitglied im VDB.

Er studierte Bauingenieurwesen an der TH Wien und an der Princeton University (USA). Während seiner mehrjährigen Tätigkeit in einer Straßenbaufirma promovierte er mit einer Dissertation über Bodenverfestigungen mit Zement an der TH Wien. 1958 wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Kurt Walz im Forschungsinstitut der Zementindustrie in Düsseldorf. 1962 wechselte er ins österreichische Zement-Forschungsinstitut, dessen Leitung er 1966 übernahm. Von 1973 bis 1998 war er Inhaber des Lehrstuhls für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung und Direktor des Baustoffinstituts (später CBM) der TU München.

Entwicklungen auf der Betonbaustelle nach dem zweiten Weltkrieg



In der Darmstädter Innenstadt entstand in unmittelbarer Nähe vom Schloss der Neubau eines Kongresszentrums. Um das begrenzte Gelände in Darmstadt optimal auszunutzen, erhielt das Kongress- und Wirtschaftszentrum drei Untergeschosse. Überreste der mittelalterlichen Stadtmauer sowie Teile eines historischen Wehrturms, die man während der Bauarbeiten entdeckte, wurden in das „Darmstadtium“ integriert. Foto: BetonBild / André Hack

Entwicklungen auf der Betonbaustelle nach dem zweiten Weltkrieg

Von Edgar Kern, Darmstadt

1 Situation auf der Betonbaustelle in den 1950er-Jahren

Der zweite Weltkrieg hinterließ in Deutschland ein riesiges Trümmerfeld. Schuttberge und Ruinen säumten die Straßen fast aller Großstädte. Fabriken, Bahnhöfe und Brücken waren weitgehend zerstört. Der Wiederaufbau löste einen Bauboom ohnegleichen aus. Er begann mit der Währungsreform im Jahre 1948 und erreichte seinen ersten Höhepunkt in den 1970er-Jahren.

Deutlich wird dies, wie Bild 1 zeigt, an den Produktionszahlen der Zementindustrie. Sie stiegen von 5,4 Mio. t im Jahr 1948 kontinuierlich stark an und erreichten Anfang der 1970er-Jahre mit 42,3 Mio. t ihren Höchstwert. Erwähnenswert ist, dass zur gleichen Zeit, in dieser Phase der Hochkonjunktur, 1974, der VDB gegründet wurde.

Vor allem das riesige Bauvolumen, die Vielseitigkeit und Wirtschaftlichkeit von Beton sowie neue Bauverfahren wie zum Beispiel Spannbeton haben zu dieser beeindruckenden Entwicklung der Betonbauweise ganz wesentlich beigetragen. So wurden etwa 90 % aller nach dem Krieg gebauten Betonbrücken – es waren weit mehr als Zwanzigtausend – in Spannbetonbauweise hergestellt. Bild 2 zeigt die Errichtung der Deutzer Brücke in Köln als Spannbetonbrücke im Freivorbau. Verarbeitet wurden ein Beton B 55 und ein Leichtbeton LB 45.

Vergegenwärtigen wir uns, wie in den 1950er-Jahren, zu Beginn des Bau-booms, die Arbeitsweise auf unseren Baustellen aussah. Die Zahl der Ausgangsstoffe war leicht überschaubar. Es gab die vier Standardzemente: Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Trass-zement. Die Baustelle dosierte und mischte ihren Beton noch selbst in eigener Verantwortung. Nur bei anspruchsvollen Bauwerken wurden Sand und Kies gewichtsmäßig zugegeben. Der Freifall-

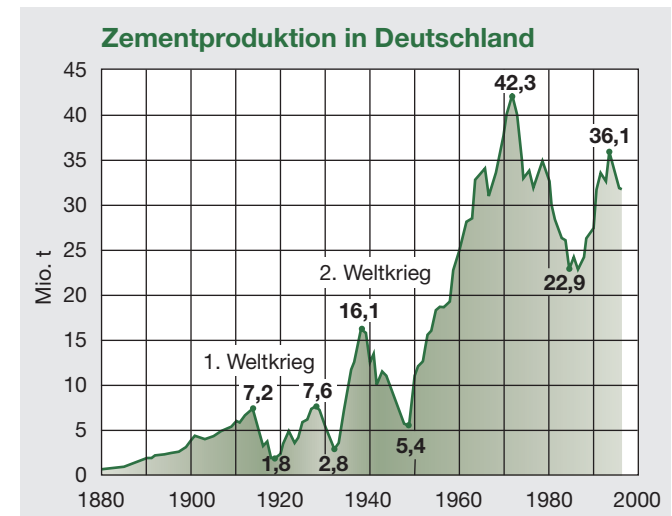


Bild 1: Entwicklung der Zementproduktion in Deutschland von 1880 bis 1998 [1]



Bild 2: Um den steigenden Anforderungen des Verkehrs gerecht zu werden, musste die Rheinbrücke Köln-Deutz verbreitert werden. Auf verbreiterten Stropfeilern wurde neben der bestehenden Stahlbrücke ein neuer Überbau von 16,30 m Breite in Spannbeton aus Beton B 55 und einem Leichtbeton LB 45 im Freivorbau erstellt. Da der Verkehr auf der vorhandenen Stahlbrücke ungehindert aufrechterhalten werden musste, wurde der neue Bau in einem Abstand von 5,30 m zur endgültigen Lage hergestellt und später verschoben. Das Foto zeigt den Bauzustand im Jahr 1978. Foto: Verlag Bau+Technik GmbH

mischer (Bild 3) dominierte auf den Baustellen. Bild 4 gibt ein Stimmungsbild von Baustellen der damaligen Zeit wieder. Der Frischbeton wurde mit Schubkarren, auf gut eingerichteten Baustellen mit Kübeln an Auslegern von Baggern und vereinzelt auch schon mit Pumpen zur Einbaustelle transportiert. Eingebaut wurde er mit Schaufeln, Rechen und Abziehbohle. Meist wurde durch Stampfen, Stochern und seltener mit Rüttlern verdichtet. Hochwertiger Beton war nahezu erdfeucht und erforderte zur vollständigen Verdichtung und zur dichten Einbettung der Bewehrung erhebliche körperliche Anstrengung. Die am häufigsten angewendete Betongüteklasse war damals der B 225, nach heutiger Definition C12/15. Als Obergrenze von Baustellenbeton wurde eine Würfeldruckfestigkeit von 30 N/mm² angesehen. So durfte die Güteklasse B 300 (heute C20/25) nur in besonderen Fällen nach baupolizeilicher Zulassung eingesetzt werden. Der Einfachheit halber werden hier alle weiteren Festigkeitswerte in der heutigen Bezeichnung nach EN 206 angegeben.



Bild 3: Betonherstellung mit einem Freifallmischer in den 1950er-Jahren



Bild 4: Betonverarbeitung in den 1950er-Jahren

Die technischen Fragen rund um den Beton, vor allem zu seiner Zusammensetzung, Konsistenz und Verarbeitung wurden in der Regel vom Bauleiter geklärt. Fachliche Unterstützung holte er sich, wenn nötig, vor allem von den Fachberatern des Deutschen Beton-Vereins (DBV) und der Zementwerke. Bei den größeren Baufirmen waren bereits Betonprüfeinrichtungen und erfahrene Betontechnologen vorhanden, die von der Baustelle hinzugezogen werden konnten.

2 Entwicklungen in den 1960er- und 1970er-Jahren

Zur Gründerzeit des VDB, 1974, hatte sich die Situation auf der Baustelle in vielfacher Hinsicht wesentlich gewandelt. Der Betonhersteller konnte aus einer Vielfalt an Ausgangsstoffen auswählen. Selbst der erfahrene Betontechnologe hatte bereits Mühe, fundierten Überblick über das gesamte Stoffangebot zu behalten. Zu den fünf Zementen nach DIN 1164 kam eine nennenswerte Zahl an bauaufsichtlich zugelassenen Zementen mit verschiedenartigen Zusatzstoffen hinzu. Die Steinkohlenflugasche drängte auf den Markt. Eine zunehmende Bedeutung hatten inzwischen auch die Zusatzmittel erlangt. Das Vertrauen in ihre Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit wuchs von Jahr zu Jahr, wie die Produktionszahlen zeigen (Bild 5). Zunächst standen die Bauleute diesen quasi „therapeutischen Mitteln“ skeptisch gegenüber. Es wurde jedoch bald erkannt, dass die Produkte bei sachkundiger Anwendung zur Qualitätssteigerung und Wirtschaftlichkeit der Betonbauweise wesentlich beitragen und in bestimmten Fällen unentbehrlich sind.

Eine besondere Bedeutung erlangten die Fließmittel. Neben der Weiterentwicklung der Zemente verdanken wir ihnen den größten Fortschritt in der Betontechnologie nach dem Krieg. Sie eröffneten dem Beton ungeahnte Möglichkeiten auf allen Anwendungsgebieten der Betonbauweise. Wassermischbeton und Konsistenz ließen sich fast nach Belieben mit Fließmitteln einstellen. Erwähnenswert ist wieder, dass die erste „Fließbetonrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton“ im Jahre 1974 herauskam.

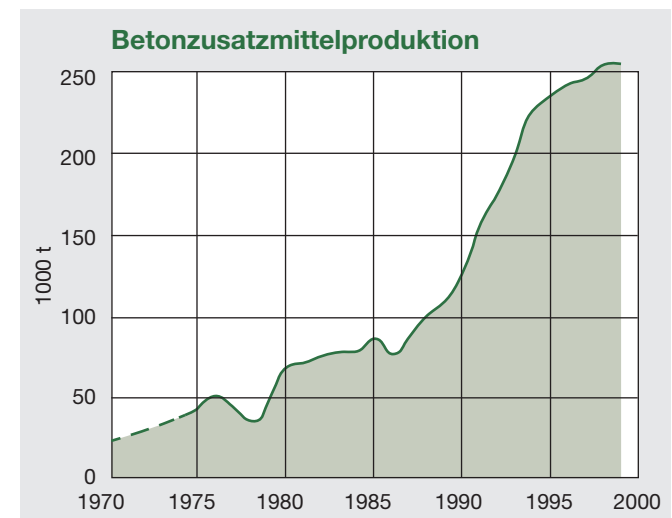


Bild 5: Entwicklung der Betonzusatzmittelproduktion in Deutschland von 1970 bis 1998 [1]

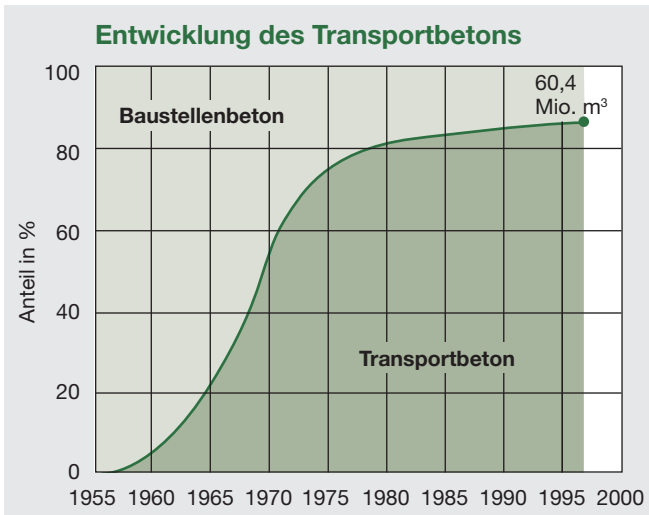


Bild 6: Entwicklung der Transportbetonproduktion in Deutschland von 1955 bis 1998 [1]

Nicht nur im stofflichen Bereich war die Entwicklung des Bauens mit Beton enorm. Auch auf dem Gebiet der Bauausführung war ein großer Wandel eingetreten. Vor allem Transportbeton-Fahrmischer und die hydraulische Betonpumpe prägten jetzt das Bild und die Arbeitsweise auf der Betonbaustelle. Die ersten Transportbetonwerke entstanden in Deutschland im Jahre 1954. 20 Jahre später, also zur Gründerzeit des VDB, besaß Transportbeton schon einen Anteil von rund 70% am gesamten Baustellenbeton (Bild 6). Die Betonpumpe hatte nicht nur wirtschaftliche Bedeutung, sie entlastete vor allem auch den Bauarbeiter ganz wesentlich von der harten Knochenarbeit bei der Verarbeitung des Betons.

Mit dem Verschwinden der Mischanlage von der Baustelle bildeten sich Wissen und Erfahrung des Bauleiters und seiner Poliere um die Zusammensetzung des Baustoffes Beton zurück. Die direkten Kontakte zu den Lieferanten der Ausgangsstoffe gingen weitgehend verloren, obwohl betontechnologisches Fachwissen auf der Baustelle wichtiger war denn je. Die Wirklichkeit verlangte gewissermaßen nach dem Prüfstellenleiter E.

3 Auswirkungen der neuen DIN 1045, Fassung 1972, auf die Baustelle

Aufgrund der vielfältigen, rasanten Entwicklung der Betonbauweise war das gesamte Regelwerk – und hier im Besonderen die DIN 1045 – am Ende der 60er Jahre in weiten Bereichen überholt. Eine Aktualisierung war dringend nötig geworden. Die Bauindustrie hatte bei der Neubearbeitung der DIN 1045 vor allem den Wunsch, dass auf der Baustelle die Anwendung höherklassiger Betone als der bisherige „C20/25“ erlaubt sei. Nach einigen Verzögerungen wurde die Neufassung der DIN 1045 schließlich im Jahre 1972 bauaufsichtlich eingeführt. Die wichtigsten Neuerungen im stofflichen und technologischen Bereich waren für die Baustelle die Erweiterung der Betonfestigkeitsklassen von „C20/25“ bis auf „C45/55“ und als Anforderung die wichtige Größe „Wasserzementwert“. Für die Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung des Betons fanden die Verfahren Beton B I und Beton B II Eingang in die neue Norm.

Es war klar, dass die Anwendung der höherklassigen Betone auf der Baustelle im Zusammenhang mit der höheren Ausnutzung des Betons infolge Umstellung der Bemessung eine prinzipiell andere, systematische Beton- und Bauüberwachung zur Folge haben müsse. Der Vorschlag, die im stationären Fertigungsbereich bei den Betonfertigteilwerken bereits bewährte „Güteüberwachung“ auch auf Baustellen anzuwenden, fand die Zustimmung der Baubehörde. Daraufhin gründeten bereits im Jahre 1970 Bauindustrie und Baugewerbe eine neutrale Überwachungsgemeinschaft, den Güteschutzverband Beton B II-Baustellen. Als dann zwei Jahre später die neue DIN 1045 herauskam, lagen bereits baustellenpraktische Erfahrungen mit dem neuen Überwachungssystem vor.

Große Probleme entstanden vor allem in prüftechnischer Hinsicht bei der Umsetzung der Anforderungen an den Wasserzementwert. Die festgelegten Werte waren Höchstwerte und durften von keinem Einzelwert überschritten werden. Die Einflüsse von Probenahme und Prüfstreuung auf die unter Baustellenbedingungen gewonnenen Ergebnisse waren erwartungsgemäß relativ groß. Es zeigte sich bald, dass einerseits der Aufwand für die Prüfung und andererseits die Aussagekraft des Prüfergebnisses in einem groben Missverhältnis zueinander standen. Auf die Ermittlung dieses so wichtigen Kennwerts für den Baustoff Beton wurde deshalb bald verzichtet. Durch die zunehmende Verwendung von Transportbeton verlor dieses Problem für die Baustelle auch an Bedeutung.

Günstig aufgenommen wurden die klaren Festlegungen für „Beton mit besonderen Eigenschaften“. Der wasserundurchlässige Beton zum Beispiel zur Herstellung der „Weißen Wanne“, die vor allem wegen ihrer Robustheit zunehmend mehr den Vorzug vor der „Schwarzen Wanne“ erhielt, war nun eindeutig definiert. Den zweifelhaften Begriff „Sperrbeton“ hörte man immer seltener.

Die Regelungen für das schnell gewachsene Transportbetonaufkommen waren gewissermaßen in letzter Minute in die neue DIN 1045 hineingekommen. Ohne lange Erprobungsphase, mit heißer Nadel gestrickt, waren die Festlegungen teils unpräzise und deshalb für vertragliche Vereinbarungen nicht eindeutig genug. Heftige Auseinandersetzungen zwischen Lieferant und Abnehmer blieben nicht aus. Erwähnen möchte ich hier auch noch einen menschlichen Faktor. Der Beton-technologe der bauausführenden Firma verlor durch den Transportbeton sein bisher wichtigstes Tätigkeitsfeld, nämlich die Auswahl der Betonausgangsstoffe, den Entwurf der Zusammensetzung des Betons und die Durchführung der Betoneignungsprüfungen. Diese Aufgaben fielen jetzt dem

Personal der Transportbetonwerke zu. Der Betonfachmann der Baufirma hielt sich jedoch durch seine größere Nähe zum entstehenden Bauwerk und seine besonderen Baustellenerfahrungen für kompetenter für diese Arbeiten. Bei den teils heftigen Debatten in den Ausschüssen spielte dieser menschliche Hintergrund sicher auch eine Rolle. Im Laufe der Zeit stellte sich erwartungsgemäß ein normales, auf sachlicher Basis beruhendes Arbeitsverhältnis ein. Hierzu leistete der VDB mit seinen Mitgliedern aus den verschiedensten Tätigkeitsfeldern der Betonbauweise einen wichtigen Beitrag. Die regelmäßigen Treffen der Regionalgruppen, Vorträge, Erfahrungsaustausch, Exkursionen, Tätigkeit in VDB-Arbeitskreisen und nicht zuletzt gesellige Beisammensein erhöhten Wissen und Erfahrung um den Baustoff Beton und das Vertrauen untereinander.

Das Verfahren Beton B I brachte gegenüber dem bisherigen Betonieralltag keine wesentlichen Änderungen. Für den höherwertigen Beton B II dagegen gab es einschneidende Neuerungen. So musste die Herstellung von Beton B II einer Güteüberwachung nach DIN 1084 bestehend aus Eigen- und Fremdüberwachung unterzogen werden. Hierfür musste das Unternehmen über eine ständige Betonprüfstelle verfügen, die von einem in der Betontechnologie und der Betonherstellung erfahrenen Fachmann zu leiten war. Bei den größeren Bauunternehmen, die meist auch im Spannbetonbau tätig waren, gab es bereits Betonprüfeinrichtungen, die mit erfahrenen Betontechnologen besetzt waren. Für sie bestand vor allem das Problem darin, vom bewährten firmeneigenen Überwachungskonzept auf das der Norm umzustellen. Im Allgemeinen ist dies den Firmenleitungen gemeinsam mit den Bauleitern und den firmeneigenen Prüfstellenleitern in verhältnismäßig kurzer Zeit gelungen.

Als ich 1966 zur Philipp Holzmann AG kam, war in der Zentrale ein Betonlabor mit fünf Mitarbeitern vorhanden, das von einem in der Betontechnologie und Betonherstellung sehr erfahrenen Bauingenieur geleitet wurde. Auch einige Niederlassungen und alle großen Fertigteilwerke der Philipp Holzmann AG waren mit Betonlabors und betontechnologisch erfahrenem Personal bereits ausgestattet.

Bei den mittelgroßen und kleineren Betrieben sah das meist ganz anders aus. Hier musste die von der DIN 1045 geforderte Eigenüberwachung völlig neu aufgebaut werden. Ein Ausbildungsbeirat entwickelte das Berufsbild des Leiters der Prüfstelle E. In vierwöchigen Lehrgängen mit abschließender Prüfung konnte der E-Schein erworben werden, der zur Leitung der Prüfstelle E berechnigte. An zehn Ausbildungsstellen führten (Bild 7) in den Jahren 1969 bis 1975 etwa 2500 Betontechnolo-

gen den Nachweis erweiterter betontechnischer Kenntnisse und Fertigkeiten. Bei entsprechenden Voraussetzungen konnte der E-Schein auch durch eine Übergangsregelung erworben werden. Bis 1976 erlangten auf diesem Wege 269 Betontechnologen den E-Schein. Es kann davon ausgegangen werden, dass zur Gründerzeit des VDB etwa 2500 Betonfachleute bereits im Besitz des E-Scheins waren. Aus einer Statistik dieser Zeit geht hervor, dass etwa die Hälfte, d. h. etwa 1300 E-Scheinbesitzer, in Bauunternehmen tätig waren.

Die Einrichtung der E-Prüfstellen verbunden mit der beachtenswerten Zahl an neu hinzugekommenen Betonfachleuten blieb sicher nicht ohne positive Auswirkungen auf die Qualität des Baustoffs Beton.

4 Güteüberwachung

Die Einführung der Güteüberwachung von Beton B II-Baustellen wurde von den im Deutschen Beton-Verein (DBV) zusammengeschlossenen Unternehmen nach anfänglich großer Skepsis schließlich mehrheitlich unterstützt. Die Grundidee, dass im Rahmen der vorbeugenden Gefahren- und Schadenabwehr dem Unternehmen die Eigenüberwachung selbstverantwortlich auferlegt ist und in die Bauleistung und Unternehmerverantwortung einzubeziehen ist, wurde aufgenommen. Nach einer gewissen Übergangszeit ist dieser Umstellungsprozess im Wesentlichen gelungen. Die Geschäftsführungen der Unternehmen stellten sich hinter die selbstverantwortliche Eigenüberwachung und unterstützten die mit Kosten verbundene Qualitätskontrolle. [4]

5 Frischbetonkonsistenz

Die Frischbetonkonsistenz war schon immer ein Dauerthema unter den Betonfachleuten. Wohl auch deshalb, weil die Konsistenz großen Einfluss auf die Schwere der körperlichen Arbeit beim Einbau des Betons hat. Noch zur Gründerzeit des VDB herrschte die Auffassung vor, dass guter Beton nur

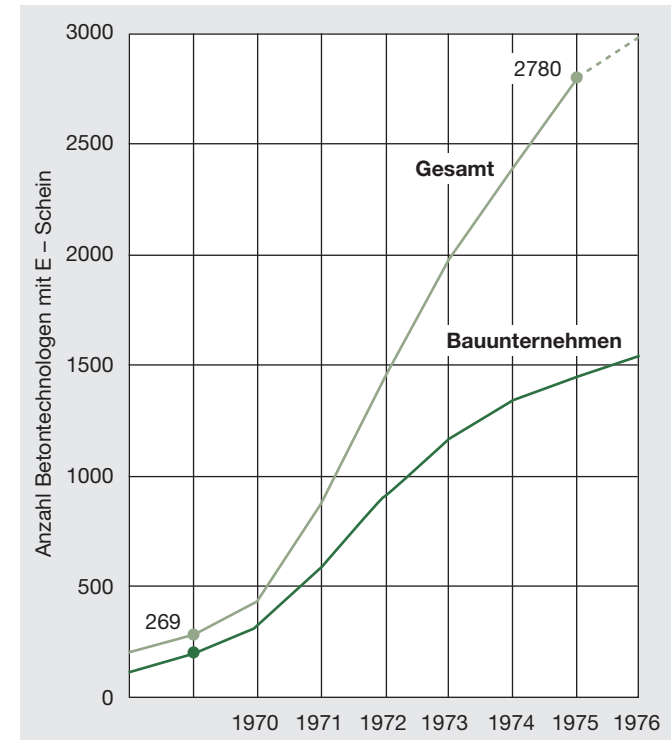
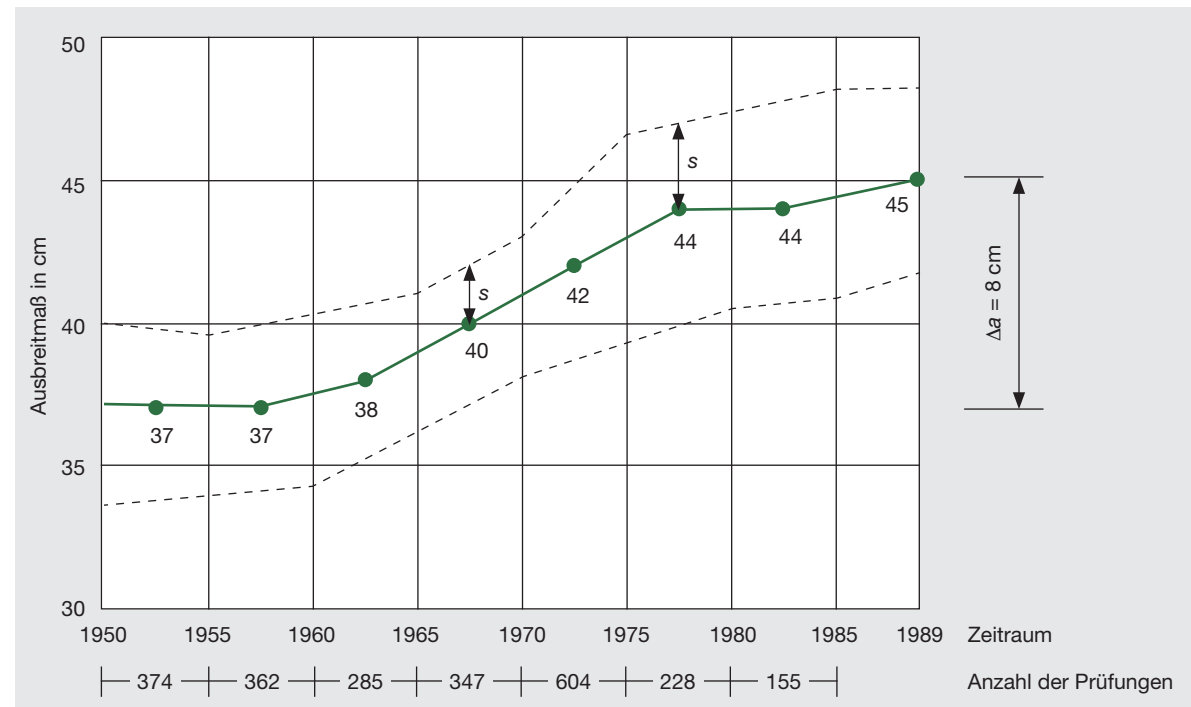


Bild 7: Entwicklung der Anzahl der Betontechnologen mit E-Schein im Zeitraum von 1969 bis 1976 insgesamt in Deutschland und in Bauunternehmen [3]

in steifer Konsistenz herstellbar sei. Allmählich hatte sich jedoch die Erkenntnis durchgesetzt, dass Voraussetzung für sicheren Betoneinbau und damit für gute Qualität des Bauwerkbetons ein der Situation angepasster, weicher, gut verarbeitbarer Frischbeton ist. Dieser Trend nach immer weichen Frischbetonen für den Einbau bei immer höheren Ansprüchen an die Gebrauchseigenschaften war in den 1970er-Jahren deutlich zu beobachten. Bild 8 bestätigt diese Entwicklung. Es zeigt über einen Zeitraum von rund vierzig Jahren, von 1950 bis 1989, die im Rahmen von Betoneignungsprüfungen im Labor der Philipp Holzmann AG gemessenen Betonausbreitmaße. Jeder dieser 2355 Einzelwerte zeigt also die Absicht auf, in welcher Konsistenz der Beton eingebaut werden sollte. Danach wurde 1950 im Mittel ein Ausbreitmaß von 37 cm, 1974 von 43 cm und 1989 von 45 cm angestrebt. Die Entwicklung zur Regelkonsistenz KR zeichnete sich ab.

Bild 8: Entwicklung der Frischbetonkonsistenz von 1950 bis 1989. Werte gemessen im Betonlabor der Philipp Holzmann AG



Das Ansteifen des Frischbetons nach dem Mischvorgang war schon immer ein unangenehmes Problem. Mit dem Aufkommen des Transportbetons verstärkte es sich noch erheblich durch den erhöhten, oft schwer kalkulierbaren Zeitbedarf für den Transport des Betons vom Werk zur Baustelle. Zur schnellen Abhilfe mangelte es damals noch an ausreichendem Wissen und Erfahrung im Umgang mit diesem Phänomen. Am Beispiel eines Schadenfalls aus dieser Zeit wird die Problematik dieser Vorgänge zwischen Frischbetonkonsistenz, Ansteifen, Fließmittel und Zeit deutlich. Beim Bau einer 250 m langen Straßenbrücke aus Spannbeton musste ein 50 m langes Brückenfeld unmittelbar nach der Herstellung wieder abgerissen werden. Beim Einbauen des stark angesteiften Transportbetons in die sehr eng liegende Bewehrung und dem Verdichten mit Innenrüttlern wurden die Hüllrohre der Spannkanele unbemerkt erheblich beschädigt. Beton drang in die Hüllrohre ein, so dass die Spannglieder nicht mehr gespannt werden konnten. Im Betonierplan war ursprünglich festgelegt worden, die Konsistenz des Betons auf der Baustelle durch Zugabe von Fließmittel auf ein Ausbreitmaß von rund 45 cm anzuheben. Offensichtlich führte das fehlende Vertrauen des Bauherrn zum Zusatzmittel, das ein Prüfzeichen besaß, zum Anwendungsverbot des Fließmittels. Beim gelungenen Neubau wurde dann Fließmittel gezielt eingesetzt. Die hierbei im Transportbetonwerk und auf der Baustelle vor und nach Zugabe des Fließmittels gemessenen Ausbreitmaße zeigt Bild 9. Durch intensive Forschung und wachsende Erfahrung bei den Transportbetonwerken und Baustellen lernte man im Laufe der Zeit mit dem Problem des Ansteifens besser umzugehen.

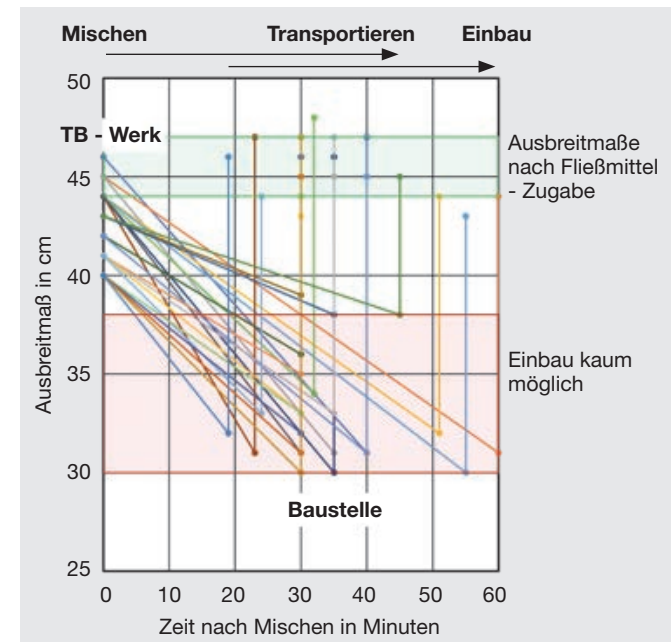


Bild 9: Ausbreitmaße des Transportbetons für eine Spannbetonbrücke vor und nach Zugabe von Fließmittel

6 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung des Betons ist zweifellos eine wichtige Aufgabe der Baustelle. Sie kann von entscheidender Bedeutung für die Qualität der so wichtigen oberflächennahen Betonschicht sein. In den 1950er- und 1960er-Jahren war eine ausreichende Nachbehandlung nicht das große Problem. Der Beton verblieb meist lange in der Schalung und erfuhr dadurch eine ausreichende Nach-

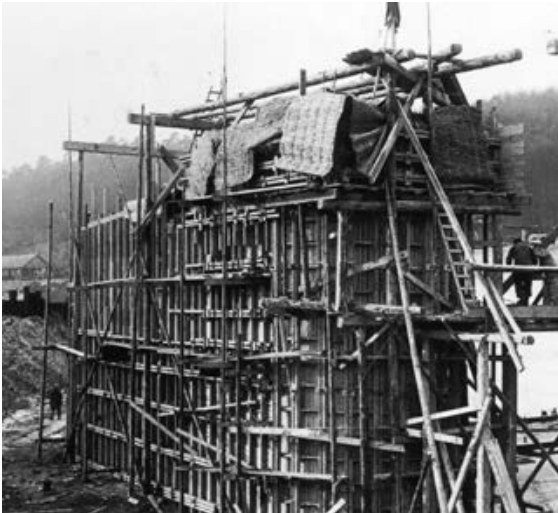
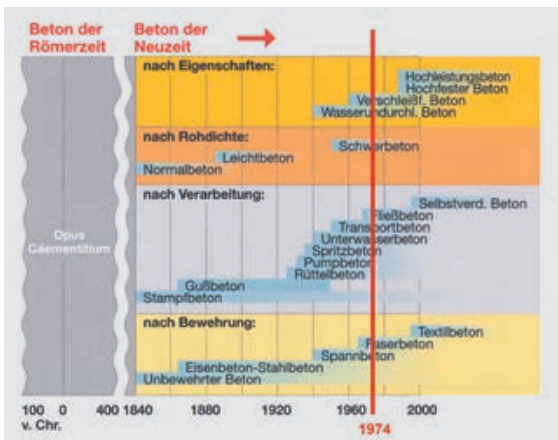


Bild 10: Nachbehandlung durch Belassen in der Schalung in den 1950er- und 1960er-Jahren

Bild 11: Entwicklung der Betonarten von der Römerzeit bis in unsere Zeit (1)



behandlung (Bild 10). Die zunehmende Rationalisierung führte dazu, dass die teure Schalung möglichst schnell umgesetzt und somit der Beton früh seinen Schutz verlor. Regelungen mit theorie-lastigen Tabellen für Art und Dauer der Nachbehandlung wurden erarbeitet. Das Hauptproblem besteht jedoch – sicher auch heute noch – in der Umsetzung und Umsetzbarkeit der Maßnahmen in die Praxis.

7 Schlussbemerkung

In Bild 11 ist die vielfältige Entwicklung der Betonarten, beginnend mit dem römischen Opus Caementitium bis zum heutigen Hochfesten Beton, dargestellt. Hieraus lässt sich auch ein guter Überblick über die Gesamtentwicklung der Betonbauweise gewinnen. Wie auf dem Bild zu sehen ist, liegt das Gründungsjahr des VDB mitten im Zentrum besonders zahlreicher Entwicklungen von Betonarten. Das Bauen mit Beton hat sich mittlerweile sehr weiterentwickelt (Bild 12). Die Zahl der Menschen, die beruflich in den verschiedensten Sparten mit diesem Baustoff zu tun haben, ist enorm gewachsen. Die Gründung des „Verbandes Deutscher Betoningenieure“ vor 50 Jahren war eine weise Entscheidung.



Bild 12: Die Weiterentwicklung der Betonbauweise nimmt kein Ende. Ein Beispiel ist der 3D-Druck von Beton. Das Foto zeigt das erste so gedruckte Haus Deutschlands in Beckum. Foto: PERI 3D Construction

Literatur

- [1] Edgar Kern: Entwicklung der Betontechnik. In: beton 9/1999 S. 484
- [2] Horst Grube, Winfried Herold: Der Beton der Rheinbrücke Köln-Deutz. In: Beton-Informationen 2/3-1979 S. 32
- [3] Edgar Kern: Erfahrungen mit den neuen Betonnormen aus der Sicht des Unternehmers. In: beton 4/1977 S.149/152
- [4] Erhard Neubarth: Die Güteüberwachung von B II-Baustellen. In: Bauwirtschaft 27/1975 S.922/924



Dr.-Ing. Edgar Kern bei der
VDB-Mitgliederversammlung
im Mai 2023 in Kassel

Dr.-Ing. Edgar Kern ist seit Mai 1974 Mitglied des VDB.

1956 legte er erfolgreich die Diplom-Prüfung im Bauingenieurwesen an der Technischen Hochschule Darmstadt ab, wo er anschließend bis 1966 im Institut für Massivbau tätig war. 1962 promovierte er dort zum Dr.-Ing. Von 1966 bis 1993 leitete er das Zentrale Baustofflabor der Philipp Holzmann AG, Frankfurt/Main. Von 1977 bis 1993 war Dr. Kern Vorsitzender des Hauptausschusses Betontechnologie des Deutschen Beton-Vereins (DBV, heute Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein), seitdem ist er dessen Ehrenvorsitzender. 1995 wurde er zum Ehrenmitglied des DBV ernannt.

VDB

Entwicklung der Betontechnologie in Regelwerken – Die Zeit von 2000 bis heute



Das Gebäude der Zollverein School of Management and Design in Essen nach Entwürfen von Kazuyo Sejima und Ryue Nishizawa vom Büro SANAA in Tokio erhielt beim Architekturpreis Beton 2008 eine Lobende Erwähnung. Foto: Foto: BetonBild / André Hack

Entwicklung der Betontechnologie in Regelwerken – Die Zeit von 2000 bis heute

Von Udo Wiens, Berlin

Einleitung

Die Entwicklungen von technischen Regeln im Betonbau der vergangenen 20 Jahre innerhalb des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton waren insbesondere geprägt durch Werkstoffneuentwicklungen wie z. B. der selbstverdichtende Beton, der Stahlfaserbeton, der Vergussbeton oder jüngst der Carbonbeton. Grundgerüst für die DAfStb-Richtlinien der vergangenen 20 Jahre war dabei stets die europäische Normung für die Bemessung, Betontechnik und Ausführung von Betonbauwerken, die sich zu Beginn der Jahrtausendwende in zahlreichen Grundnormen manifestierte.

Durch die erweiterten technologischen Möglichkeiten im Betonbau trat auch die Rolle des Betoningenieurs mit nachgewiesenen erweiterten betontechnologischen Kenntnissen stärker in den Vordergrund. Mit fundiertem Wissen zu den Entwicklungen der Betonausgangsstoffe und des Betons, zu aktuellen Regelwerken und Kenntnissen in der Entwicklung der Bauweisen, der Prüftechnik, im Schalungsbau, in der Misch- und Fördertechnik leistet der eigens ausgebildete Betoningenieur einen wichtigen Beitrag für einen qualitativ hochwertigen Betonbau.

Der vorliegende Beitrag verdeutlicht anhand ausgewählter Beispiele aus der nationalen und europäischen Regelwerksetzung im Betonbau, wie sich das Spektrum der Werkstoffneuentwicklungen in der Regelwerksetzung in den vergangenen 20 Jahren erweitert hat. Abschließend wird ein Blick auf die neue Normengeneration DIN 1045:2023-08 geworfen und ein kurzer Ausblick auf die Herausforderungen der kommenden 20 Jahre im Betonbau gegeben.

An allen Entwicklungen waren die Expertinnen und Experten, ohne die eine praxisnahe Regelwerksetzung nicht möglichst ist, innerhalb der Gremien und Netzwerke des DAfStb maßgeblich beteiligt. Der Verband Deutscher Betoningenieure trägt hierzu durch seine langjährige Mitgliedschaft und Mitwirkung seiner Experten im DAfStb zur gemeinschaftlichen Weiterentwicklung der Betonbauweise als sichere, dauerhafte, umweltverträgliche und wirtschaftlich optimierte Bauweise bei.

Dafür bedankt sich der DAfStb herzlich und hofft auf eine nachhaltige Fortsetzung der Zusammenarbeit!

Mein persönlicher Dank gilt an dieser Stelle auch allen Co-Autoren der Veröffentlichungen, die diesem Übersichtsbeitrag zugrunde liegen und in den vergangenen Jahren insbesondere in der Zeitschrift „beton“ Eingang fanden.

1 Die Betonnormen werden europäisch

1.1 Geschichte der europäischen Betonnorm¹

Mitte der 1970er-Jahre gab ERMCO, die europäische Organisation der Transportbeton-Hersteller, einen „Code of good practice for ready-mixed concrete“ heraus. Als die Arbeiten hieran beendet waren, stimmten die ERMCO-Mitglieder darin überein, anstelle des Codes eine Europäische Norm zu entwickeln, da diese eine größere Akzeptanz haben würde, wenn für alle interessierten Kreise die Möglichkeit zur Mitarbeit an der Erstellung dieser Norm gegeben sei.

Auf Initiative von ERMCO beantragte DIN Deutsches Institut für Normung e. V. bei CEN, für die Entwicklung einer Europäischen Norm ein Technisches Komitee einzusetzen. Mit der Unterstützung der Mehrheit der CEN-Mitglieder wurde CEN/TC 94 „Transportbeton“ im Jahr 1979 gegründet.

Im März 1982 wurde der Norm-Entwurf prEN 199 „Transportbeton – Herstellung und Lieferung“ zur CEN-Umfrage veröffentlicht. Da man davon ausging, dass es später eine zusätzliche Norm geben würde, die sich mit Beton im Allgemeinen (Baustellenbeton, Transportbeton) und Beton für die Herstellung von Fertigteilen befassen würde, befasste sich diese Norm überwiegend mit transportbeton-spezifischen Fragen. Sehr bald nach Beginn der Arbeiten an einer Transportbetonnorm stellten die Mitglieder von CEN/TC 94 und andere interessierte Kreise fest, dass zahlreiche in dieser Norm zu lösende Fragestellungen nicht nur für Transportbeton spezifisch waren, sondern auch relevant für Baustellenbeton und Beton für die Fertigteilproduktion waren. Die Notwendigkeit einer allgemein gültigen Betonnorm wurde offensichtlich.

¹ überwiegend unverändert entnommen aus [1]

Wieder beantragte DIN bei CEN eine solche Normungsarbeit und wurde mit der erforderlichen Mehrheit der CEN-Mitglieder unterstützt. Im Jahr 1981 wurde das Technische Komitee CEN/TC 104 gegründet. Im Oktober 1984 wurde der Norm-Entwurf mit Anforderungen an Beton im Allgemeinen, prEN 206 „Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis“, zur CEN-Umfrage veröffentlicht.

Beide Norm-Entwürfe, prEN 199 und prEN 206, erhielten bei der CEN-Umfrage nicht die notwendige gewichtete Mehrheit der Stimmen. Neben technischen Details war die Zurückweisung im Wesentlichen durch die Tatsache motiviert, dass eine Zustimmung die CEN-Mitglieder zur Zurückziehung der entsprechenden nationalen Normen gezwungen hätte. Es herrschte die Ansicht vor, dass die Zeit noch nicht reif für eine Zurückziehung nationaler Normen wäre, solange das zugehörige Normenpaket für die Ausgangsstoffe noch nicht fertig sei.

Nach Diskussion aller technischen Einsprüche aus den Umfragen zu beiden Normen wurden die beiden Normen zusammengeführt (später, im Jahr 1990 auch die beiden Technischen Komitees). Das Ergebnis der Zusammenführung der beiden Normen wurde 1989 mit der notwendigen gewichteten Mehrheit angenommen und den CEN-Mitgliedern 1990 als Europäische Vornorm ENV 206 „Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis“ zur Verfügung gestellt.

Der Status als Vornorm zwang die CEN-Mitglieder nicht, ihre nationalen entgegenstehenden Normen zurückzuziehen, und eröffnete dadurch die Möglichkeit, Erfahrungen mit den Regelungen der ENV zu gewinnen, da es in manchen Ländern erlaubt wurde, die Vornorm parallel zu den existierenden nationalen Normen anzuwenden, und zwar in Verbindung mit spezifischen nationalen Anwendungsdokumenten.

Während der Geltungsdauer der ENV 206 diskutierte CEN/TC 104 viele schwierige Fragen, die im Rahmen der ENV nicht gelöst werden konnten. Das Ergebnis all dieser Arbeiten und der notwendigen Kompromisse wurde im Jahr 1997 wiederum als Norm-Entwurf prEN 206 „Beton – Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ der CEN-Umfrage unterzogen, diesmal mit einem positiven Ergebnis. Aber wiederum waren den positiven Voten einige hundert Einsprüche und Wünsche nach Verbesserung der Norm beigefügt. Diese mussten alle diskutiert werden, und wiederum mussten Kompromisse formuliert und akzeptiert werden.

Im Sommer 1999 beschloss CEN/TC 104 schließlich, EN 206-1 „Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ zur Schlussabstimmung zu versenden. CEN/TC 104 erwartete gespannt das Urteil über das Ergebnis von mehr als 20 Jahren Normungsarbeit und war am Ende sehr glücklich, als im Frühjahr 2000 alle CEN-Mitglieder mit nur einer Ausnahme ein positives Votum abgaben.

Die Norm wurde den CEN-Mitgliedern im Dezember 2000 verfügbar gemacht; das offizielle Datum der Verfügbarkeit (**Date of Availability, DAV**) wurde auf den 13.12.2000 festgelegt; das Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (**Date of Withdrawal, DOW**) wurde auf den 01.12.2003 festgesetzt. In der Folge wurde die – ins nationale Normenwerk übernommene – DIN EN 206-1 im Juli 2001 veröffentlicht.

1.2 Das neue Dauerhaftigkeitskonzept der DIN EN 206-1:2001/DIN 1045-2:2001

Die DIN EN 206-1:2001 [2] zusammen mit der deutschen Anwendungsnorm DIN 1045-2:2001 [3] war eine umfassende Norm für den Baustoff Beton und diente gleichermaßen als Grundlage für die Bemessungsnorm Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1:2011-01 [4]), zu der nach einer Übergangszeit mit einer bereits an den EC 2 angelehnten nationalen Bemessungsnorm, der DIN 1045-1:2001 [6], im April 2013 der nationale Anhang DIN EN 1992-1-1/NA [5] veröffentlicht wurde.

Neben der Sicherstellung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit unserer Betonbauwerke wurde in den neuen europäischen Regelwerken zur Erzielung möglichst langer Nutzungszeiträume verstärkt Gewicht auf die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit gelegt. Die DIN 1045-1:2001 schrieb hierzu z. B. in allgemeingültiger Form: *„Die Forderung nach einem angemessen dauerhaften Tragwerk ist erfüllt, wenn dieses während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit ohne wesentlichen Verlust der Nutzungseigenschaften bei einem angemessenen Instandhaltungsaufwand erfüllt“*. Somit dienten nahezu alle Anforderungen und Nachweise in den Regelwerken direkt oder indirekt der Sicherstellung der Dauerhaftigkeit des Bauteils. Die „direkten“ Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit lassen sich in vier Teilaspekte unterteilen:

- Richtige Erfassung und Festlegung der Bauteilexposition (DIN EN 206-1:2001 in Verbindung mit DIN 1045-2:2001);
- Festlegung der Anforderungen an die Ausgangsstoffe, Grenzwerte für die Zusammensetzung und Eigenschaften des Betons aus der Bauteilexposition (DIN EN 206-1:2001 in Verbindung mit DIN 1045-2:2001);
- Einhaltung von Mindestbetondeckungen (DIN 1045-1:2001);
- Nachbehandlung des Betons (DIN 1045-3:2001 [9]).

Als Anwendungshilfe für die Praxis wurde im Jahr 2001 die Erstausgabe des DIN-Fachberichtes 100 [7] als verwobenes Dokument der beiden Betonnormen DIN EN 206-1:2001 und DIN 1045-2:2001 herausgegeben.

Gegenüber den früheren Beton-Normen wurde die Zuständigkeit auf alle Betonarten ausgedehnt, also auf Normal-, Leicht- und Schwerbeton. Der Aspekt der Dauerhaftigkeit bekam erstmals einen wichtigen Platz dadurch, dass die Expositionsklassen eingeführt wurden (Tabelle 1), die die klimatischen und andere Umweltbedingungen systematisch beschreiben.

Tabelle 1: Expositionsklassen nach DIN Fachbericht 100 „Beton“ (Ausgabe 2001 [7])

Expositionsklasse	Europäische Namen	Erläuterung	
1	2	3	
X0	No risk of corrosion or attack (0)	Kein Angriffsrisiko	
XC	Carbonation	Bewehrungskorrosion verursacht durch	Karbonatisierung
XD	De-icing Salts		Chloride
XS	Sea water		Meerwasser
XF	Freeze/Thaw	Betonangriff verursacht durch	Frost und Frost-Tausalz
XA	Aggressive chemicals		Chemischer Angriff
XM	Mechanical Abrasion		Verschleiß

Unter den aktuell immer noch gültigen Expositionsklassen wird die Klassifizierung der chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen verstanden, die auf den Beton, die Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken und die nicht durch Lastannahmen erfasst werden können. So wird im Gegensatz zu den alten Normenwerken die Intensität der tatsächlich auftretenden Einwirkungen, bezogen auf den jeweiligen Zerstörungsmechanismus in Abhängigkeit von den maßgebenden Einflussparametern, berücksichtigt.

Die in den Fachbericht integrierten, bestimmenden Einflussparameter in Bezug auf die Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung und Tausalzbelastung sind der Durchfeuchtungsgrad und die Häufigkeit von Nass-Trocken-Wechseln, sowie bei Korrosion durch Meerwasser oder Tausalz die Intensität der Chlorideinwirkung (Spritzwasser oder Sprühnebel). Hintergrund für diesen Ansatz ist die Berücksichtigung unterschiedlicher Korrosionsgeschwindigkeiten der Bewehrung. Diese wird hauptsächlich durch die Kombination aus Sauerstoff- und Feuchteangebot sowie durch die Chloridkonzentration an der Bewehrungsoberfläche beziehungsweise der Reduktion des pH-Wertes durch Karbonatisierung kontrolliert. Dabei ist der Sauerstoffgehalt und die Chloridkonzentration von der Bauteilfeuchte abhängig. Die im DIN-Fachbericht 100:2001 genannten Feuchtebedingungen beziehen sich dabei auf den Zustand innerhalb der Betondeckung, die in vielen Fällen, mit Ausnahme von beschichteten Bauteilen, den Umgebungsbedingungen als entsprechend angenommen werden.

Der zuvor beschriebenen Einwirkung ist zur Sicherstellung der geforderten Dauerhaftigkeit ein bestimmter Bauteilwiderstand entgegenzusetzen. Mit zunehmender Schärfe des Angriffes werden höhere Anforderungen an die Betonqualität gestellt. Der DIN-Fachbericht 100 „Beton“ enthält die zu berücksichtigenden Anforderungen an die Ausgangsstoffe, die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Betons. Die genannten Anforderungen werden in Form von Grenzwerten in Tabellen des Anhangs F des DIN-Fachberichtes 100 „Beton“ festgelegt. Im Einzelnen sind der maximale Wasserzementwert, die Mindestdruckfestigkeitsklasse, der minimale Zementgehalt, der Mindestzementgehalt bei Anrechnung von Zusatzstoffen, die verwendbaren Zementarten und „andere Anforderungen“, gebunden an die Expositionsklassen, einzuhalten.

Während zum Zeitpunkt der Erstausgabe von DIN EN 206-1:2001 noch viele europäische Normen für die Ausgangsstoffe zur Herstellung von Beton in der Bearbeitung waren und daher noch zahl-

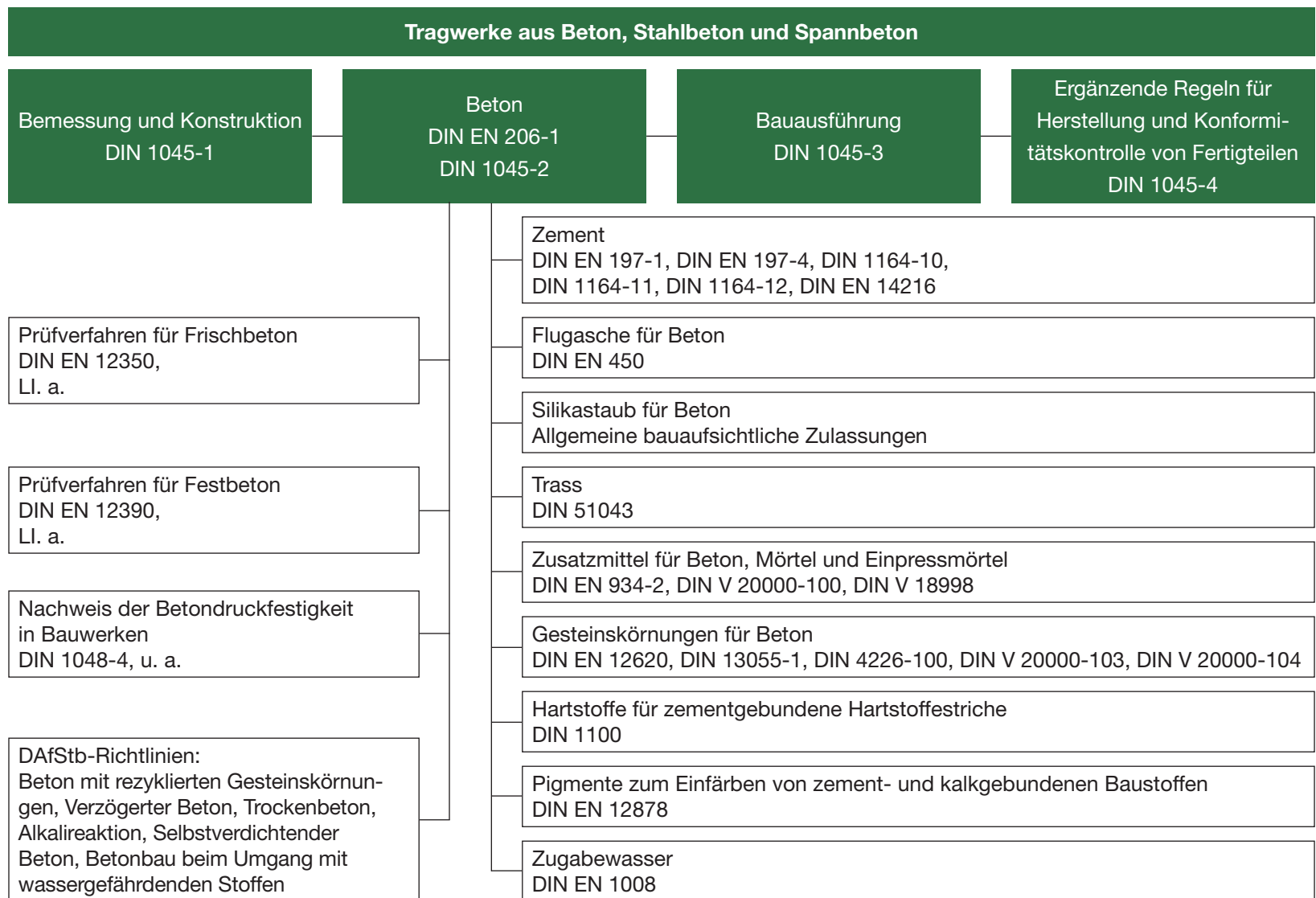


Bild 1: Beziehung zwischen den Normen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 sowie Richtlinien für Betontechnik, Normen für Bemessung, Konstruktion und Ausführung, Normen und Zulassungen für Ausgangsstoffe sowie Normen für Prüfverfahren nach DIN Fachbericht 100:2005 [8]

reiche deutsche Normen, DAfStb-Richtlinien oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen gültig waren (z. B. DIN 4226-1:2001-07 für Gesteinskörnungen), veränderte sich die Situation im Jahr 2005 bereits deutlich, erkennbar an der Übersicht in Bild 1 aus der 2. Auflage des Fachberichtes 100:2005 [8]. Um die Anwendung der neuen europäischen Normen in Deutschland zu ermöglichen, wurde die Normenreihe DIN V 20000 als Zwischenlösung ins Leben gerufen, um nicht die DIN 1045-2 als Grundnorm ständig anpassen zu müssen, wenn wieder eine neue europäische Norm herausgegeben wurde.

2 Neue Einsatzgebiete für Beton in der Regelwerksetzung

2.1 Allgemeines

Innovative Neuentwicklungen im Bereich des Betonbaus bedürfen einer schnellen und breiten Umsetzung in die praktische Anwendung. An dieser Stelle greift der DAfStb mit der Erstellung von Richtlinien und Hilfsmitteln für die Anwendung neuer Vorschriften ein. Unterstützt wird die Richtlinienarbeit u. a. durch das Instrument der begleitenden Forschungsförderung. Neue Technologien, wie z. B. der Selbstverdichtende Beton oder der Stahlfaserbeton, werden auf diese Weise über den Weg der Erprobung im Labor bis hin zur Anwendungsreife weiterentwickelt.

Vor der Herausgabe einer Richtlinie stehen eine Reihe von einzelnen Verfahrensschritten. Zunächst wird im DAfStb üblicherweise unter dem betreffenden Technischen Ausschuss ein Unterausschuss eingerichtet und mit der Richtlinienerstellung beauftragt. Parallel zur Richtlinienarbeit werden erste praktische Erfahrungen mit neuen Baustoffen, z. B. über deren Verwendung bei einzelnen Bauvorhaben, die baurechtlich über Zustimmungen im Einzelfall bzw. vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen durch die zuständige Landesbauaufsichtsbehörde geregelt werden oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, gewonnen. Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, die flächendeckend in ganz Deutschland angewendet werden darf, wird durch das Deutsche Institut für Bautechnik in Berlin erteilt. Die Erfahrungen aus diesen Einzelwegen der Anwendung neuer Baustoffe oder Bauarten werden in die Richtlinienarbeit zurückgespiegelt. Nach Abschluss der Richtlinienarbeit in den Ausschüssen und Durchführung eines Einspruchsverfahrens, in das die Fachöffentlichkeit einge-

bunden wird, erfolgt die Herausgabe des Regelwerkes. Sofern die Richtlinie baurechtlich relevante Anforderungen enthält, die zum Beispiel die Standsicherheit betreffen, wird diese in der Regel durch Aufnahme in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen und, bei Produktspezifikationen (bis 2016), auch durch die Aufnahme in die Bauregelliste A, Teil 1 (bis 2016) bzw. in die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (ab 2017) bauaufsichtlich eingeführt. Von den Forschungsarbeiten und den ersten Zustimmungen im Einzelfall bis hin zur bauaufsichtlichen Einführung der Richtlinie vergeht im Regelfall ein Zeitraum von vier bis fünf Jahren.

Seit dem Jahr 2000 wurden durch den DAfStb in chronologischer Reihenfolge folgende Richtlinien (mit Nachfolgefassungen) veröffentlicht, von denen anschließend einige detaillierter vorgestellt werden:

- Belastungsversuche an Betonbauwerken (2000-09, 2020-07) [10]
- Alkali-Richtlinie (2001-05, 2007-02, 2013-10) [11]
- Selbstverdichtender Beton (2001-06, 2003-11, 2012-09) [12]
- Instandsetzung von Betonbauteilen (2001-10) [13]
- Wasserundurchlässige Bauteile aus Beton (2003-11, 2017-12) [14]
- Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen (2004-12, 2010-09+Berichtigung 2020-02) [15]
- Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (2004-10, 2011-03) [16]
- Massige Bauteile aus Beton (2005-03, 2010-04) [17]
- Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (2005-06) [18]
- Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel (2006-05, 2011-11, 2019-07) [19]
- Stahlfaserbeton (2010-03, 2012-11, 2021-06) [20]
- Qualität der Bewehrung – Ergänzende Festlegungen zur Weiterverarbeitung von Betonstahl und zum Einbau der Bewehrung (2010-10) [21]
- Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung (2012-03) [22]

-
- Wärmebehandlung von Beton (2012-11) [23]
 - Anforderungen an Ausgangsstoffe zur Herstellung von Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 (2019-08) [24]
 - Bestimmung der Freisetzung umweltrelevanter Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen in der dynamischen Oberflächenauslaugprüfung (2005-05, 2020-06) [25]
 - Verwendung von siliziumreicher Flugasche und Kesselsand in Betonbauteilen in Kontakt mit Boden, Grundwasser oder Niederschlag (2020-06, 2023-04) [26]
 - Betondecken und -dächer aus Fertigteilhohlplatten (2023-01) [27]
 - Bestimmung des Kegelsetzfließmaßes und der Kegelauslaufzeit von selbstverdichtendem Beton mittels Auslaufkegel (Auslaufkegelprüfung); 2023-01 [28]
 - Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton (Entwurf 2023-08) [29]
 - Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung (2024-01) [30][29]
 - Prüfverfahren im Betonbau – Prüfungen für die Instandhaltung – Verfahren zur Prüfung von Produkten und Systemen für den Oberflächenschutz – Teil 1: Bestimmung des Verschleißwiderstandes von Oberflächenschutzsystemen mit dem Parking Abrasion Test (PAT); Entwurf 2024-01 [31]

Die DAfStb-Richtlinien können über den Beuth Verlag bezogen werden. Begleitend zu den Richtlinien und Normen im Betonbau hat der DAfStb zahlreiche Erläuterungen und Anwendungshilfen in seiner Schriftenreihe veröffentlicht.

2.2 Selbstverdichtender Beton

Es ist unbestritten, dass Selbstverdichtender Beton (SVB) eine der revolutionären Neuentwicklungen in der Betontechnik der 1980er- und 1990er-Jahre darstellt. Das Konzept zur Herstellung von Selbstverdichtendem Beton wurde von Professor Hajime Okamura, Kochi University of Techno-

logy, Japan, im Jahr 1986 entwickelt. Anlass für diese innovative Technik waren japanische Erfahrungen mit Schäden an Betonbauwerken, die im Wesentlichen auf die unzureichende Verdichtung des Frischbetons während des Einbaus zurückzuführen sind. Durch die Entwicklung des Selbstverdichtenden Betons besteht die Möglichkeit, diese wesentliche Schadenquelle einzudämmen. Um 1988 war das betontechnische Konzept des SVB reif für die erste Praxiserprobung in Japan.

Die erste wissenschaftliche Veröffentlichung zum SVB wurde auf der 2. East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-2) im Jahr 1989 präsentiert [32]. Im Jahr 1997 wurde bei RILEM das TC 174 „Self-Compacting Concrete“ eingerichtet, das es sich zur Aufgabe machte, die wissenschaftlichen Ansätze zur Herstellung von SVB und die praktischen Erfahrungen in einem Sachstandbericht zusammenzutragen [33]. Eine wesentliche weitere Aufgabe von RILEM TC 174 war die Organisation des ersten internationalen RILEM-Symposiums „Self-Compacting Concrete“ im September 1999 in Stockholm [34]. Zu der Zeit lagen weltweit zahlreiche Untersuchungen und entsprechende Veröffentlichungen sowie eine Reihe von praktischen Erfahrungen über die Eigenschaften und die Verwendung von SVB vor. Trotz dieser historischen Entwicklung über einen Zeitraum von mehr als 17 Jahren gab es Anfang der 2000er Jahre nur wenige Länder, in denen technische Regelwerke für die Herstellung und die Ausführung von Bauteilen aus Selbstverdichtendem Beton vorhanden und damit eine breite Anwendung möglich waren. Mit der Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ [12] des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton im DIN (DAfStb) auf der Grundlage der alten Betonnorm DIN 1045:1988-07, die mit der Ausgabe Juni 2001 veröffentlicht wurde, hatte Deutschland innerhalb Europas eine Führungsrolle bei der Regelwerksetzung übernommen. Allerdings durfte die Richtlinie nicht allgemein angewendet werden, da die bauaufsichtliche Einführung aufgrund fehlender Erfahrungen mit dem neuen Werkstoff nicht erfolgte. Stattdessen mussten in dieser Zeit Zustimmungen im Einzelfall oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erwirkt werden, sollte SVB zum Einsatz kommen. Das wohl bekannteste und spektakulärste Beispiel für die Ausführung eines Bauwerkes mit SVB über eine Zustimmung im Einzelfall in Deutschland war das Science Center „PHAENO“ in Wolfsburg, das nach Entwürfen der Architektengemeinschaft „PHAENO Science Center Wolfsburg“, Zaha Hadid Ltd., London & Mayer Bährle, Lörrach, gestaltet und durch die E. Heitkamp GmbH ausgeführt wurde (siehe auch [35], [36]).



Bild 2: Sichtbetonfläche eines der „Cones“ (PHAENO Science Center in Wolfsburg, Entwurf: Architektengemeinschaft „Phaeno Science Center Wolfsburg“, Zaha Hadid Ltd., London & Mayer Bährle, Lörrach). Foto: E. Heitkamp AG

Die Bilder 2 und 3 zeigen die gelungene Sichtbetonfläche eines der „Cones“ und die ansprechende Gesamtansicht des Technologiezentrums nach der Fertigstellung. Die Vorteile der Verwendung von SVB für architektonisch anspruchsvolle Geometrien und Oberflächen werden hier in hervorragender Weise zum Ausdruck gebracht.

Die Erkenntnisse aus der ersten Ausgabe der DAfStb-Richtlinie [12] waren wesentliche Grundlage für die Prüfpläne der bauaufsichtlichen Zulassungen und die Zustimmungen im Einzelfall (siehe z. B. [36], [37], [38]). Insofern war die Veröffentlichung der Richtlinie selbst vor dem Hintergrund, dass diese nicht bauaufsichtlich eingeführt ist, ein wichtiger Schritt, um die notwendigen Erfahrungen im praktischen Einsatz von SVB zu sammeln und die Verwendung von SVB zu forcieren.

Dieser Zustand änderte sich mit der Herausgabe der DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ auf Basis der neuen Betonnormen DIN 1045:2001-07, Teile 1 bis 3 und DIN EN 206-1:2001-07. Die neue SVB-Richtlinie, Ausgabe November 2003, ist im April 2004 im Beuth Verlag erschienen und wurde durch Aufnahme in die Bauregelliste A, Teil 1, und die Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen Ende 2004 bauaufsichtlich eingeführt.



Bild 3: PHAENO Science Center in Wolfsburg nach Fertigstellung im Jahr 2012. Foto: Verlag Bau+Technik GmbH

Mit der nationalen Umstellung von der alten auf die neue Normengeneration im Betonbau musste auch die SVB-Richtlinie überarbeitet und angepasst werden. Die überarbeitete SVB-Richtlinie ändert und ergänzt demnach die aufgeführten Abschnitte aus DIN 1045-1:2001, DIN EN 206 1:2001, DIN 1045-2:2001 und DIN 1045-3:2001 und fügt teilweise neue Absätze hinzu. Zu DIN 1045-4:2001 waren keine ergänzenden Regeln erforderlich. Die Umstellung der Richtlinie erfolgte zwischen 2002 und 2003. Dabei flossen in die neue SVB-Richtlinie bereits die Erkenntnisse aus den Zwischenergebnissen von Forschungsvorhaben, die u. a. durch den DAfStb gefördert wurden, und der bauaufsichtlichen Zulassungen sowie die Erfahrungen aus den ausgeführten Projekten ein. Nach dem Abschluss des Einspruchverfahrens im November 2003 wurde die Richtlinie im April 2004 im Beuth Verlag veröffentlicht [39]. Die wesentlichen übertragbaren Anforderungen wurden aus der alten in die neue Richtlinie überführt (u. a. erhöhte Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Ausgangsstoffe, zusätzliche Kontrollen der Ausgangsstoffe, der Ausstattung, der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften von SVB).

Gegenüber der SVB-Richtlinie aus dem Jahr 2001 wurden in die überarbeitete Richtlinie [39] folgende wesentliche Neuerungen im Bereich der Betontechnik aufgenommen:

Zu DIN EN 206-1:2001 und DIN 1045-2:2001

- Die Zusammenstellung insbesondere der Prüfergebnisse aus den bauaufsichtlichen Zulassungen zum Verformungs- (E-Modul, Schwinden, Kriechen) und zum Verbundverhalten zeigte, dass diese Kennwerte nicht oder nur unwesentlich von denen üblicher Rüttelbetone (einschließlich sandreicher Betone) gleicher Druckfestigkeit abweichen (siehe u.a. [38], [41]). Die in der alten Richtlinie enthaltenen gesonderten Nachweise bei verformungsempfindlichen Bauwerken, d. h. Bestimmung der Verformungsgrößen im Rahmen der Eignungsprüfungen, konnten somit entfallen. Für SVB konnten demnach die üblichen Verformungskenngrößen nach DIN 1045-1 zugrunde gelegt werden.
- Auch im Hinblick auf Dauerhaftigkeitseigenschaften konnte gezeigt werden, dass SVB keine wesentlichen Unterschiede zu konventionellen Rüttelbetonen aufweist, wenn die Anforderungen der DIN EN 206-1:2001 und der DIN 1045-2:2001 eingehalten werden. Zusätzliche Anforderungen wurden nur in den Expositionsklassen XF2, XF3 und XF4 festgelegt; bei den genann-

ten Frostexpositionsclassen mussten nach wie vor der Mikroluftgehalt und der Abstandsfaktor in der Erstprüfung ermittelt und Anforderungen an diese beiden Kenngrößen eingehalten werden, sofern LP-Beton eingesetzt wird. Anhand der Festbetonprüfungen sollte nachgewiesen werden, dass der für den Frostwiderstand wesentliche Gehalt an Mikroluftporen und deren Verteilung durch die Zugabe von LP-Bildnern zielsicher in den frischen SVB eingebracht werden konnten;

- Standardbeton, Beton nach Zusammensetzung und Schwerbeton durften nicht als SVB hergestellt werden;
- SVB darf bei XM3 (sehr starke Verschleißbeanspruchung) nicht verwendet werden;
- Bei der Entwicklung der Betonzusammensetzung und in der Erstprüfung benötigt der Hersteller den optimalen Verarbeitbarkeitsbereich für seinen Selbstverdichtenden Beton (Bild 4).

Bei der Herstellung von SVB müssen sowohl die Fließfähigkeit als auch die Mischungsstabilität sichergestellt werden. Hier hat es sich als sinnvoll herausgestellt, neben der Prüfung des Setzfließmaßes als Kenngröße für die Fließfähigkeit mit der Bestimmung der Trichterauslaufzeit als Maß für die Viskosität eine weitere Prüfgröße aufzunehmen, die indirekt das Sedimentierverhalten des SVB beschreibt. Für die Beurteilung der Verarbeitbarkeit des Selbstverdichtenden Betons wird in einem Diagramm die Trichterauslaufzeit t_{tr} in Abhängigkeit vom Setzfließmaß s_m aufgetragen, siehe Bild 4 aus Anhang Q in [39]. In diesem Diagramm kann für den Selbstverdichtenden Beton ein Bereich durch Festlegung von unteren und oberen Grenzwerten für Setzfließmaß und Trichterauslaufzeit eingegrenzt werden („SVB-Verarbeitungsfenster“), in dem eine ausreichend fließfähige und entmischungsarme Verarbeitbarkeit vorliegt. Das blockierungsfreie Fließen wird separat bei der Prüfung des Setzfließmaßes mit Blockierring ermittelt. Außerhalb des SVB-Verarbeitungsfensters liegen Betonzusammensetzungen, die zu Sedimentation neigen bzw. nicht ausreichend entlüften (Lufteinschluss) oder nicht ausreichend fließen (Stagnation). Die Sedimentierneigung wird zusätzlich durch gesonderte Prüfungen entweder am Frisch- oder am Festbeton nachgewiesen und mit den Ergebnissen des Verarbeitbarkeitsbereiches verglichen. Anders als in der alten Richtlinie aus 2001, in der untere Grenzwerte für das Setzfließmaß ohne und mit Blockierring festgelegt wurden, folgt das neue Konzept stärker dem Performance-

gedanken. Sowohl das Setzfließmaß als auch die Trichterauslaufzeit müssen auf Grund der Erstprüfung mit Zielwerten und zulässigen Abweichungen festgelegt werden. Dieses Vorgehen gibt dem Hersteller den erforderlichen Spielraum, um SVB baustellengerecht herstellen zu können. Der größere Spielraum verlangt ihm aber gleichzeitig auch einen vergleichsweise hohen Prüfaufwand ab, der notwendig ist, um die erforderlichen Erfahrungen mit den Betonzusammensetzungen zu sammeln. Da manche SVB empfindlich auf Temperaturschwankungen reagieren (siehe z. B. [36]), muss in der Erstprüfung ebenfalls der zum Einsatz kommende Temperaturbereich nachgewiesen werden. Gegebenenfalls müssen in Abhängigkeit von der Temperatur unterschiedliche SVB-Verarbeitungsfenster festgelegt werden.

- Das Nachdosieren von Fließmittel wurde ermöglicht. Für eine nachträgliche Fließmitteldosierung und eine Nachdosierung zur Einstellung des vereinbarten Setzfließmaßes, der Trichterauslaufzeit oder der Fließzeit musste eine Dosieranweisung vorliegen. Diese Dosieranweisung musste für verschiedene Frischbetontemperaturen die zuzugebende Fließmittelmenge in Abhängigkeit von der Erhöhung des Setzfließmaßes und der Abnahme der Trichterauslaufzeit oder der Fließzeit – z. B. in Form einer Tabelle – enthalten.

Die Gremien der ARGEBAU hatten Anfang 2004 der Aufnahme der neuen Richtlinie in die Musterliste der Technischen Baubestimmungen und die Bauregelliste A, Teil 1, zugestimmt, so dass SVB mit Ablauf der Parallelgeltungsfrist „alte/neue DIN 1045“ Ende des Jahres 2004 auf der Grundlage der neuen Richtlinie und der neuen Betonnormen bemessen, hergestellt und ausgeführt werden konnte.

Tabelle 2 stellt die Historie und den Weg der Regelwerksetzung in Deutschland und Europa für den SVB noch einmal in übersichtlicher Form zusammen. Der DAfStb war zu jedem Zeitpunkt und an jedem Veröffentlichungsschritt maßgeblich beteiligt. Dieser für den SVB skizzierte Weg ist charakteristisch für die Arbeitsweise des DAfStb, Neuentwicklungen im Betonbau zunächst in Richtlinien zu erfassen, die dann Eingang in die deutsche und europäische Normung finden.

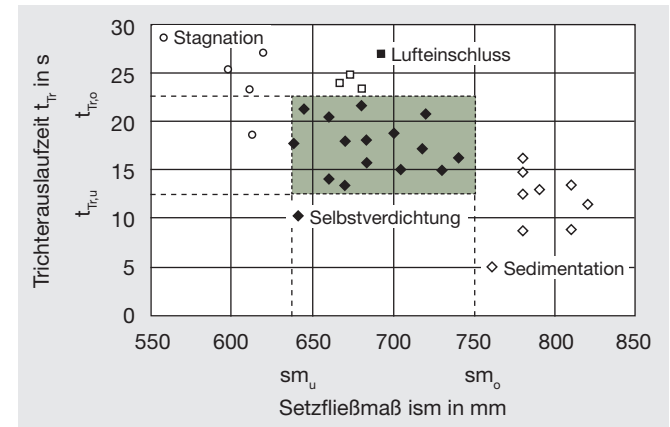


Bild 4: Beispiel für einen Verarbeitungsbereich eines Selbstverdichtenden Betons nach [39]

Tabelle 2: Übersicht über den Weg des SVB in die deutsche und europäische Regelwerksetzung

Jahr	SVB in Deutschland und Europa – von der Forschung bis zum Regelwerk
1	2
1999	Gründung des Unterausschusses „Selbstverdichtender Beton“ mit der Zielsetzung der Erstellung einer DAfStb-Richtlinie.
2000-2003	Der DAfStb schreibt Forschungsarbeiten über SVB als Schwerpunktthema aus; insgesamt 8 Projekte werden aus Mitteln des DAfStb gefördert.
2001	Der Sachstandbericht Selbstverdichtender Beton wird fertiggestellt und in der Schriftenreihe mit der Heft Nr. 516 veröffentlicht. Die erste allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für SVB wird durch das DIBt erteilt. Die DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ auf Grundlage der alten Betonnorm DIN 1045:1988-07 wird herausgegeben (Ausgabe Juni 2001); die bauaufsichtliche Einführung erfolgt auf Grund fehlender Praxiserfahrungen mit SVB vorerst nicht.
2002-2003	Die DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ auf Basis der Betonnorm DIN 1045:2001-07, Teile 1 bis 3 und DIN EN 206-1:2001-07 wird erstellt und im April 2004 mit Ausgabedatum 2003-11 im Beuth Verlag veröffentlicht.
Ende 2004	Die neue DAfStb-Richtlinie wird bauaufsichtlich eingeführt; zeitgleich wird die alte Betonnorm DIN 1045:1988-07 bauaufsichtlich zurückgezogen.
Ende 2010	Herausgabe von DIN EN 206-9:2010-09 „Beton – Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB)“ [40]; Ergänzung zu DIN EN 206-1:2001
Ende 2012	Herausgabe einer überarbeiteten DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“, Ausgabe September 2012 mit Änderungen und Ergänzungen der aufgeführten Abschnitte aus DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 und DIN EN 206-9 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 und teilweiser Hinzufügung neuer Absätze. Zu DIN 1045-4 waren keine ergänzenden Regeln erforderlich.
Mitte 2014	Überführung von EN 206-9 in DIN EN 206:2014-07 (in Deutschland nicht umgesetzt, siehe auch Abschnitt 3)
Mitte 2023	Herausgabe der neuen DIN 1045:2023-08 mit allen erforderlichen Regelungen für SVB; die SVB-Richtlinie des DAfStb aus dem Jahr 2012 wird zurückgezogen

2.3 Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton

Ausgangspunkt für die Erstellung einer DAfStb-Richtlinie für wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton war das Ergebnis eines Schlichtungsverfahrens zur E DIN 18195-2 „Bauwerksabdichtungen – Teil 2: Stoffe“. Im Ergebnis dieses Verfahrens einigten sich die Parteien darauf, Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton, bei denen die Dichtfunktion eines wasserundurchlässigen Betonbauteils ohne Verwendung weiterer Abdichtungsstoffe erreicht wird, aus dem Anwendungsbereich der Abdichtungsnorm herauszunehmen. Mit der Veröffentlichung von DIN 18195-2:2000-08 [42] wurde dieser Schlichterspruch umgesetzt.

Die dadurch entstandene Regelungslücke wurde im DAfStb aufgegriffen und beschlossen, eine Richtlinie für wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton zu erstellen, in die der Erfahrungsschatz der vergangenen Jahrzehnte mit WU-Konstruktionen aus Beton Eingang finden sollte. Im Mai 2000 wurde daher ein entsprechender Unterausschuss im DAfStb ins Leben gerufen und die Richtlinienarbeit aufgenommen. Im November 2003 konnte schließlich nach Abschluss des Einspruchverfahrens der Weißdruck der Richtlinie fertiggestellt werden [14]. Zu den Kernpunkten dieser Erstausgabe der WU-Richtlinie gehören:

- Festlegung von Nutzungs- und Beanspruchungsklassen mit zugehörigen Entwurfgrundsätzen, Festlegung von Mindestbauteildicken;
- Schaffung einer „QS-Kette“ von der Planung bis zur Ausführung (der Begriff „Planung“ beinhaltet nach Richtlinie sowohl die Bemessung (den Entwurfgrundsatz) und die Betontechnik als auch die Konstruktion und die Ausführung);
- Überlegungen zur Relevanz des Feuchtetransports durch Beton und daraus Ableitung der entsprechenden Anforderungen an Mindestbauteildicken und Betonzusammensetzung;
- Spezifikation der Anforderungen an Fugenabdichtungen;
- Festlegung von Anforderungen an Elementwände (Beispiel in Bild 5).

Der Anwendungsbereich der Richtlinie umfasst teilweise oder vollständig ins Erdreich eingebettete Betonbauwerke und Bauteile des allgemeinen Hoch- und Wirtschaftsbaus. Zusätzlich zur Last-

Bild 5: Beispiel für ein wasserundurchlässiges Bauteil – Elementwand für den Keller eines Einfamilienhauses (Foto: Udo Wiens)



abtragung übernimmt der Beton im Geltungsbereich der Richtlinie vor allen Dingen die Funktion der Wasserundurchlässigkeit, und zwar grundsätzlich auch ohne zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen. Die Richtlinie enthält weiterhin Hinweise und Anforderungen zur Begrenzung des Feuchtettransports in flüssiger Form (Begrenzung des Wasserdurchtritts über die Bauteildicken) bei drückendem und nichtdrückendem Wasser, zeitweise aufstauendem oder nichtstauendem Sickerwasser oder bei Bodenfeuchte, die sich aus einem Arbeitsmodell nach [43] ergeben haben. Wasserdurchtritt durch den Beton wird durch die Festlegung von Anforderungen an die Betonzusammensetzung und die Bauteilabmessungen vermieden. Die Vermeidung bzw. Begrenzung der Rissbreite sowie die Rissabdichtung durch Selbstheilung wurden als wirksame Entwurfsgrundsätze verankert. Eine häufig so genannte „Weißen Wanne“ ist dabei nicht gleichzusetzen ist mit einer Kombination aus WU-Beton und Einhaltung der Mindestbewehrung nach DIN 1045-1:2001.

Bei der Erstellung eines wasserundurchlässigen Bauwerkes aus Beton ist eine besonders intensive Zusammenarbeit des Bauherrn, des Planers und des ausführenden Bauunternehmens erforderlich. Einwandfreie Ergebnisse lassen sich nur erzielen, wenn qualitätssichernde Maßnahmen von der Entscheidung des Bauherrn oder Betreibers bis zur Inbetriebnahme reibungslos ineinandergreifen. Diese QS-Kette umfasst im Prinzip vier Teilschritte:

- Festlegung der Nutzungsanforderungen an das Bauwerk durch den Bauherrn;
- Umsetzung der Forderungen des Bauherrn durch den Planer und Beratung im Hinblick auf die Nutzung. Im Einzelnen gehören hierzu:
 - die Festlegung der Nutzungsklassen A (Feuchtettransport in flüssiger Form nicht zulässig) oder B (Feuchtestellen auf der Bauteiloberfläche zulässig),
 - die Bestimmung der Randbedingungen und Einstufung in Beanspruchungsklasse 1 (drückendes und nichtdrückendes Wasser oder zeitweise aufstauendes Sickerwasser) oder 2 (Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser),
 - Planung der bauwerksspezifischen Anforderungen aus den neuen Betonnormen (z. B. Expositionsclassen), Festlegung der Bauart (fugenlos oder mit Sollrissfugen)
 - sowie ggf. Angaben zur Fugenausbildung.

-
- Umsetzung der Vorgaben der Planung durch das ausführende Bauunternehmen:
Im Einzelnen gehören hierzu:
 - Festlegung der Schalung,
 - sorgfältiger Bewehrungseinbau,
 - sorgfältige Fugenausbildung,
 - sachgerechtes Betonieren und Nachbehandeln des Betons bzw. ggf. Abdichtung von Rissen.
 - Beobachtung des Bauteils während des Gewährleistungszeitraums und ggf. Verpressung auftretender Risse in der Nutzung.

Bei Einhaltung der WU-Richtlinie können WU-Konstruktionen aus Beton sehr wirtschaftlich ausgeführt werden. Als wesentlicher Unterschied zu sonstigen Stahlbetontragwerken, die für die Standicherheit und Dauerhaftigkeit bemessen werden, gilt es hier, ein besonders dichtes Bauwerk herzustellen. Die daraus resultierenden besonderen Anforderungen an die Konstruktion, die Herstellung und die spätere Nutzung müssen im gesamten Ablauf von der Nutzungsfeststellung bis zur Ausführung beachtet werden. Zur Unterstützung des Anwenders der WU-Richtlinie wurden im Jahr 2006 mit DAfStb Heft 555 Erläuterungen herausgegeben [43].

Auch die Betontechnik hat bei WU-Konstruktionen in der Richtlinie einen großen Stellenwert. Der Beton muss einen fehlstellenfreien Betoneinbau ermöglichen. Zur Vermeidung von Fehlstellen muss der Beton so zusammengesetzt sein, dass ein Entmischen unter den gegebenen Einbaubedingungen nicht eintritt. Insbesondere bei Wänden mit Mindestdicken muss eine weiche Konsistenz (Konsistenzklasse F3 oder höher) verwendet werden.

Die Hydratationswärme des Betons kann durch geeignete Bindemittelauswahl günstig beeinflusst werden. Dazu zählt die Wahl von Zementen, die neben Portlandzementklinker andere Hauptbestandteile wie Hüttensand, Flugasche oder Kalksteinmehl enthalten. Zusätzlich wirkt Flugasche als Zusatzstoff wegen der Anrechenbarkeit auf den Zementgehalt und den $(w/z)_{eq}$ -Wert günstig.

Die Forderung nach einem Größtkorn von 16 mm bei Ausnutzung der Minstdicken in der Richtlinie resultiert aus der besseren Füllbarkeit schmaler Hohlräume mit eng liegender Bewehrung. Die Verwendung eines Größtkorns von 8 mm anstelle eines Größtkorns ≥ 16 mm führt unter sonst gleichen Bedingungen dazu, dass der Beton mehlkornreicher wird. Dieser höhere Mehlkorngehalt stellt bei größeren Fallhöhen sicher, dass am Fußpunkt von Wänden keine Entmischung auftritt.

Bei Elementwänden unter Ausnutzung der Mindestwanddicke ist die verbleibende Dicke des Ortbetonkerns reduziert. Um eine gute Füllung des Hohlraums am Fußpunkt der Wand und ggf. die Umhüllung des Fugenabdichtungssystems zu erreichen, wird eine Anschlussmischung gefordert.

Selbstverdichtender Beton besitzt eine besonders gute Füllwirkung von Hohlräumen und Abschalungen. Voraussetzung für das Gelingen ist die Erfüllung hoher Anforderungen an die Beton- und Mischtechnik sowie größte Sorgfalt bei Annahme/Einbau und Überwachung des Betons und der Bauausführung (siehe SVB-Richtlinie).

Die WU-Richtlinie wurde in der Zwischenzeit überarbeitet und mit Ausgabe Dezember 2017 in einer Neuausgabe veröffentlicht. Die wesentlichen Änderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen (siehe auch [44]):

- a) Aufgaben der Planung: stärkere Herausstellung der verschiedenen Planungsaspekte im Bauablauf;
- b) Änderung bei der Beschreibung der Wassereinwirkung bei den Beanspruchungsklassen:
Beanspruchungsklasse 1 (ständig oder zeitweise drückendes Wasser, WU-Dächer);
Beanspruchungsklasse 2 (Bodenfeuchte, an der Wand ablaufendes Wasser);
- c) Präzisierung der drei Entwurfsgrundsätze (Tabelle 3);
- d) Ergänzung von konstruktiven, betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze (z. B. Entkopplung der Wand vom Baugrubenverbau, Anordnung von Hydratationsgassen, Kühlung des Frischbetons, wärmehaltende Nachbehandlung);
- e) Anschlussmischung: sowohl für den Ortbeton als auch für den Kernbeton von Elementwänden muss eine Anschlussmischung verwendet werden;

- f) Empfohlene Mindestbauteildicken: Aufnahme von Mindestwerten für die Ortbetonergänzung bei Elementwänden und -decken sowie für WU-Dächer; Neuregelung des lichten Innenmaßes $b_{w,i}$;
- g) Trennrissbreiten bei Nutzungsklasse B und Entwurfsgrundsatz [b] (Selbstheilung): Festlegung einer Obergrenze für den Wasserdruck, ab dem eine Selbstheilung immer unwahrscheinlicher wird;
- h) Präzisierung der Anforderungen an die Rautiefe bei Elementwänden.

Tabelle 3: Überarbeitete Entwurfsgrundsätze nach WU-Richtlinie [45]

Entwurfsgrundsatz (EGS)	Ziel
[a]	Vermeidung von Trennrissen durch die Festlegung von konstruktiven, betontechnologischen und ausführungstechnischen Maßnahmen.
[b]	Festlegung von Trennrissbreiten, die so gewählt werden, dass bei Beanspruchungsklasse 1 der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt wird.
[c]	Festlegung von Trennrissbreiten, die in Kombination mit im Entwurf vorgesehenen planmäßigen Dichtmaßnahmen gemäß Abschnitt 12 die Anforderungen erfüllen. Hierbei sind in der Regel die Mindestanforderungen an die rechnerischen Trennrissbreiten nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.1 auf der feuchtebeanspruchten Bauteilseite einzuhalten. Ziel dieses Entwurfsgrundsatzes ist es, die Anzahl der Risse zu minimieren und diese Risse bei Beanspruchungsklasse 1 zielsicher abzudichten.

Die Überarbeitung der Erläuterungen (Heft 555) soll im Laufe des Jahres 2024 abgeschlossen werden.

2.4 Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen (Auszug aus [46])

Mineralische Bauabfälle sind der mengenmäßig bedeutendste Stoffstrom der Abfallwirtschaft in Deutschland [47], wie auch in den Nachbarstaaten. In einigen Ländern werden mineralische Bauabfälle auch in der täglichen Praxis für die Betonherstellung verwendet, wohingegen der Werkstoff R-Beton in Deutschland bislang nur in wenigen Transportbetonwerken zum Lieferprogramm zählt. Welche Rolle Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung in der Praxis eines einzelnen Landes spielt, hängt sowohl von der jeweiligen Gesetzgebung und Regelwerksituation als auch von den geologischen und geografischen Randbedingungen ab.

Tabelle 4: Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung von grober rezyklierter Gesteinskörnung nach DIN EN 12620:2008-07, 5.8, (entspricht DIN 1045-2:2023-08, Tabelle E.2 in [51])

Bestandteile	Kategorie der Gesteinskörnung	
	Typ 1	Typ 2
$Rc + Ru$	Rcu_{90}	Rcu_{70}
Rb	Rb_{10-}	Rb_{30-}
Ra	Ra_{1-}	Ra_{1-}
$X + Rg$	XRg_{1-}	XRg_{2-}
FL	FL_{2-}	FL_{2-}

Rc : Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton

Ru : Ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundene Gesteinskörnung

Rb : Mauerziegel (d. h. Mauersteine und Ziegel), Kalksandsteine, nicht schwimmender Porenbeton

Ra : Bitumenhaltige Materialien

Rg : Glas

X : Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d. h. Ton und Boden), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips

FL : Schwimmendes Material im Volumen

In allen Ländern Europas existieren Vorgaben, die ein Recycling mineralischer Bauabfälle regeln. Trotz der Einführung europäisch harmonisierter Normen sind jedoch zum Teil deutliche Unterschiede in der Handhabung rezyklierter Gesteinskörnung zwischen den einzelnen Ländern festzustellen. Diese Unterschiede werden durch unterschiedliche Ausgaben der Regelwerke, die in den einzelnen Mitgliedsstaaten der EU gelten, wie auch durch die sehr unterschiedlichen nationalen Anwendungsdokumente, zusätzliche nationale Richtlinien und sonstige gesetzliche Vorgaben bedingt.

In Deutschland ist die Verwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung bis zur bauaufsichtlichen Einführung der neuen DIN 1045:2023-08 noch über die Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ (Ausgabe September 2010, [48]) geregelt, die sich auf die Ausgabe 2008 der DIN 1045-2 bezieht [49]. Aus betontechnischer Sicht stellt diese Richtlinie mit ihren zwei geregelten Gesteinskörnungstypen Betonsplitt (Typ 1) und Bauwerkssplitt (Typ 2) nach Tabelle 4 und den expositionsclassenabhängigen Einschränkungen hinsichtlich der Austauschmengen an grober Gesteinskörnung nach Tabelle 5 im Wesentlichen immer noch den technischen Stand von 1998 dar (Erstausgabe der Richtlinie [50]).

Die Richtlinie wurde zwar in den Jahren 2004 ([15] oder mit Langtitel siehe [52]) und 2010 [48] überarbeitet, aber dabei nur formal an die europäischen Normen für Beton (DIN EN 206-1:2001) und Gesteinskörnung für Beton (DIN EN 12620 [53]) angepasst.

Aufgrund der Tatsache, dass eine Anwendung der DAfStb-Richtlinie zur Herstellung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung in der Praxis fast nicht stattgefunden hat, wurden im BMBF-Verbundforschungsvorhaben „R-Beton – Ressourcenschonender Beton – Werkstoff der nächsten Generation“ (2014 bis 2019) die Regelungen der DAfStb-Richtlinie unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen (z. B. Bemessung, umweltrelevante Merkmale, Alkali-Kieselsäure-Reaktion, Ökobilanz, Verwendung feiner Gesteinskörnungen, etc.) auf den Prüfstand gestellt und neue Konzepte erarbeitet [54].

Die erzielten Ergebnisse führten erkennbar zu positiven Veränderungen im Sinne einer breiteren Anwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen. So wurde bereits während der Projektlaufzeit der Nachweis der Umweltverträglichkeit rezyklierter Gesteinskörnungen mit Veröffentlichung von

Tabelle 5: Zulässige Anteile rezyklierter Gesteinskörnungen > 2 mm, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (Vol.-%) nach [48]

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie	DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO (trocken)	Karbonatisierung XC1	≤ 45	≤ 35
2	WF ^{a)} (feucht)	Kein Korrosionsrisiko X0 Karbonatisierung XC1 bis XC4		
3		Frostangriff ohne Taumittleinwirkung XF1 ^{a)} und XF3 ^{a)} und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35	≤ 25
4		Chemischer Angriff (XA1)	≤ 25	≤ 25

^{a)} zusätzliche Anforderungen siehe Abschnitt 1, (3) und (4).

DIN 4226-101:2017-08 [55] wieder normativ geregelt. Damit entfiel die zwischenzeitlich notwendig gewordene allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) für den nationalen Nachweis der Umweltverträglichkeit.

Eine Verschärfung musste in Bezug auf die Einstufung der rezyklierten Gesteinskörnung in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse nach DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“ [56] bei unbekannter Herkunft in Abhängigkeit vom Ort der Verwendung vorgenommen werden. Bisher erfolgte eine grundsätzliche Einstufung der rezyklierten Gesteinskörnung für ganz Deutschland in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-S, wenn keine weiteren Nachweise eine andere Einstufung zuließen. Verschärft wurde die Einstufung von

rezyklierter Gesteinskörnung, die aus Beton von Bauwerken aus dem in der Alkali-Richtlinie festgelegten eiszeitlichen Ablagerungsgebiet in Norddeutschland hergestellt wird. Sofern für diese ein Nachweis der Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie nicht möglich ist oder nicht durchgeführt wird, ist diese nun in die Alkaliempfindlichkeitsklasse E III-O bzw. E III-OF einzustufen. Diese Regelung wurde mit Berichtigung der DAfStb-Richtlinie „Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ [57] 2019 umgesetzt.

Bezüglich aller weiteren Änderungen zum Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen verständigten sich die zuständigen Gremien im DAfStb und NABau dahingehend, dass es keine überarbeitete DAfStb-Richtlinie geben soll, zumal in DIN EN 206:2014-07 in der Zwischenzeit auch Verwendungsregeln auf europäischer Ebene veröffentlicht wurden. Die bestehende DAfStb-Richtlinie wurde somit mit allen Änderungsvorschlägen, die sich aus dem Forschungsvorhaben [54] ergeben haben, in die neue DIN 1045:2023-08 eingearbeitet.

Mit der neuen DIN 1045-2:2023-08 [51] werden Betone mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 [53] in das neue Konzept der Betonklassen (BK) überführt (siehe auch Abschnitt 4). Wie bisher auch, finden sich die übergeordneten Regelungen in Abschnitt 5.2.3.4 „Rezyklierte Gesteinskörnungen“. Die konkreten Anforderungen an die Gesteinskörnung sind im normativen Anhang E „Regelungen für die Verwendung von Gesteinskörnungen“, enthalten. Die Regelungen für die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen werden in Abschnitt E.3 spezifiziert, genauso wie die entsprechenden Verwendungsregeln (z. B. zulässige Austauschmengen).

Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen wird in Zukunft in die Betonklassen BK-N (normale Anforderungen), BK-E (erhöhte Anforderungen) und BK-S (speziell festzulegende Anforderungen) wie folgt zugeordnet:

- Betonklasse BK-N: Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen ≤ 25 % Volumenanteil
Austausch der groben Gesteinskörnung (bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung) und Einhaltung der allgemeinen Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen nach E.3.1;
- Betonklasse BK-E: Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 % Volumenanteil
Austausch der groben Gesteinskörnung (bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung) oder

Feuchtigkeitsklasse WA und Einhaltung der allgemeinen Anforderungen an rezyklierte Gesteinskörnungen nach E.3.1 und der besonderen Anforderungen nach E.3.2;

- Betonklasse BK-S: Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen abweichend von BK-N und BK-E.

Die Verwendung von rezyklierten Gesteinskörnungen in den Expositionsklassen XA2, XA3 und XM sowie für Spannbeton und Leichtbeton ist auch weiterhin, und zwar unabhängig von den Austauschanteilen, nicht zulässig.

In der Betonklasse BK-E mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 % Volumenanteil Austausch der groben Gesteinskörnung (bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung) dürfen nur sortenreine grobe rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 und des Typs 2 nach DIN 1045-2:2023-08, Tabelle E.2 zur Herstellung und Verarbeitung von Beton verwendet werden. Die Betondruckfestigkeitsklasse wird wie bisher auf C30/37 limitiert. Das Prinzip der Betonfamilien darf auf Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen jeweils für die Typen 1 und 2 getrennt angewendet werden. In Abhängigkeit von der Feuchtigkeitsklasse und der Expositionsklasse dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen in der Klasse BK-E höchstens mit den in Tabelle 5 angegebenen Anteilen zugegeben werden. Auf Basis der erzielten Forschungsergebnisse [54] konnten in Tabelle 6 gegenüber der DAfStb-Richtlinie „Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ einige Änderungen vorgenommen werden.

Für Innenbauteile (Expositionsklasse XC1 und Feuchtigkeitsklasse WO) dürfen zwar weiterhin maximal 45 % Volumenanteil grober rezyklierter Gesteinskörnung eingesetzt werden, jedoch ist es zukünftig erlaubt, auch feine Gesteinskörnung zu verwenden (siehe Fußnote b). Die Verwendung von feiner rezyklierter Gesteinskörnung gilt jedoch, analog wie für Betonklasse BK-N geregelt, nur für den Typ 1. Die Begrenzungen auf 45 % (für Typ 1) bzw. 35 % Volumenanteil (für Typ 2) ergibt sich aufgrund des Ansatzes, dass bis zu diesen Austauschmengen keine gesonderten Bemessungsregeln erforderlich sind. Betontechnologisch gesehen hätten die Anteile für beide Typen erhöht werden können. Dies ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Im Anwendungsbereich der Feuchtigkeitsklasse WF, ausgenommen Expositionsklasse XA1, wurden die zulässigen Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnung jeweils für Typ 1 und Typ 2 um 10 % Volumenanteil gegenüber der DAfStb-Richtlinie „Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ angehoben.

Tabelle 6: Zulässige Anteile grober rezyklierter Gesteinskörnungen, bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung (% Volumenanteil), (entspricht DIN 1045-2:2023-08, Tabelle E.5 [51])

Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
Alkalirichtlinie ^a	DIN 1045-2:2023-08	Typ 1	Typ 2
WO	Karbonatisierung XC1	≤ 45 ^b	≤ 35
WF	Kein Korrosionsrisiko X0	≤ 45	≤ 35
	Karbonatisierung XC1 bis XC4		
	Frostangriff ohne Taumittleinwirkung		
	XF1 und XF3		
	Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN 1045-2, 5.5.3		
	Chemischer Angriff XA1	≤ 25	≤ 25
WA ^c	XD1 und XD2	≤ 30	≤ 20
	XS1 und XS2		
	XF2 und XF4		

^a Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktionen im Beton (DAfStb-Alkali-Richtlinie) sowie zusätzliche Anforderungen, DIN 1045-2, E.3.1.3.

^b Es dürfen feine rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 20% Volumenanteil der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus einer Produktion grober rezyklierter Gesteinskörnung Typ 1 stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Dabei darf das Gesamtvolumen rezyklierter Gesteinskörnung 45 % Volumenanteil nicht übersteigen. Der Anteil der feinen rezyklierten Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der groben rezyklierten Gesteinskörnung darf dabei nicht größer sein als der Anteil der gesamten feinen Gesteinskörnung bezogen auf den Anteil der gesamten groben Gesteinskörnung. (Feine rezyklierte Gesteinskörnung des Typs 2 darf nicht verwendet werden.).

^c Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach DAfStb-Alkali-Richtlinie verwendet werden.

^d Die Regelung zum chemischen Angriff ist für XA1 durch die Betonklasse BK-N abgedeckt.

Da im Forschungsvorhaben keine Untersuchungen zum chemischen Angriff von Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen durchgeführt wurden, wurden hier die bestehenden Regelungen übernommen. Ein Streichen dieser Zeile wäre im Hinblick auf die Regelungen der Betonklasse BK-N ebenfalls möglich gewesen.

Neu aufgenommen wurde in Tabelle 6 die Zeile zur Feuchtigkeitsklasse WA und betrifft somit weitgehend alle Expositionsklassen (XF2, XF4, XD1, XD2, XS1, XS2), bei denen eine Alkalizufuhr von außen, z. B. durch Taumittleinsatz in Form von NaCl, erfolgt. Hiervon ausgenommen sind die Expositionsklassen XD3 und XS3. Für den Einsatz von rezyklierter Gesteinskörnung in der Feuchtigkeitsklasse WA muss die Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach DAfStb-Alkali-Richtlinie nachgewiesen sein. Diese Regelung könnte insbesondere dann von Interesse sein, wenn klar ist, dass bei Rückbauobjekten Gesteinskörnungen eingesetzt wurden, die diesen Anforderungen schon bei Errichtung entsprochen haben (z. B. im Regelungsbereich der ZTV-ING [58]) und somit auch für einem erneuten Einsatz grundsätzlich geeignet sind.

Darüber hinaus ist für Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen der Betonklasse BK-E eine erweiterte Erstprüfung durchzuführen und im Rahmen der Produktionskontrolle des Betonherstellers sind zusätzliche Prüfungen vorgesehen. Diese Regelungen entsprechen denen der DAfStb-Richtlinie „Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ und wurden weitgehend gleichlautend übernommen.

2.5 Massige Bauteile aus Beton

Bei Planung und Herstellung von massigen Bauteilen aus Beton muss neben einer hinreichenden Dauerhaftigkeit der Minimierung von Zwangsspannungen infolge Hydratationswärme besondere Beachtung geschenkt werden [59]. Da die jeweiligen Anforderungen an Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung zum Erreichen dieser Ziele teilweise konträr sind, gilt es hier oftmals, einen unter beiden Aspekten akzeptablen Kompromiss zu finden. Dies war mit den Vorgaben der alten DIN 1045:1988-07 [60] weitestgehend möglich, gesonderte Regelungen für massige Bauteile waren nicht erforderlich.

Ein wesentliches Ziel bei der Erarbeitung der neuen Betonnormen DIN EN 206-1:2001-07 [2] und DIN 1045-2:2001-07 [3] war die Verbesserung der Dauerhaftigkeitseigenschaften des Betons. Die vor diesem Hintergrund aufgestellten strengeren Anforderungen an w/z-Werte, Zementgehalte und Festigkeitsklassen führten in bestimmten Expositionsklassen zu einer signifikanten Erhöhung der Hydratationswärmeentwicklung und damit letztendlich zu Betonen, die für massige Bauteile unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur bedingt geeignet sind. Der Technische

Ausschuss „Betontechnik“ des DAfStb hatte deshalb Anfang 2004 die Erstellung einer eigenen DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ beschlossen und hierfür einen entsprechenden DAfStb-Unterausschuss eingerichtet. Im Mai 2005 konnte die Arbeit an dieser Richtlinie mit der Freigabe zur Drucklegung durch den DAfStb-Vorstand abgeschlossen werden [17].

Kernelemente der mit Ausgabe März 2005 veröffentlichten Richtlinie sind Regelungen zur Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens, die Öffnung für ein von 28 Tagen abweichendes Nachweisalter für die Druckfestigkeitsklasse sowie gegenüber DIN 1045-2 geänderte Anforderungen an die Betonzusammensetzung und die Betoneigenschaften mit Absenkungen bei Mindestdruckfestigkeitsklassen und Mindestzementgehalten und Öffnungen beim w/z-Wert. Diese Elemente dienen im Wesentlichen dem Zweck, bei Bauteilen mit großen Abmessungen bzw. großen Betonievolumina die Bauteilerwärmung infolge Hydratation zu begrenzen und gleichzeitig die gestellten Dauerhaftigkeitsanforderungen einzuhalten.

Der Anwendungsbereich der Richtlinie wurde beschränkt auf Bauteile, deren kleinste Bauteilabmessung mindestens 0,80 m beträgt und bei denen Zwang und Eigenspannungen in besonderer Weise zu berücksichtigen sind

Die normativen Änderungen zu DIN 1045-1:2001 [6] beschränkten sich im Wesentlichen auf konstruktive Maßnahmen zur Begrenzung der Rissbreiten. Bei massigen Bauteilen entstehen Risse vorwiegend in den ersten Tagen nach dem Betonieren infolge abfließender Hydratationswärme. Im Inneren von dickeren Bauteilen kann es schnell zu nahezu adiabatischen Temperaturverhältnissen und infolge dessen zu hohen Bauteiltemperaturen kommen. Mit zunehmender Hydratation des Betons nimmt dessen Wärmeentwicklung ab, die Bauteiltemperaturen passen sich mit der Zeit den zumeist niedrigeren Umgebungstemperaturen an. Die aus der Abkühlung resultierenden Bauteilverkürzungen können bei behinderter Verformungsmöglichkeit zu Zwangsspannungen und damit verbunden zu Trennrissbildung im Beton führen. Eigen- und Zwangsspannungen im jungen Alter bestimmen häufig den erforderlichen Bewehrungsgehalt zur Begrenzung der Rissbreite und übertreffen oft die in späterem Alter auftretenden Spannungen aus äußeren Lasten.

Die Forderung nach Begrenzung der Rissbreiten (DIN 1045-1:2001, Abschnitt 11.2 [6]) gilt grundsätzlich auch für massige Bauteile. Nach DIN 1045-1:2001 ist zur Aufnahme von Zwangeinwirkun-

gen und Eigenspannungen eine Mindestbewehrung anzuordnen, die in der Lage ist, die Rissbreite wirksam zu begrenzen.

Das Sicherheitskonzept von DIN 1045-1:2001 sieht im Grenzzustand der Tragfähigkeit eine Vorankündigung des Versagens durch duktile Bauteilverformungen vor. Bei massigen Gründungsbauteilen und dicken erddruckbelasteten Wänden aus Stahlbeton kann ein duktiles Bauteilverhalten durch Umlagerung der Bodenpressungen bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann. Diese Umlagerungen ermöglichen in der Regel neue Gleichgewichtszustände bei zunehmenden Verformungen, so dass ein Spröbruch mit schlagartigem Versagen nicht zu erwarten ist. Aus diesem Grund ergänzt die Richtlinie, dass bei derartigen massigen Bauteilen auf eine Mindestbewehrung verzichtet werden darf, sofern das duktile Bauteilverhalten durch Umlagerung der Bodenpressungen bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann. Dies ist in der Regel bei Gründungsbauteilen zu erwarten. Dabei müssen die Schnittgrößen für äußere Lasten und Zwang- bzw. Eigenspannungen ermittelt sowie die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit der DIN 1045-1 nachgewiesen werden.

Eine wichtige Größe bei der Ermittlung der Zwangsschnittgrößen ist die Zugfestigkeit des Betons. Lassen sich der Zeitpunkt der Erstrissbildung und die dann wirksame Zugfestigkeit durch Kenntnis

der zeitlich veränderlichen Materialkennwerte genauer nachweisen, so darf diese Zugfestigkeit bei der Dimensionierung der Mindestbewehrung zugrunde gelegt werden. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Tragwerkplaner, Betonlieferant und ausführendem Bauunternehmen ist sicherzustellen, dass die Annahmen der Berechnungen mit den Eigenschaften der verwendeten Ausgangsstoffe und des Betons sowie mit den Bedingungen auf der Baustelle übereinstimmen.

Bei dicken Sohlplatten müssen große Betonmengen oft durch eine eng liegende Bewehrung hindurch eingebaut werden (vgl. z. B. Bild 6).

Erschwerend kommen der vielfach erheblich tiefer liegende Betoniergrund und die in der Regel mehrlagige Bewehrungsführung hinzu. Um Brückenbildungen und Entmischungen zu verhindern, sollte bereits in der Planungsphase sicher-

Bild 6: Einbau des Sohlenbetons für die Schleuse Uelzen II



gestellt werden, dass ausreichende, bis zur unteren Bewehrungslage freie Betonieröffnungen angeordnet werden. Zusätzlich sind ausreichend Rüttelgassen vorzusehen.

Größtkorn und Stababstände sind aufeinander abzustimmen. Für massige Bauteile ist das Größtkorn zur Reduzierung des Zementleimvolumens und damit zur Verringerung der Hydratationswärmeentwicklung möglichst groß zu wählen. Bei stark bewehrten Bauteilen kann im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage der Einsatz von Gesteinskörnungen mit reduziertem Größtkorn sinnvoll sein. In den Erläuterungen zur Richtlinie wird empfohlen, für den lichten Stababstand paralleler Einzelstäbe einer Bewehrungslage bei Platten einen Wert von $3 \cdot D_{\max}$ und bei Wänden einen Wert von $2 \cdot D_{\max}$ nicht zu unterschreiten.

Die betontechnischen Maßnahmen bei der Herstellung von massigen Bauteilen sowie die Anforderungen an die Betonzusammensetzung zielen im Wesentlichen auf die Reduzierung der Rissbildung bei gleichzeitiger Sicherstellung der Dauerhaftigkeit. Bereits bei der Festlegung des Betons ist besonderes Augenmerk auf eine langsame Wärmefreisetzung während der Hydratation und die Minimierung der maximalen Temperatur im Bauteil während der Erhärtung zu legen. Diese Ziele können u. a. durch die Wahl geeigneter Bindemittel und Betonzusammensetzungen sowie durch niedrige Frischbetontemperaturen erreicht werden.

Durch die Verwendung von Zementen mit niedriger Hydratationswärme (LH, VLH) oder einen teilweisen Austausch des wärmeerzeugenden Zements gegen puzzolanische Zusatzstoffe wie Flugasche wird weniger Wärme während der Hydratation freigesetzt. Bei Zementen mit sehr niedriger Hydratationswärme (VLH) sollte aber auch auf eine noch ausreichend schnelle Festigkeitsentwicklung geachtet werden.

Geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der Frischbetontemperatur sind insbesondere:

- Berieselung der Gesteinskörnungen mit Kaltwasser,
- Verwendung von Frischwasser,
- Begrenzung der Zementtemperatur,
- Beschattung der Lagereinrichtungen,
- Betonieren während der Nachtstunden.

Mit den aufgeführten Maßnahmen können i. d. R. Frischbetontemperaturen $\leq 25\text{ °C}$ sichergestellt werden. Bei langanhaltender heißer Witterung sind auch Temperaturen $\leq 30\text{ °C}$ nur mit einer aktiven Kühlung des Betons bzw. dessen Ausgangsstoffe zu erreichen. Das Einmischen von flüssigem Stickstoff kann sowohl bei der Herstellung des Betons im Werk als auch nachträglich auf der Baustelle im Fahrmischer erfolgen. Allerdings bedarf es einiger Erfahrung, geeigneter Einrichtungen, spezieller Verfahrensweisen und Vorversuchen, um den Flüssigstickstoff ohne negative Auswirkungen einzumischen. Die Maßnahmen der aktiven Kühlung sind i. d. R. mit erheblichen Kosten verbunden. Daher sind betontechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Maximaltemperatur im Bauteil oftmals wirtschaftlicher als eine Begrenzung der Frischbetontemperatur.

Für Betonierarbeiten, die sich über längere Zeiträume erstrecken, sind ggf. Betone vorzusehen, die durch Modifikationen im Zementgehalt, der Zementart oder der Zementfestigkeitsklasse an die jeweiligen Temperaturrandbedingungen angepasst werden (Sommer-/Winterrezepturen). Zur Minimierung der Hydratationswärme kann es bei massigen Bauteilen entsprechender Dimension (z. B. dicke Bodenplatten, große Fundamente und Sohlen) zweckmäßig sein, bei der Festlegung der Betonzusammensetzung zwischen den dauerhaftigkeitsrelevanteren Randbereichen und den weniger exponierten Kernbereichen eines Bauteils zu differenzieren und unterschiedlich zusammengesetzte Betone mit unterschiedlicher Wärme- und Festigkeitsentwicklung zu verwenden (zonierte Bauweise).

Bei den beschriebenen technischen Maßnahmen zur Verringerung der Hydratationswärme ist stets auch darauf zu achten, dass der Frischbeton einwandfrei verarbeitet werden kann und die vorgegebenen Festbetoneigenschaften sicher erreicht werden.

Teil 2 der Richtlinie ermöglicht zum Nachweis der Druckfestigkeitsklasse im Rahmen der Konformitätskontrolle die Prüfung und Bestimmung der charakteristischen Festigkeit im Alter von 28 oder 56 oder 91 Tagen. Mit dieser Öffnung für den Nachweis der Festigkeitsklassen nach 56 oder 91 Tagen wird erreicht, dass auch mit den üblicherweise bei massigen Bauteilen eingesetzten Zementen oder Bindemittelkombinationen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung und entsprechend langsamer Erhärtungscharakteristik die geforderten Mindestdruckfestigkeitsklassen bei Einhaltung des höchstzulässigen Wasserzementwertes zielsicher erreicht werden. Für die Bestimmung der Festig-

keitsentwicklung des Betons ist analog das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und zum Zeitpunkt des Druckfestigkeitsnachweises (28 oder 56 oder 91 Tage) heranzuziehen.

Ab einer bestimmten Produktionsmenge kann bei der Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit die Häufigkeit der Probenahme verringert werden. Teil 2 der Richtlinie räumt hier die Option ein, bei einer täglichen Betonproduktion von je angefangene 600 m³ Beton die Probenahmehäufigkeit auf eine Probenahme je 600 m³ zu reduzieren.

Wie bereits in Abschnitt 1.2 erläutert, muss bei der Festlegung der Betonzusammensetzung auch darauf geachtet werden, dass ein den neuen Betonnormen adäquates Dauerhaftigkeitsniveau eingehalten wird. Da die meisten Dauerhaftigkeitsanforderungen eng mit dem Transport beton- oder stahlangreifender Stoffe verknüpft sind, ist eine günstige Porenstruktur des Zementsteins anzustreben. Hierzu gehört insbesondere die Begrenzung des für die maßgebenden Transportvorgänge (kapillares Saugen, Permeation und Diffusion) relevanten Kapillarporenraums, der vor allem durch den Wasserzementwert des Betons bestimmt wird. In DIN 1045-2, Tabellen F.2.1 und F.2.2, werden deshalb entsprechende Grenzwerte für den Wasserzementwert sowie weitere Anforderungen an die Zusammensetzung und die Eigenschaften von Beton vorgegeben. Diese Grenzwerte dürfen bei Betonen für massive Bauteile nach Richtlinie an einigen Stellen unter- bzw. überschritten werden:

- Reduktion des Mindestzementgehaltes in den Expositionsklassen XD2, XD3, XS2, XS3 XF2, XF3, XF4 und XA2 auf 300 kg/m³;
- Absenkung des Mindestzementgehaltes bei Anrechnung von Zusatzstoffen in der Expositionsklasse XA1 auf 240 kg/m³;
- Abminderung der Mindestdruckfestigkeitsklasse in den Expositionsklassen XD2, XS2, XF2 und XF3 (jeweils ohne künstlich eingeführte Luftporen) sowie XA2 auf C30/37;
- Erhöhung von $(w/z)_{eq}$ von 0,45 auf 0,50 bei Verwendung vom CEM II/B-V, CEM III/A oder CEM III/B ohne oder mit Flugasche als Betonzusatzstoff oder bei anderen Zementen nach Tabellen F.3.1 oder F.3.2 der DIN 1045-2:2001 in Kombination mit Flugasche als Betonzusatzstoff, wobei der Mindestflugaschegehalt 20 % (Massenanteil) von (z+f) betragen muss.

Wie nach Teil 2 der Richtlinie muss auch für die Bauausführung nach DIN 1045-3:2001-07 [9] bei der Herstellung von massigen Bauteilen ein Qualitätssicherungsplan aufgestellt werden. Dieser Qualitätssicherungsplan sieht u. a. ein Betonierkonzept vor, in dem die Betonsorten aufgeführt, die Betonierfolge festgelegt sowie die Förderung des Betons auf der Baustelle und der Betoneinbau geregelt werden. Wichtig bei der Aufstellung des Betonierkonzeptes ist, dass dieses mit allen Beteiligten abgestimmt wird. Dabei sind die Schnittstellen zwischen den Beteiligten, insbesondere dem Hersteller und dem Verwender des Betons, eindeutig zu regeln.

Auf Grund der in der Regel langsameren Festigkeitsentwicklung darf Beton für massige Bauteile erst dann durchfrieren, wenn in allen Bauteilbereichen eine Druckfestigkeit f_{cm} von mindestens 5 N/mm² erreicht worden ist.

Weiterhin enthält Teil 3 der Richtlinie einen allgemeinen Hinweis darauf, dass bei massigen Bauteilen ein möglichst langsamer Temperaturanstieg infolge Hydratationswärme angestrebt werden sollte. Höchsttemperatur und Temperaturunterschied zwischen Kern- und Randzone im Bauteil sollten geringgehalten werden.

Wie bei der Konformitätskontrolle durch den Betonhersteller kann auch bei der Identitätsprüfung des Betons auf der Baustelle bei Betonierleistungen über 200 m³ je Betoniertag der Prüfumfang im Einvernehmen mit der zuständigen anerkannten Überwachungsstelle für Betone der Überwachungsklasse 2 abweichend von DIN 1045-3 auf eine Probe je 200 m³, mindestens jedoch 3 Proben je Beton und Betoniertag, reduziert werden.

Die DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“ aus dem Jahr 2005 kann genauso wie die WU-Richtlinie als Blaupause für das neue BBQ-Konzept der Normengeneration DIN 1045:2023-08 im Betonbau angesehen werden (siehe Abschnitt 4). Einer engen und kontinuierlichen Abstimmung und Rückkopplung über alle Schnittstellen (Planung, Betonherstellung und Ausführung) hinweg kommt bei der Errichtung massiger Bauteile eine besondere Bedeutung zu und führt somit zu einer Einstufung in BBQ-E nach DIN 1045-1000:2023-08 [61]). Bereits in der Planungsphase sollten projektspezifisch wirklichkeitsnahe Annahmen für die Betoneigenschaften und die Ausführung getroffen und die Besonderheiten hinsichtlich des Bauablaufs, der Hydratationswärmeentwicklung sowie regionaler Gegebenheiten berücksichtigt werden. Bei der Festlegung des Betons sind Abstimmun-

gen zwischen Betonherstellung und Ausführung, z. B. hinsichtlich des Zeitpunktes der Betonierarbeiten (Sommer/Winter), Einbauweisen, Größe der Betonierabschnitte, Anzahl der gleichzeitig zu beliefernden Einbaustellen und den sich möglicherweise daraus ergebenden Verzögerungszeiten, zu berücksichtigen. Gerade bei massigen Bauteilen können z. B. für den fachgerechten Betoneinbau in mehreren Lagen sehr lange Verzögerungszeiten notwendig werden, die sich dann auch auf den Kennwert der Festigkeitsentwicklung und die sich daraus ableitenden Nachbehandlungsdauer auswirken.

Besonders wichtig ist der Hinweis, dass bei Abweichungen gegenüber der ursprünglichen Planung, der Betonfestlegung oder der vorgesehenen Ausführung eine enge Rückkopplung mit allen Beteiligten (Planung, Betonherstellung, Ausführung) unabdingbar ist. Wird z. B. ein Zement eingesetzt, der zu einem höheren oder niedrigeren Temperaturanstieg während der Hydratation führt als in der Planungsphase vorgesehen, kann sich dies erheblich auf die Zwangsspannungen und die daraus resultierende Mindestbewehrung auswirken. Ebenso können sich Änderungen im Betonierablauf oder bei den Betonierabschnitten auf Verzögerungszeiten auswirken, die zwingend mit dem Betonhersteller abzustimmen sind.

Im Vorfeld der Bauausführung ist auf Grund der Besonderheiten bei der Herstellung massiger Bauteile ein zwischen Hersteller und Bauunternehmen abgestimmter Qualitätssicherungsplan (QS-Plan) aufzustellen, in dem alle qualitätsrelevanten Maßnahmen sowie die Verantwortlichkeiten bei Betonherstellung und Ausführung geregelt und dokumentiert werden. Umfang und Inhalt des QS-Plans richten sich im Wesentlichen nach Bauteilart (Anforderungen, Abmessungen etc.) und Randbedingungen (Witterung, Lieferbedingungen, Platzverhältnisse etc.) und können im Einzelfall sehr unterschiedlich sein. Je nach Projekt können beispielsweise folgende Punkte relevant werden:

Bei der Betonherstellung und der Anlieferung:

- Koordinierung der Liefer- und Ersatzwerke
- Disposition für die Ausgangsstoffe
- Organisation und Prüfung der Silobelegung
- Überwachungskonzept der Mischanlage

- Betonabruf, Anlieferung des Betons
- Disposition und Einweisung der Lieferfahrzeuge
- Fließmitteldosierung auf der Baustelle
- Dokumentation

Bei der Ausführung:

- Freigabe einzelner Teilgewerke (Schalung, Bewehrung, Fugenabdichtung, etc.)
- Betonierkonzept (Betonarten, Betonierfolge, Förderung, Einbau)
- Betonieranweisungen für die einzelnen Betonierabschnitte
- Überwachungskonzept der Baustelle
- Nachbehandlungskonzept, Steuerung des Wärmeabflusses (siehe z. B. Bild 7)
- Dokumentation

Mit der Herausgabe der überarbeiteten DIN 1045-2:2008-08 [49] wurde auch die Richtlinie (im Wesentlichen redaktionell) angepasst und in der neuen Ausgabe April 2010 veröffentlicht.

Bild 7: Abdecken der Fundamentplatte (Kraftwerk Schkopau, 1993) mit wärmedämmenden Folien zur Steuerung des Wärmeabflusses



2.6 Stahlfaserbeton

Stahlfasern werden bereits seit einigen Jahrzehnten im Betonbau eingesetzt. Zu Beginn ihrer Verwendung wurden sie eingesetzt, um den Verschleißwiderstand von Beton zu erhöhen oder die Auswirkungen des Schwindens zu reduzieren. Bereits seit Ende der 1990er-Jahre wurden sie auch in tragenden Bauteilen mit Ansatz der Faserwirkung eingesetzt. Für diese Fälle waren allerdings Zustimmungen im Einzelfall oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erforderlich. Vor allem von Seiten der Bauindustrie, der Betonindustrie und der Faserhersteller war es daher Anfang der 2000er-Jahre das Bestreben, für die Anwendbarkeit von Stahlfasern im Betonbau eine möglichst breite Basis zu schaffen. Mit der Veröffentlichung der Erstausgabe der DAfStb-

Richtlinie „Stahlfaserbeton“ im Jahr 2010 (Ausgabe März) konnte der Praxis erstmals eine allgemein gültige und anwendbare Technische Regel zur Verfügung gestellt werden [20]. Ganz wesentlich war es hierbei, Regelungen für eine statische Mitwirkung der Stahlfasern zu schaffen, um so die Zugkraftverstärkung der Fasern im Beton nutzen zu können [62]. Sehr wichtig war es auch, die Regelungen so zu gestalten, dass die Gremien der Bauaufsicht die Inhalte der Richtlinie mittragen konnten, um eine bauaufsichtliche Einführung des neuen Regelwerkes zu ermöglichen, was dann auch geschehen ist. Die Richtlinie „Stahlfaserbeton“ gliedert sich in drei Teile und korrespondiert zur alten Normenreihe der DIN 1045 aus dem Jahr 2008 ([63], [49] und [64]).

Die Wirkung von Stahlfasern in der Bemessung wird in drei Schritten ermittelt:

- Schritt 1: Bestimmung von charakteristischen Werten (Leistungsklassen) aus Versuchsergebnissen (Vier-Punkt-Biegezugversuch, siehe Bild 8);
- Schritt 2: Bestimmung der Grund- und Rechenwerte;
- Schritt 3: Ableitung der Bemessungswerte.

Schritt 1 ist vom Betonhersteller auszuführen. Die Schritte 2 und 3 nimmt der Tragwerksplaner vor.



Bild 8: Vier-Punkt-Biegezugversuch an Betonbalken mit Stahlfasern [88].
Foto: Monika Helm

Schritt 1: Charakteristische Werte (Leistungsklassen)

Maßgebendes Leistungsmerkmal des Stahlfaserbetons im Hinblick auf die Nutzung der statisch wirksamen Fasern ist seine Nachrisszugfestigkeit und Nachrissbiegezugfestigkeit. Diese Leistungsfähigkeit im Nachbruchverhalten wird durch Vier-Punkt-Biegezugversuche an mindestens sechs Balken mit den Abmessungen von 150 mm x 150 mm x 700 mm ermittelt. Die Versuche werden verformungsgesteuert durchgeführt, um den abfallenden Ast der Kraft-Durchbiegungs-Linie zu erhalten. Das Versuchsende ist bei einer Durchbiegung des Stahlfaserbetonbalkens von 3,5 mm erreicht. Ergebnis dieser Versuche sind Kraft-Durchbiegungs-Kurven. Durch Ablesung der Spannungswerte bei 0,5 mm und 3,5 mm Durchbiegung ergeben sich zunächst mittlere Nachrissbiegezugfestig-

keiten für die Verformung 1 (kleine Verformungen → Leistungsklasse L1) und für die Verformung 2 (große Verformungen → Leistungsklasse L2), die über eine statistische Auswertung in charakteristische Werte $f_{\text{cfik},Li}^f$ umgerechnet werden.

Schritt 2: Grundwerte und Rechenwerte

Der zweite Schritt in der Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbeton liegt in der Ermittlung der Rechenwerte. Hierbei werden die charakteristischen Nachrissbiegezugfestigkeiten $f_{\text{cfik},Li}^f$ über Grundwerte auf Rechenwerte der Nachrisszugfestigkeiten umgerechnet. Die Nachrisszugfestigkeit ist eine fiktive Festigkeit des Stahlfaserbetons in der Zugzone nach Überschreiten der Zugfestigkeit des reinen Betons. Die tatsächlich in den Stahlfasern auftretenden Zugkräfte werden auf die Fläche der Betonzugzone bezogen; die resultierende Krafrichtung ist normal zur Rissfläche orientiert. In die Formel zur Ermittlung der Rechenwerte geht ein Geometriefaktor ein. In flächenartigen Bauteilen (z. B. Bodenplatten) orientieren sich im Allgemeinen die Fasern statisch gesehen günstig.

Während im Fahrmischer die Fasern weitgehend homogen verteilt sind (siehe [65]), kann infolge des Betoniervorgangs eine Orientierung stattfinden. Diese Orientierung kann statisch gesehen günstig oder ungünstig wirken. Beim Einbringen des Betons in Bodenplatten richten sich die Fasern horizontal aus. Die Fasern liegen dann in der Richtung, in der später Biegezugspannungen im Bauteil auftreten. Ihre Orientierung ist günstig, daher ist der Geometriefaktor gleich eins. Werden vertikale Bauteile betoniert – wie beispielsweise Wände – so orientieren sich die Mehrzahl der Fasern ebenfalls horizontal. Die Faserorientierung passt dann jedoch nicht zur Richtung der Zugspannungen, da die Biegezugspannungen in Betonierrichtung auftreten. In der Richtlinie wurde dieser Effekt durch einen Abminderungsfaktor berücksichtigt. Die Rechenwerte für Wände sind 50% kleiner als die Rechenwerte für Bodenplatten.

Schritt 3: Bemessungswerte

Der dritte Schritt ist die Ermittlung der Bemessungswerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit. Die Bemessungswerte werden letztendlich in der tragwerksplanerischen Berechnung (Statik) als Mate-

rialwiderstand angesetzt. Die Bemessungswerte $f_{ctd, Li}^f$ ergeben sich aus den Rechenwerten $f_{ctR, Li}^f$, multipliziert mit dem Abminderungsfaktor α_c^f für Dauerstandverhalten und dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_{ct}^f .

Die so ermittelten Bemessungswerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten finden Eingang in die Bemessung von Bauteilen auf

- Biegezug,
- Querkraft und
- Durchstanzen

sowie als ansetzbaren Beitrag der Stahlfasern zur Verringerung der Betonstahlmenge bei der Mindestbewehrung.

Die Erstausgabe der Richtlinie Stahlfaserbeton aus 2010 gilt für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus Stahlfaserbeton sowie Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung bis einschließlich zur Druckfestigkeitsklasse C50/60, also den Bereich des Normalbetons. Die Richtlinie gilt nicht für:

- a) Bauteile aus vorgespanntem Stahlfaserbeton:
In der Kombination von Spannbeton und Stahlfaserbeton liegen derzeit zu wenig Erfahrungen und Kenntnisse vor, um eine allgemeine Öffnung von Regelungen zuzulassen.
- b) gefügedichten und haufwerksporigen Leichtbeton:
Für die Kombination von Leichtbeton und Stahlfasern liegen derzeit ebenfalls zu wenig Erfahrungen und Kenntnisse vor.
- c) hochfesten Beton der Druckfestigkeitsklassen ab C55/67:
Hochfester Beton entwickelt eine höhere Verbundfestigkeit zu den Stahlfasern. Die Stahlfasern werden erheblich besser verankert. Der gewünschte Versagensmechanismus des langsamen Herausziehens ist nicht gewährleistet. Bei den für Normalbeton üblicherweise verwendeten Stahlfasern ist davon auszugehen, dass diese Fasern im hochfesten Beton durch Abreißen versagen. Entsprechende extrem hochfeste Fasern müssten im hochfesten Beton eingesetzt

werden. Insgesamt liegen hierzu auch zu wenig Erfahrungen vor. Die Anwendungskombination „hochfester Beton“ und „Stahlfasern“ wurde daher in der Richtlinie ausgeschlossen.

- d) Stahlfaserbeton ohne Betonstahlbewehrung in den Expositionsclassen XS2, XD2, XS3 und XD3, bei denen die Stahlfasern rechnerisch in Ansatz gebracht werden:
Forschungsergebnisse zeigen, dass Fasern bei Vorliegen dieser Expositionsclassen stark korrodieren und dann reißen. Eine über die Lebensdauer des Bauwerks hinweg aufrecht erhaltene Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons wird damit nicht gewährleistet werden können. Technische Lösung für solche Einsatzbedingungen sind Edelstahlfasern.
- e) Selbstverdichtenden Beton:
Eine der großen Herausforderungen beim selbstverdichtenden Beton ist, dass keine Sedimentation der groben Gesteinskörnungen in diesem mehlkornreichen Beton stattfinden. Stahlfasern haben im Vergleich zu anderen Betonausgangsstoffen ein hohes spezifisches Gewicht. Aufgrund dieses hohen spezifischen Gewichts wäre grundsätzliche eine Sedimentation nahelegend. Andererseits ist denkbar, dass die Stahlfasern ähnlich wie die groben Zuschlag-Partikel beim selbstverdichtenden Beton in Schwebe gehalten werden. Insgesamt liegen in Deutschland zu wenig Erfahrungen und Kenntnisse vor. (Hier wäre Forschungsbedarf.)
- f) Stahlfaserspritzbeton:
Im Stahlfaserspritzbeton finden eher kurze Fasern Anwendung. Der Anwendungsbereich wurde daher in der Richtlinie ausgeschlossen.

Aufgrund fehlender umfangreicher praktischer Erfahrungen wurden die in den Punkten a) bis e) beschriebenen Anwendungsfälle für Stahlfaserbeton in der Richtlinie zunächst ausgeschlossen. In diesen Fällen mussten zunächst allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen oder Zustimmungen im Einzelfall erwirkt werden, um den Erfahrungshorizont zu erweitern.

Sinngemäß ist die Anwendung dieser Richtlinie auch auf nichttragende Bauteile möglich. Die Anwendung der Richtlinie sollte hierfür im Einzelfall vereinbart werden.

Stahlfaserbeton im Sinne der Richtlinie ist Beton nach Eigenschaften. Die besonderen Eigenschaften von Stahlfaserbeton sind die Nachrisszugfestigkeiten, ausgedrückt durch die Leistungsklassen L1 und L2. Für den Beton nach Eigenschaften bestehen für den Betonhersteller verschiedene Mög-

lichkeiten, die vorgesehene Leistungsklasse zu erreichen. Maßgebend sind die Wahl des Fasergehaltes und die Faserauswahl (gekröpft, gewellt, Länge, Schlankheit). Aber auch die sonstige Betonzusammensetzung ist bedeutsam. So hat z. B. die Betondruckfestigkeit einen Einfluss. Für Normalbeton ergibt sich bei konstantem Fasergehalt und unter sonst gleichen Bedingungen mit zunehmender Druckfestigkeit eine höhere Nachrissbiegezugfestigkeit [66], da die Fasern bei höheren Festigkeiten besser verankert sind. Die Einflussgrößen auf die Leistungsklasse sind in [66] zusammengestellt. Beton nach Zusammensetzung (und Standardbeton) sind in der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton ausgeschlossen, weil diese Bestellkonzepte mit Vorgabe von Kilogramm pro Kubikmeter konträr zu dem Konzept des Betons nach Eigenschaften mit bestimmter Leistungsfähigkeit sind.

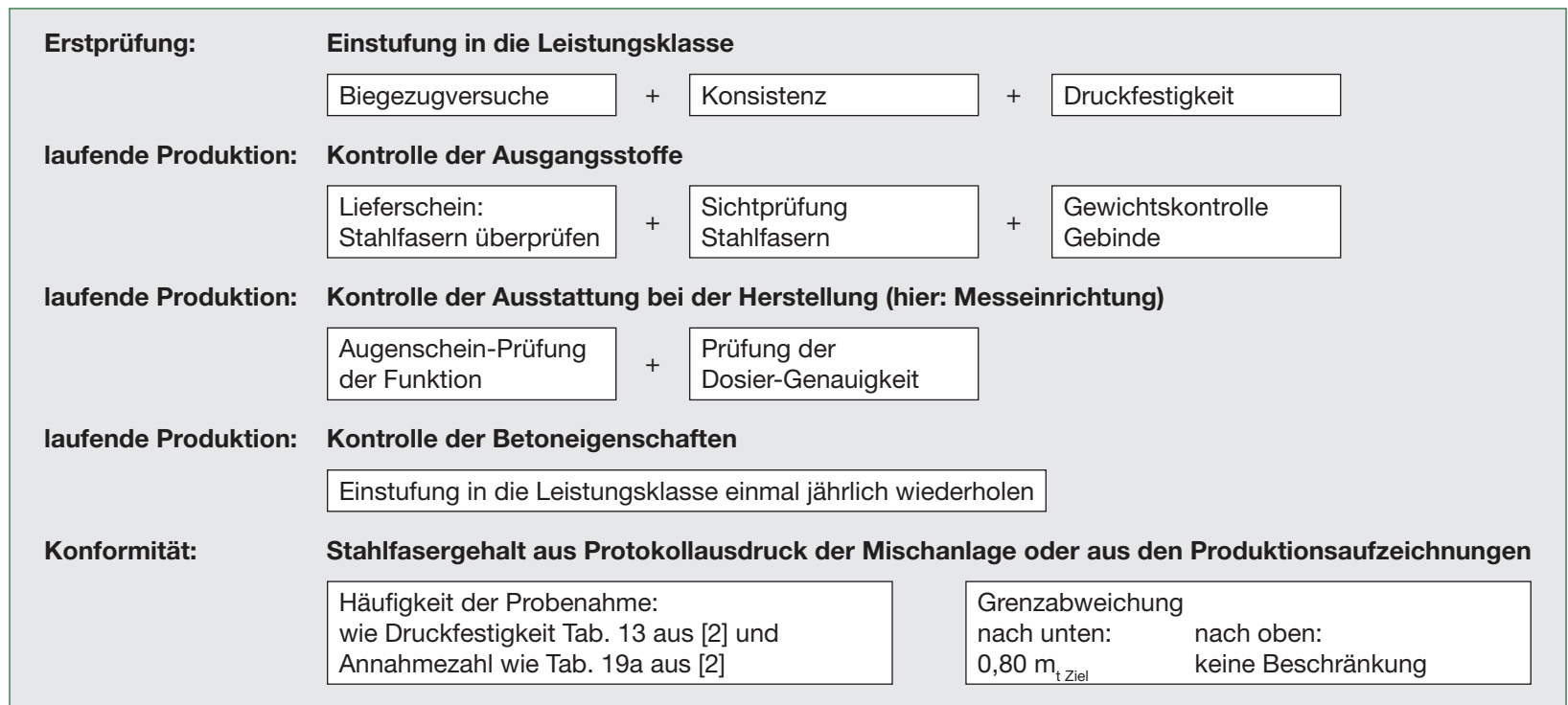


Bild 9: Konzept der Qualitätssteuerung von Stahlfaserbeton [62]

Wichtiger Baustein für die Qualität von Stahlfaserbeton ist eine werksmäßige Herstellung. Dies ist in der Richtlinie verankert. Das heißt, Fasern dürfen nur im Transportbetonwerk oder Fertigteilwerk dem Beton zugegeben werden. Die Herstellung des Ausgangsbetons im Betonwerk und eine Zugabe auf der Baustelle sind nicht gestattet. Durch diese Regelung soll eine homogene Verteilung der Fasern im Beton und eine Dokumentation der Ausgangsstoffe in den Produktions- und Lieferunterlagen sichergestellt werden. Die Qualitätssteuerung von Stahlfaserbeton fängt in der Erstprüfung an und wird in der laufenden Produktionskontrolle fortgesetzt. In Bild 9 ist das Konzept der Qualitätssteuerung von Stahlfaserbeton dargestellt.

In der Erstprüfung erfolgt die erstmalige Herstellung und Prüfung einer neuen Betonsorte. Dort werden die üblichen Betonkennwerte wie Druckfestigkeit, Konsistenz, Luftporengehalt, Frischbetonroh-dichte, Festigkeitsentwicklung (Verhältnis von 2-Tage zu 28-Tage-Festigkeit) u. a. ermittelt. Besonders wichtig bei Stahlfaserbeton ist die Ermittlung der Leistungsklasse im Rahmen der Erstprüfung.

Die Ermittlung der Leistungsklasse je Betonsorte ist prüftechnisch aufwendig. Daher wurden in der Richtlinie zwei Erleichterungen geschaffen: Erstens lineare Interpolationen zwischen Leistungsklassen und zweitens eine Nutzung der Versuche nach DBV-Merkblatt [67].

In der laufenden Produktion sind zunächst einmal die Ausgangsstoffe zu kontrollieren. Dazu zählt die Überprüfung des Lieferscheins, das heißt die Kontrolle, ob die Bestellung auch der Lieferung entspricht. Des Weiteren ist eine Sichtprüfung der Stahlfasern erforderlich. Diese Regelungen erscheinen trivial, haben jedoch in der Qualitätskette der Stahlfaserproduktion eine erhebliche Bedeutung. Werden im Beton die falschen Fasern (d. h. andere Fasern als in der Erstprüfung) verwendet, so ändert sich die Leistungsfähigkeit. Weiterhin ist eine Gewichtskontrolle der Gebinde erforderlich. In der Baupraxis hat sich auch diese Regelung als wichtig erwiesen, da Gebinde mit vorgegebenem Stahlfasergehalt (beispielsweise 25 kg) bisweilen messbar weniger Stahlfasern enthielten.

Ein weiterer wesentlicher Schritt in der Herstellung von Stahlfaserbeton ist die Kontrolle der Ausstattung, d. h. insbesondere die Prüfung der Dosiereinrichtung im Hinblick auf Funktion und Genauigkeit. Es gibt verschiedene Dosiermöglichkeiten für Stahlfasern im Betonwerk; dazu zählen:

- Aufgabe der Fasern auf den Zuschlag vor Einführung in den Zwangsmischer
- Einblasen der Fasern in den Zwangsmischer

- Dosieren von löslichen Faserbeuteln in den Zwangsmischer
- Vormischen des Betons im Mischturn und dosieren der Fasern in die Förderleitung zwischen Zwangsmischer und Auslaufrichter (noch vor Einfüllung in den Fahrmischer)
- Dosieren der Fasern in den Fahrmischer mit intensivem Nachmischen zur Homogenisierung der Faserverteilung.

Es ist wichtig, die Dosiereinrichtung regelmäßig zu überprüfen, egal welche Dosierart verwandt wird. Hier ist die Fortsetzung der Qualitätskette von hoher Bedeutung. Eine ungenaue Faserdosierung (vor allem Minderdosierung) führt zur Nichterreichung der vorgesehenen Leistungsklasse.

Sind die vorgehenden Maßnahmen der Qualitätskette sorgfältig durchgeführt worden, so ist der in der Erstprüfung festgelegte Fasergehalt in der jeweiligen laufenden Produktion sichergestellt. Unterjährig ist keine weitere Kontrolle des Betons erforderlich. Allerdings wird in der Richtlinie eine jährliche Wiederholung der Biegezugprüfungen zur Ermittlung der Leistungsklasse als eine Art „Bestätigungsprüfung“ gefordert.

In jedem Fall muss für den Stahlfasergehalt im Beton ein unterer Grenzwert (Mittel aus drei Werten, geprüft nach Anhang M der Richtlinie) in Höhe von $0,85 m_{f,Ziel}$ eingehalten werden. Bild 10 zeigt die beiden in Anhang M der Richtlinie verankerten Methoden zur Fasergehaltsbestimmung:

- Auswaschen des Frischbetons,
- induktive Messung am Würfel.

Die Konformität ist über den Protokollausdruck an der Mischanlage oder, bei Fehlen eines Aufzeichnungsgerätes, über die Produktionsaufzeichnungen in Zusammenhang mit den Mischanweisungen für die Ladung nachzuweisen.

Untere Grenzabweichung in der Konformitätsbewertung ist der Einzelwert $0,80 \cdot m_{f,Ziel}$ (analog „ $f_{ck} - 4 \text{ N/mm}^2$ “-Kriterium bei der Betondruckfestigkeit). Eine obere Grenzabweichung bei der Konformitätsbetrach-

Bild 10: Methoden der Fasergehaltsbestimmung [62]



tung gibt es nicht. Begründung dafür ist, dass bei zu hohen Fasergehalten die Verarbeitbarkeit abnimmt und die Betone in der Herstellung unwirtschaftlich werden.

Die strenge Orientierung der Richtlinie an der Normenreihe DIN 1045 und DIN EN 206-1 ermöglichte im Jahr 2012 (Ausgabe November) bei insgesamt unverändertem Anwendungsbereich mit unveränderten Einschränkungen die schnelle Umstellung der Richtlinie auf den Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1:2011 [4]) mit seinem ergänzenden nationalen Anhang (DIN EN 1992-1-1:2013/NA [5]).

Mit Ausgabe Juni 2021 wurde eine weitere überarbeitete Richtlinie „Stahlfaserbeton“ herausgegeben. Gegenüber der Ausgabe 2012 gab es zwei technische Änderungen: Zum einen wurden Regelungen zum Ansatz der Fasern bei Torsionsbeanspruchung aufgenommen, da hier mittlerweile eine ausreichende Datenbasis vorhanden ist. Zum anderen erfolgt die Berechnung der Rissbreite nun unter Ansatz des L1-Wertes (Nachrisszugfestigkeit im GZG) und nicht wie bisher unter Ansatz des L2-Wertes (Nachrisszugfestigkeit im GZT).

Anhang L der neuen EN 1992-1-1:2023 [68] enthält nun auch europäische Regelungen für die Bemessung von Bauteilen aus Stahlfaserbeton. Aus diesem Grund wird die Richtlinie Stahlfaserbeton derzeit erneut überarbeitet und als Nationaler Anhang zu EN 1992-1-1:2023 voraussichtlich im Jahr 2026 veröffentlicht.

3 Überarbeitung von EN 206-1 ab 2007

Bereits im Jahr 2007 wurde im CEN/TC 104 beschlossen, die EN 206-1 aus dem Jahr 2000 zu überarbeiten. Die Aktivitäten in CEN/TC 104/SC1 mündeten schließlich 6 Jahre später in einer Neuausgabe der EN 206 im Jahr 2013 (deutsche Ausgabe: DIN EN 206:2014-07 [69]). Gegenüber der Erstausgabe der EN 206-1 aus 2000 wurden folgende wesentliche Änderungen vorgenommen:

- Vervollständigung von Anwendungsregeln für Ausgangsstoffe durch die Veröffentlichung weiterer harmonisierter Produktnormen (z. B. EN 12620, EN 934, EN 13263 etc.)
- Aufhebung der Unterscheidung zwischen normal- und hochfestem Beton
- Aufnahme von Anwendungsregeln für Faserbeton und Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen

-
- Überarbeitung des k-Wert-Ansatzes für Flugasche und Silikastaub und Aufnahme von neuen Regeln für Hüttensandmehl
 - Einführung neuer Konzepte für die Betonleistungsfähigkeit in Bezug auf die Anwendung von Zusatzstoffen:
 - ➔ Konzept der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit
 - ➔ Konzept der gleichwertigen Leistungsfähigkeit von Zement-Zusatzstoff-Kombinationen
 - Überarbeitung der Konformitätsbewertung und Aufnahme neuer Konzepte für diese
 - Aufnahme von EN 206-9 „Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB)“
 - Aufnahme zusätzlicher Anforderungen an Beton für besondere geotechnische Arbeiten in einen neuen Anhang D (Spezialtiefbau)
 - Aufnahme der Änderungen EN 206-1/A1 und EN 206-1/A2
 - Normative Anhänge A bis D
 - Informative Anhänge F bis K

In der Folge der Herausgabe von DIN EN 206:2014-07 musste die DIN 1045-2, die zwischenzeitlich mit einem gegenüber der Ausgabe 2001 aktualisierten Stand 2008 veröffentlicht wurde [49], vollständig überarbeitet werden. Anlässlich der Sitzung des NABau-Arbeitsausschusses 005-07-02 AA „Betontechnik“ im DIN Deutsches Institut für Normung am 17. Dezember 2014 wurden die zum Entwurf der E DIN 1045-2:2014-08 eingegangenen Stellungnahmen beraten. Die Analyse der Stellungnahmen hatte gezeigt, dass die eingegangenen Kommentare zum Teil große Gegensätze aufwiesen. Aus den Einsprüchen ergab sich, dass das bisher formulierte, eher vereinheitlichende Normenkonzept für Beton auf Basis von EN 206-1/DIN 1045-2, an seine Grenzen stößt. Daher wurde dieser Normentwurf nicht weiterverfolgt.

Der Arbeitsausschuss „Betontechnik“ des NABau im DIN hatte sich daraufhin das Ziel gesetzt, in einem neuen durchgehenden Konzept umfassende und konsistente Festlegungen von bauteilspezifischen Anforderungen an Planung, Baustoffe, Ausführung und Qualitätssicherung zu entwickeln. Das war der Startpunkt für das neue BBQ-Konzept, das schließlich in den Jahren 2015 bis Mitte 2021 durch den DAfStb zunächst als Richtlinie ausgearbeitet und schließlich nach Übergabe an den

NABau im DIN in eine neue Normenreihe DIN 1045 mündete, die nach dem Durchlaufen des Einspruchverfahrens im August 2023 veröffentlicht wurde (siehe Abschnitt 4).

Für DIN EN 206:2014-07 existierte somit übergangsweise keine nationale Anwendungsregel. Die europäische Betonnorm war ohne diese deutsche Anwendungsregel nicht anwendbar. Insofern blieb zunächst bis zum Jahr 2023 der alte Regelungsstand DIN EN 206-1:2001-07 (einschl. der Änderungen) in Verbindung mit DIN 1045-2:2008-08 mit allen zugehörigen DAfStb-Richtlinien – auch bauaufsichtlich – weiter bestehen.

4 Neue Normenreihe DIN 1045 (Ausgabe August 2023)

4.1 Anlass

Ziel der Normung im Betonbau war es schon immer, die Basis für das Erreichen einer hohen Betonbauqualität zu schaffen. In den letzten Jahren ist dabei neben Sicherheit, Ökonomie und Ästhetik auch die Nachhaltigkeit in den Fokus gerückt. Nachhaltig Bauen bedeutet dabei, Massen zu reduzieren, natürliche Ressourcen zu schonen und CO₂-Emissionen zu reduzieren. Ein modernes technisches Regelwerk für den Betonbau muss es ermöglichen, alle Ziele mit der für den individuellen Einsatzzweck angepassten Betonbauqualität zu erreichen, auch mit innovativen Bindemitteln, Betonzusatzstoffen, Betonzusatzmitteln und rezyklierten Gesteinskörnungen. Die Betonfachwelt steht derzeit vor der Einführung eines Normenkonzepts, das den je nach Bauaufgabe individuellen Anforderungen an die Betonbauqualität und der modernen „sensibleren“ Betontechnologie gerecht wird. Umfasste die DIN 1045 Ausgabe 1972 noch alle Bereiche von der Planung über den Baustoff Beton bis zur Bauausführung, vollzog das derzeit noch geltende technische Regelwerk im Betonbau schon eine Trennung der Normenteile in die verschiedenen Prozesse Planung, Beton und Bauausführung. Diese Normenteile wurden in eigenständigen Ausschüssen erarbeitet, die mehr oder weniger ihr ureigenes Themenfeld im Fokus hatten. Außerdem gelten für alle Baumaßnahmen einheitliche Regelungen. Das neue Konzept ermöglicht dagegen eine Differenzierung hinsichtlich der Komplexität der Ingenieuraufgabe, der Betonherstellung und der Bauausführung. Dieses neue Konzept wurde in den Jahren von 2015 bis 2021 unter Federführung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) zunächst als sogenannte BBQ-Richtlinie erarbeitet. Im Sommer 2021 wurde der Richtlinienentwurf

des DAfStb mit dem Ziel an den NABau übergeben, die Inhalte in eine neue Generation der DIN 1045 zu überführen und so eine in sich geschlossene DIN 1045 für den gesamten Betonbau zu schaffen, die den Gedanken der Betonbauqualität vollständig umsetzt. Diese Normenreihe DIN 1045 setzt die europäischen Normen EN 1992, EN 206, EN 13670 sowie EN 13369 widerspruchsfrei um und ergänzt nationale Regelungen an den Stellen und für die Fälle, in denen die europäischen Normen die Notwendigkeit oder die Möglichkeit nationaler Regelungen zulassen.

4.2 Die Betonbauqualität hat Priorität für alle Baubeteiligten

Bisher wurden in Deutschland die Öffnungsklauseln in der europäischen Normung, in diesem Fall speziell der DIN EN 206-1:2001-07, großzügig genutzt, um im nationalen Anwendungsdokument, in diesem Fall der DIN 1045-2:2008-08, alle aus nationaler Sicht erforderlichen Festlegungen einzubringen, die für das Erreichen einer hohen Betonbauqualität erforderlich sind. Dieser Weg ist so nicht mehr möglich, da nach der Vereinbarung zwischen CEN und den Normungsorganisationen der Mitgliedsstaaten nationale Ergänzungen nur dort erlaubt sind, wo im europäischen Regelwerk „expressis verbis“ entsprechende Öffnungsklauseln vorhanden sind.

In der Folge konnte der Entwurf der DIN 1045-2:2014-08 als nationales Anwendungsdokument zur DIN EN 206:2014-07 Ende 2014 in dem zuständigen Normenausschuss NA 005-07-02 AA „Beton-technik“ nicht im Konsens verabschiedet werden (siehe auch Abschnitt 3).

Zwar reichten in vielen Fällen des allgemeinen Hochbaus die Regelungen der in der Zwischenzeit nochmals geringfügig infolge einer A2-Änderung überarbeiteten DIN EN 206:2021-06 [70] mit einer DIN 1045-2 aus, in der ausschließlich die zulässigen Öffnungsklauseln der EN 206 genutzt werden. Die bisherigen Normen differenzierten aber zum Beispiel nicht, ob es sich um ein Bürogebäude, ein Ein- oder Mehrfamilienhaus handelt oder ob ein komplexes Ingenieurbauwerk wie eine Brücke oder ein Wasserbauwerk zu errichten ist. Für die Herstellung eines herkömmlichen Betons der Festigkeitsklasse C20/25 in der Konsistenzklasse F4 galten daher bislang dieselben Regelwerke wie für einen hochfesten Beton der Festigkeitsklasse C80/95. Gleiches galt für die Bauausführung, wo auch nicht danach differenziert wird, ob eine einfache Wand in einem einfachen Wohngebäude oder ein Treppenhausturm im Gleitverfahren zu errichten ist.

Die zum Teil weitaus höheren Anforderungen bei komplexen Betonbauaufgaben können aber nur durch ein erweitertes Konzept zur Betonbauqualität über die gesamte Wertschöpfungskette von der Planung bis zur Ausführung erfüllt werden. Auch die Veränderungen in der Betontechnologie, die auf der einen Seite die Verarbeitbarkeit verbessern und die Einsatzbereiche von Beton erweitern, auf der anderen Seite aber auch die Betone empfindlicher für „Störeinflüsse“ machen, zwingen zu neuen Konzepten.

Es bestand daher im DAfStb Einigkeit darüber, dass das bisherige Normensystem aufgrund dieser Entwicklungen in der gesamten Betonbautechnik an seine Grenzen stößt.

Eine Aufteilung für Standardfälle und komplexere Fälle erschien nötig. Die komplexeren Fälle sind nicht nur für Ingenieurbauwerke relevant, so dass es als sinnvoll erachtet wurde, die Anforderungen nicht nur bauwerks- sondern auch bauteilspezifisch zu definieren. Die Unterscheidung des Anforderungsniveaus bzw. der Komplexität im Betonbau muss also erfolgen hinsichtlich:

- Bauwerk/Bauteil,
- Planung,
- Beton und
- Bauausführung

in Bezug auf:

- die technische Notwendigkeiten und
- die erforderliche Kommunikation.

4.3 Differenzierte Regelungen und Prozess übergreifende Kommunikation

Ziel des neuen Konzepts zur Betonbauqualität ist es, auf der Grundlage der bestehenden Anforderungen an die Bauwerkssicherheit je nach Bauwerkstyp und Randbedingungen Anforderungen und Maßnahmen zum Erreichen der erforderlichen Bauwerksqualität festzulegen, die in einem einfachen Klassifizierungssystem niedergelegt werden können. Die Klassifizierung von Qualitätsanforderungen muss dabei alle Bereiche des Betonbaus (Planung, Baustoff, Ausführung) abdecken. Der Planer soll

dabei mit dem Auftraggeber die Betonbauqualitätsklasse festlegen, wobei eine spätere Änderung nur mit gegenseitiger Abstimmung der damit einhergehenden Konsequenzen möglich ist. Die Klassensystematik gibt es zum Teil schon in erweiterter Form (z. B. in DIN EN 1990 „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung“), allerdings fehlte bisher eine sinnvolle Verknüpfung untereinander.

Die Sicherstellung der Betonbauqualität ist eine interdisziplinäre Aufgabe: bei der Normung, bei der Planung und bei der Bauausführung! Die Erarbeitung des neuen, alle Prozesse übergreifenden Konzepts konnte daher nur in Zusammenarbeit aller am Bauablauf Beteiligten (Planung – Herstellung – Ausführung – Überwachung) erfolgen, da insbesondere die Schnittstellen schon immer ein wesentliches Problem darstellten.

Für das konkrete Bauvorhaben bedeutet das, dass die Weichen nur dann richtig gestellt werden können, wenn Bauherren, Planer, Bauunternehmen und Baustoffhersteller frühzeitig zusammenarbeiten. Im neuen Konzept werden daher auch differenzierte Anforderungen an die Kommunikation gestellt. Für einige Bereiche existieren bereits Regelungen, die die Interaktion zwischen Planung, Betontechnik und Ausführung definieren wie zum Beispiel das Sichtbeton-Team im DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton [71]. Auch die DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton [17] sieht eine ständige Kommunikation während Planung und Bauausführung vor (siehe auch Abschnitt 2.5). Wird zum Beispiel bei der Ausführung ein Zement eingesetzt, der eine andere Hydratationswärmeentwicklung aufweist als der in der Planungsphase vorgesehene, kann sich dies erheblich auf die Zwangsspannungen und die dafür vorzusehende Rissbreiten begrenzende Mindestbewehrung auswirken.

An den Schnittstellen müssen sich die Beteiligten (spätestens nach der Vergabe) über die tatsächlich erforderlichen Frisch- und Festbetoneigenschaften verständigen. Zudem muss besonderes Augenmerk auf die Festlegungen zur Qualitätssicherung gelegt werden. Betone müssen eine hinreichende Ausführungsrobustheit gegenüber baustofflichen Eigenschaftsschwankungen und z. B. Witterungseinflüssen aufweisen.

Ein weiteres Ziel bei der Erarbeitung des Konzepts war es immer, die Regelungen nicht zu starr und nicht zu komplex werden zu lassen, um die breite praktische Anwendbarkeit und bauordnungsrechtliche Umsetzung zu ermöglichen.

In den zurückliegenden Jahren hat der DAfStb zunächst eine mehrteilige sogenannte BBQ-Richtlinie entwickelt. BBQ steht hier für „Beton Bau Qualität“. Diese Richtlinie mit dem Arbeitstitel „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Gesamtheitliche Regelungen für die Bemessung und Konstruktion, Beton und Ausführung (BBQ-Richtlinie)“ wurde im Zeitraum von 2015 bis 2021 in extra dafür eingerichteten Gremien des DAfStb vorbereitet.

Im Frühjahr 2020 fiel dann insbesondere auf Wunsch der fördernden Mitglieder im DAfStb die Entscheidung, diese Richtlinie in einen Entwurf zu einer neuen Normenreihe DIN 1045 zu überführen. Der DAfStb hatte hierzu als ersten Schritt Anfang 2020 beim DIN den Antrag eingereicht, eine neue Normengeneration der Reihe DIN 1045 auf Basis des Entwurfs der BBQ-Richtlinie zu erarbeiten. Der zuständige Fachbereich 07 „Beton- und Stahlbetonbau“ des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) nahm diesen Antrag im März 2020 an.

Im Sommer 2021 konnten dann die Manuskripte zur weiteren Bearbeitung an das DIN übergeben werden. Im Juli 2022 wurden der Fachöffentlichkeit Entwurfsfassungen der fünf Normenteile vorgelegt werden (Tabelle 7). Die Einspruchsfrist endete Mitte Oktober 2022. Alle Teile der neuen Normengeneration DIN 1045 konnten schließlich nach Abschluss des Einspruchsverfahrens mit Ausgabe August 2023 veröffentlicht werden. In den jeweiligen Normteilen werden die europäischen Normen und die nationalen Ergänzungen verwoben abgebildet, so dass alle für die Fachwelt relevanten technischen Inhalte in der deutschen Norm enthalten sind.

4.4 Klasseneinteilung nach DIN 1045-1000

Die neue DIN 1045-1000:2023-08 [61] stellt quasi das Rahmendokument dar, in dem das BBQ-Konzept, die Einteilung in die einzelnen Klassen und die notwendigen Kommunikationselemente dargelegt werden. Während in der Qualitätsklasse BBQ-N „normale Anforderungen“ das Handeln der Beteiligten auch ohne vertiefte Abstimmung untereinander i. d. R. zum Erfolg führt, werden in den höheren Qualitätsklassen BBQ-E und BBQ-S verbindliche Ausschreibungs- und Ausführungsgespräche unter Einbeziehung der maßgebenden Experten vorgeschrieben:

■ BBQ-N

Hierunter fallen Bauwerke mit normalen Anforderungen an Planung, Bauausführung, Baustoffe und Kommunikation. Die technischen Anforderungen: ergeben sich aus den Grundanforderun-

Tabelle 7: Gliederung der neuen DIN 1045:2023

Normenteil	Normen- haupttitel	Normentitel	Vorbereitet durch DAfStb-Gremium	Anmerkung
1	2	3	4	5
DIN 1045-1000 [61]	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton	Teil 1000: Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ)	AHG Koordinierung BBQ	Rahmennorm zur Einführung und anwendungsbezogenen Festlegung der BBQ-Klassen
DIN 1045-1 [72]		Teil 1: Bemessung und Konstruktion	AG Planungsklassen unter dem TA Bemessung und Konstruktion	BBQ-Ergänzung zu DIN EN 1992 in Verbindung mit Nationalen Anhängen ^{a)}
DIN 1045-2 [51]		Teil 2: Beton	AK Beton unter dem TA Betontechnik	Umsetzung der EN 206 in Deutschland
DIN 1045-3 [73]		Teil 3: Bauausführung	TA Bauausführung	Umsetzung der EN 13670 in Deutschland
DIN 1045-4		Teile 4: Betonfertigteile, unterteilt in Teil 4: Allgemeine Regeln [74] Teil 40: Regeln für Betonfertigteile, die keiner spezifischen EN entsprechen [75] Teil 41: Regeln für die Verwendung von Betonfertigteilen in baulichen Anlagen [76]	AG Betonfertigteile „DIN 1045-4“ unter dem TA Betonfertigteile	Teil 4: Umsetzung der EN 13339 in Deutschland

^{a)} Nach Überarbeitung der DIN EN 1992 sollen die Regelwerke zur Bemessung und Konstruktion in einer neuen DIN 1045-1 zusammengefügt werden.

gen der DIN EN 1992 inkl. DIN EN 1992/NA, DIN EN 206 inkl. DIN 1045-2, DIN EN 13670 inkl. DIN 1045-3 und DIN EN 13369 inkl. DIN 1045-4, Teile 1 bis 3.

Besondere Anforderungen an die Kommunikation werden hier nicht gestellt.

■ **BBQ-E**

Zu dieser Klasse zählen Bauwerke mit erhöhten Anforderungen an Planung, Bauausführung, Baustoffe und Kommunikation. Die technischen Anforderungen entsprechen denen der Klasse BBQ-N, werden aber ergänzt um zusätzliche Regelungen.

Bei der Kommunikation werden verbindliche Betonplanungsgespräche, Betonstartgespräche und Betonausführungsgespräche gefordert.

■ **BBQ-S**

Hier werden Bauwerke mit besonders festzulegenden Anforderungen an Planung, Bauausführung, Baustoffe und Kommunikation zugeordnet. Die technischen Anforderungen entsprechen denen der Klasse BBQ-E ergänzt um spezifische Festlegungen aus der „Leistungsbeschreibung“ (z. B. auch aus der ZTV-ING oder ZTV-W).

Bei der Kommunikation werden die Anforderungen der Klasse BBQ-E erweitert z. B. durch die Einschaltung eines übergeordneten Fachkoordinators.

Zur Ermittlung der oben genannten Betonbauqualitätsklassen (Tabelle 8) dienen Klassen, die die jeweiligen Anforderungen an Planung, Bauausführung und Baustoffe innerhalb der einzelnen Bereiche abbilden:

- drei Planungsklassen: PK-N / PK-E / PK-S,
- drei Betonklassen: BK-N / BK-E / BK-S,
- drei Bauausführungsklassen: AK-N / AK-E / AK-S.

Nach Tabelle 8 kann ein Bauwerk oder Bauteil nur in die Betonbauqualitätsklasse BBQ-N eingestuft werden, wenn Planungsklasse und Betonklasse und Ausführungsklasse „normal“ (= N) sind. Bei den Einstufungen PK-N und AK-N und BK-S ist das Bauteil/Bauwerk durch die „oder-Verknüpfung“ in die Betonbauqualitätsklasse BBQ-S einzustufen.

Tabelle 8: Zuordnung der Betonbauqualitätsklassen

Anforderungen	normal (N)	erhöht (E)	speziell festzulegen (S)
1	2	3	4
Planungs-, Beton- oder Ausführungsklasse	PK-N und BK-N und AK-N	PK-E oder BK-E oder AK-E	PK-S oder BK-S oder AK-S
Betonbauqualitätsklasse	BBQ-N	BBQ-E	BBQ-S

In DIN 1045-1000:2023-08 Tabelle 2 werden Anwendungsfälle und deren Zuordnung zu den 3 Klassen aufgeführt (Tabelle 9 bis 12).

Tabelle 9: Exemplarische Klassenzuordnung nach Anforderungen an die Nutzung [61]

Anwendung	PK	BK	AK	BBQ
1	2	3	4	5
Betonbauwerke mit besonderen Anforderungen hinsichtlich Nachhaltigkeit (insbesondere Klimaschutz, Ressourceneffizienz) und Bauen im Bestand, jeweils außerhalb der Regelungen der Normenreihe DIN 1045 oder außerhalb von bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweisen ^{a)}	S	S	S	S
Betonbauteile mit geplanter Nutzungsdauer nach technischer Spezifikation (für gewöhnliche Tragwerke von 50 Jahren, siehe DIN EN 1990 [77])	N	N	N	N
Betonbauteile mit geplanter Nutzungsdauer abweichend von einer technischen Spezifikation	S	S	S	S
Ingenieurbauwerke nach Regeln der öffentlichen Verkehrsträger	S	S	S	S
Sichtbetonklassen SB 2, SB 3 und SB 4 nach DBV/VDZ-Merkblatt Sichtbeton [71]	E	S	S	S

^{a)} Dieser Anwendungsfall beinhaltet nicht die bereits durch die Normenreihe DIN 1045 abgedeckten Maßnahmen zur Nachhaltigkeit im Betonbau, wie z. B. die Verwendung von Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung (Zeilen 37 bis 39), die Verwendung von klinkereffizienten Zementen nach DIN 1045-2:2023-08 oder eine ressourceneffiziente Planung [78].

Tabelle 10: Exemplarische Klassenzuordnung nach Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen [61]

Anwendung	PK	BK	AK	BBQ
1	2	3	4	5
Bauteile in Expositionsklasse X0	N	N	N	N
Innenbauteile in Expositionsklasse XC1	N	N	N	N
Bauteile in Expositionsklasse XC3 oder Außenbauteile in Expositionsklassen XC4 / XF1 / XA1 / XD1 / XS1 / XM1	N	N	N	N
Gründungsbauteile in den Expositionsklassen XC1 / XC2	N	N	N	N
Bauteile in Expositionsklassen XF2/XF3 (ohne künstliche Luftporen), XD2/XD3, XS2/XS3, XM2/XM3	N	N	E	E

Tabelle 11: Exemplarische Klassenzuordnung nach Betondruckfestigkeitsklassen [61]

Anwendung	PK	BK	AK	BBQ
1	2	3	4	5
Betone mit Druckfestigkeitsklasse $\leq C25/30$	N	N	N	N
Beton der Druckfestigkeitsklassen $\geq C30/37$ und $\leq C60/75$	N	N	E	E
Von 28 Tagen abweichendes Nachweisalter für die Druckfestigkeit des Betons	E	N	E	E

Im normativen Anhang A zu DIN 1045-1000:2023 werden die maßgebenden Elemente der Kommunikation im Rahmen der Qualitätssicherung für die Errichtung von Betonbauwerken an den Schnittstellen zwischen Planung, Betontechnik, Bauausführung sowie Fertigteilherstellung und Montage erläutert. Weiterführende Literatur zum BBQ-Ansatz ist in [79], [80] und [81] enthalten.

Tabelle 12: Exemplarische Klassenzuordnung für Bauteile und Bauwerke mit verschiedenen Anforderungen an die Bemessung, Konstruktion und Ausführung [61]

Anwendung	PK	BK	AK	BBQ
1	2	3	4	5
Befahrene Verkehrsflächen mit Instandhaltungsplan nach DIBt TR Instandhaltung von Betonbauwerken zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit (z. B. Parkdecks)	E	N	N	E
Massige Bauteile nach DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton	E	E	E	E
WU-Konstruktionen nach DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton nach Beanspruchungsklasse 1	E	N	E	E
WU-Konstruktionen nach DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton nach Beanspruchungsklasse 2	E	N	N	E

5 Ausblick auf die nächsten 20 Jahre

5.1 Klimaschutz und Ressourcenverbrauch

Der Bausektor wird von Politik und Öffentlichkeit als einer der größten Verbraucher von Ressourcen und als Verursacher hoher CO₂-Emissionen wahrgenommen und steht deshalb bereits seit längerem im Fokus von Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsdiskussionen. Zur Unterstützung der im „Grünen Deal“ der EU und im Klimaschutzgesetz (KSG) der Bundesrepublik vorgezeichneten ambitionierten Ziele hat der DAfStb eine Roadmap „Nachhaltig bauen mit Beton“ erarbeitet. Diese beinhaltet konkrete kurz- und mittelfristige Maßnahmen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele, aus denen dann weitere langfristig angelegte Vorhaben (Forschung, Richtlinien, Normung) entwickelt werden.

5.2 Nachhaltig bauen mit Beton – Roadmap des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) für einen klimagerechten und ressourceneffizienten Betonbau (2021)

Mit dem neuen Klimaschutzgesetz aus dem Jahr 2021 begegnet die Bundesregierung den besonderen Herausforderungen, die mit dem Klimawandel verbunden sind. Deutschland soll bis zum

Ende des Jahrzehnts seinen Treibhausgas-Ausstoß um 65 % gegenüber dem Jahr 1990 verringern. Für das Jahr 2040 gilt ein Minderungsziel von mindestens 88 %. Auf dem Weg dorthin sieht das Gesetz in den 2030er Jahren konkrete jährliche Minderungsziele vor. Bis 2045 soll die Treibhausgasneutralität erreicht sein. Diesem Ziel hat sich auch der DAfStb in seiner Roadmap verschrieben und richtet seine zukünftigen Projekte für den gesamten Betonbau danach aus.

Baustoffindustrie und Bauwirtschaft haben damit begonnen, jeweils für sich Lösungsansätze zu entwickeln, um die Inanspruchnahme von Ressourcen und die Mengen an emittierten Treibhausgasen in der eigenen Wertschöpfung zu reduzieren. Die Betonbauweise muss ihren Beitrag zur Reduzierung von Treibhausgas-Emissionen leisten, trägt die Zementherstellung – global betrachtet – doch mit rd. 6 bis 7 % zur anthropogen verursachten CO₂-Freisetzung bei. Dies hat z. B. der Verein Deutscher Zementwerke e. V. zum Anlass genommen, im November 2020 eine eigene Roadmap „Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien“ herauszugeben [82], was die Dringlichkeit unterstreicht.

Es gilt, die erforderlichen Schritte unverzüglich anzugehen, um agieren zu können und nicht später auf von anderen Stellen festgelegte Maßnahmen nur mehr reagieren zu müssen. Es geht um den Betonbau insgesamt. Die jetzt zu treffenden Maßnahmen werden für die nächsten Dekaden richtungsweisend sein. Somit handelt es sich unstrittig um eine Kernaufgabe des DAfStb und damit auch um ein Thema, dessen sich der DAfStb im Vorstand, in den Technischen Ausschüssen, Unterausschüssen und Arbeitsgruppen jetzt strategisch und mit der erforderlichen Priorität annehmen wird. Nur wenn es gelingt, in allen Teilen der Wertschöpfungskette und über den gesamten Lebenszyklus die Reduktionspotenziale für klimaschädliche Emissionen vollständig auszuschöpfen, kann das ambitionierte Gesamtziel erreicht werden. Dabei hilft auch das BBQ-Konzept der neuen Normenreihe DIN 1045:2023-08.

Die durch den DAfStb-Vorstand am 27. September 2021 anlässlich seiner 50. Sitzung verabschiedete Roadmap dient dazu, die genannten Zielsetzungen in einen nachhaltigen Betonbau zu integrieren und durch Forschungsaktivitäten und Regelwerksprojekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Betonbau in den kommenden Jahren umzusetzen. Im Folgenden werden einzelne Projekte der Roadmap vorgestellt, die derzeit prioritär im DAfStb behandelt werden. Die vollständige Roadmap kann unter <https://www.dafstb.de/nachhaltigkeit.html> heruntergeladen werden.

5.3 Maßnahmen des DAfStb zur Umsetzung der Roadmap

5.3.1 Technischer Ausschuss „Nachhaltig bauen mit Beton“ (2021)

Mit der Fokussierung auf das klimagerechte und ressourceneffiziente Bauen mit Beton will der DAfStb den Transformationsprozess und den Wandel zur Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 kontinuierlich begleiten und die hierfür erforderlichen Weichenstellungen veranlassen. Mit der Einrichtung und Konstituierung des Technischen Ausschusses „Nachhaltig bauen mit Beton (TA NBB)“ Ende 2021 unter der Leitung der Prof. Dr.-Ing. Michael Haist, Leibniz Universität Hannover, und Prof. Dr.-Ing. Christian Glock, Technische Universität Kaiserslautern, hat der DAfStb in seiner Arbeitsstruktur ein Gremium eingesetzt und mit Entscheidern aller interessierten Kreise im DAfStb besetzt, das die Roadmap fortschreiben und in einem ersten wesentlichen Schritt Benchmark-Größen entwickeln soll. Gleichzeitig sollen diese die Grundlage für die Umsetzung der ambitionierten CO₂-Minderungsziele im Betonbau bilden. Zudem werden im TA NBB Ideen für Verbundforschungsprojekte und Konzepte für die Regelwerksetzung entwickelt, die unter Einbeziehung der anderen Technischen Ausschüsse und Unterausschüsse umgesetzt werden.

5.3.2 Herausgabe einer Planungshilfe zum nachhaltigen Bauen mit Beton

Einer der bereits umgesetzten Meilensteine der Roadmap des DAfStb ist die 2021 herausgegebene Planungshilfe „Nachhaltig bauen mit Beton“ des DAfStb [78] für Bauwerke des üblichen Hochbaus (Wohnungsbauten, Verwaltungsgebäude, Veranstaltungsbauten, Einkaufszentren, Industriehallen etc.). Alle Maßnahmen der Planungshilfe richten sich an folgenden wesentlichen Zielen der Nachhaltigkeit aus:

- eine unverzügliche und drastische Reduzierung der CO₂-Emissionen als Maßnahme zum Klimaschutz,
- Vorsorge leisten für die bereits vorhandenen Folgen des Klimawandels,
- Ressourcenschonung und Materialoptimierung.

Die Planungshilfe dient Investoren, Bauherren, Planern, Ausführenden und Vertretern der Bauaufsicht für Entscheidungsprozesse beim nachhaltigen Bauen mit Beton. Sie zeigt auf, wie mit dem bereits vorhandenem Regelwerk im Betonbau nachhaltig geplant und gebaut werden kann und verdeutlicht Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen, ohne die planerische Flexibilität zu stark einzuschränken. Eine ressourcenschonende Optimierung bei der Betonbauweise kann z. B. unter verschiedenen (vergleichsweise einfachen) Aspekten erfolgen:

- Eine statische Optimierung der Bauwerke oder Bauteile aus Stahlbeton mit einfachen, geradlinigen Lastpfaden ohne Umwege durch widersprüchliche Planungsprozesse oder Umplanung führt zu Material- und Gewichtseinsparungen (weniger Beton, weniger Bewehrung). Generell sollte materialgerecht konstruiert werden. Überdrückte Massivbaustrukturen reagieren dabei auf die Bauwerkslast deutlich resilienter und sind entsprechend dauerhafter als Bauwerksteile unter Zug- oder Lastwechselbeanspruchung. Beton in Querschnittsbereichen ohne Funktion sollte ausgespart werden.
- Bei Betonbauwerken kann eine herstellungstechnische Optimierung zu weniger Abfall und einer kürzeren Produktionszeit genutzt werden (z. B. Herstellung möglichst vieler gleicher Bauteilquerschnitte oder Optimierung von Einzelkomponenten des Bauwerkes).
- Eine Optimierung der Betonzusammensetzung führt zur Reduzierung der CO₂-Emissionen ohne Verlust an Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit, so dass in der Regel keine Beschichtungen erforderlich sind sowie reinigungs- und wartungsarme Oberflächen entstehen. Sofern regional verfügbar, können Zemente mit reduziertem Gehalt an Portlandzementklinker (z. B. CEM II- oder CEM III-Zemente) einen deutlichen Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen leisten.

In dem BMBF-Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“ des DAfStb aus den Jahren 2005 bis 2009 wurde unter anderem festgestellt, dass im Geschossbau die Ökobilanz der gesamten Tragstruktur im Wesentlichen durch eine geschickte Planung der Geschossdecken verbessert werden kann [83]. Dabei hat die verbaute Betonmenge einen größeren Einfluss auf die Ökobilanz als die Festigkeitsklasse des Betons. Um eine optimale Abtragung der Lasten sicherzustellen,

sollten alle tragenden Elemente übereinanderliegen. Durch diese Maßnahme können Beton- und Betonstahlmengen reduziert werden.

Die Planungshilfe wurde als erste konkrete Maßnahme zeitgleich zur Roadmap veröffentlicht. Bei Bedarf bietet der DAfStb Seminare oder Vorträge zur Planungshilfe an.

5.3.4 Überarbeitung der Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton (GrunaBau)

Als Kerndokument für die Strukturierung und Priorisierung der weiteren DAfStb-Projekte dienen die bereits in einem weit entwickelten Gelbdruckentwurf aus 2014 vorliegenden Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton (GrunaBau, [84]), in denen die 3 Säulen der Nachhaltigkeit für den Betonbau spezifiziert werden. Analog zu den Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen (GRUSIBAU, [85]), die die Grundlagen der Sicherheitsanforderungen für den Betonbau festlegt (Vorläufer von EN 1990), stellt die GrunaBau anhand der europäischen Normen des CEN/TC 350 die wesentlichen Grundvorgaben für das nachhaltige, ressourceneffiziente und klimaschonende Bauen mit Beton zusammen. Diese werden durch Hinweise konkretisiert, die als Hilfestellung bei der Planung und zur Ausarbeitung von weitergehenden Anwendungsregeln, z. B. in Form von Richtlinien oder Normen, genutzt werden können.

Zukünftige Betonnormen und Richtlinien werden stets unter Einbeziehung der GrunaBau als Strukturierungsinstrument hinsichtlich ihres Beitrages zum nachhaltigen Bauen mit Beton betrachtet. Die Veröffentlichung der überarbeiteten GrunaBau wird im Laufe des Jahres 2024 erwartet.

5.3.5 DAfStb-Richtlinie „Dauerhaftigkeit nach dem System der Expositionswiderstandsklassen des neuen EC 2 in Verbindung mit Performanceprüfungen“

Betonzusammensetzungen müssen dahingehend optimiert werden, dass sie nachhaltig, d. h. mit einem möglichst geringen „CO₂-Rucksack“ ausgestattet, und gleichzeitig dauerhaft sind, damit die Bauwerke über die geplante Nutzungsdauer den physikalischen (z. B. durch Frost) und chemischen (z. B. durch Tausalze und betonangreifende Stoffe) Einwirkungen ausreichend lange widerstehen.

Hier stößt die bisherige Herangehensweise, die Dauerhaftigkeit von Beton mit einfachen Parametern der Betonzusammensetzung wie Zementart, Wasserzementwert, Mindestdruckfestigkeitsklasse oder Mindestzementgehalt zu beschreiben, an ihre Grenzen, da mit ökologisch optimierten Zementen oder industriell hergestellten Gesteinskörnungen anstelle von natürlichen Gesteinskörnungen wie Kies oder Sand keine langfristigen Erfahrungen vorliegen.

Alternativwege, bei denen die Leistungsfähigkeit von Beton über eine sogenannte Lebensdauerbemessung in Verbindung mit dem Performance-Prinzip, das heißt über geeignete Prüfungen, erfasst wird, sind zwar für einige Bauwerkseinwirkungen bereits recht weit entwickelt, es fehlt aber an der Einordnung der Ergebnisse in den bisherigen, auf deskriptiven Anforderungen fußenden, praktischen Erfahrungsschatz. Darüber hinaus gibt es auch zu bereits existierenden Prüfverfahren Vorbehalte, da ihre Ergebnisse nicht immer mit den Praxiserfahrungen übereinstimmen.

Performancebasierte Ansätze, mit denen neue (z. B. ressourcenschonendere) oder bereits vorhandene Betonzusammensetzungen hinsichtlich ihrer Dauerhaftigkeit zielsicher beurteilt und optimiert werden können, sollen der Praxis durch das System der Expositionswiderstandsklassen in der neuen EN 1992-1-1:2023-06 [68] an die Hand gegeben werden [87]. Um das Vorhaben möglichst schnell in Deutschland umzusetzen, enthält die Roadmap des DAfStb ein entsprechendes Richtlinienprojekt [86], für das es bereits ein in dem zuständigen Unterausschuss „Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken“ verabschiedetes Konzept gibt.

5.3.6 Neue Normenreihe DIN 1045:2023

Ohne eine schnittstellenübergreifende Kommunikation und Festlegung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten zwischen Objektplaner, Tragwerkplaner und TGA-Planer kann nachhaltiges Bauen mit Beton nicht gelingen. Daher wurde in DIN 1045-1000:2023-08 [61] der Anwendungsfall „Betonbauwerke mit besonderen Anforderungen hinsichtlich Nachhaltigkeit (insbesondere Klimaschutz, Ressourceneffizienz)“ integriert und in die BBQ-S-Klasse „Bauwerke mit besonders festzulegenden Anforderungen an Planung, Baustoffe und Bauausführung und Kommunikation“ eingestuft (siehe Abschnitt 4.4, Tabelle 9). In einem ersten Schritt kann z. B. die Planungshilfe (siehe Abschnitt 5.3.2) vereinbart werden.

6 Die zukünftige Rolle des Betoningenieurs im Betonbau

Die in diesem Beitrag dargelegte wachsende Komplexität in der Betontechnologie, vereint mit den jüngsten Herausforderungen zur Umsetzung der Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele, bedingen Kernkompetenzen, die bereits heute im Berufsbild und Aufgabenspektrum des Betoningenieurs angelegt sind und entsprechend weiterentwickelt werden müssen. Die fachlichen Kompetenzen des Betoningenieurs werden absehbar in der Zukunft an Bedeutung gewinnen, sein Verantwortungsbe-
reich wird sich deutlich erweitern. Dies lässt sich besonders anschaulich anhand des BBQ-Konzeptes in DIN 1045-1000:2023-08 aufzeigen. Zur Erfassung der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bereichen „Planung“, „Betontechnik“ und „Bauausführung“ müssen schnittstellenübergreifende Maßnahmen festgelegt werden, die entsprechende Kenntnisse in der Betonbautechnik voraussetzen. Hierzu gehören insbesondere:

- vertiefte Kenntnisse in Bemessung und Konstruktion und Bauverfahren;
- vertiefte Kenntnisse zur Beurteilung der Standsicherheit (einschl. Brandschutz, Bauphysik und gegebenenfalls Verkehrssicherheit) und Gebrauchstauglichkeit;
- Kenntnisse über die Technischen Baubestimmungen und die Grundanforderungen an Bauwerke und Bauteile und die daraus resultierenden Anforderungen an Baustoffe und Systeme;
- nachweislich vertiefte Kenntnisse und Erfahrung in der Betontechnik und in der Herstellung von und dem Bau mit Betonfertigteilen sowie in der Bauausführung und der Qualitätssicherung;
- vertiefte Kenntnisse zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen;
- bei Fertigteilen vertiefte Kenntnisse der Werkplanung und der Herstellung.

In fast allen Bereichen bringt der Betoningenieur mindestens Grundkenntnisse, in der Regel auch die geforderten vertieften Kenntnisse mit und verstärkt somit das Team der so genannten „Fachkundigen Personen“ im BBQ-Planungsprozess nach DIN 1045-1000:2023 für BBQ-E und BBQ-S. Damit wird der Betoningenieur ein unverzichtbares Bindeglied in der QS-Kette des Betonbaus.

Literatur

- [1] Meyer, H. G.: Grundkonzept der neuen europäischen Betonnorm – In: Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN EN 12620, Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft Nr. 526, 2. überarbeitete Auflage 2011, Berlin Beuth.
- [2] DIN EN 206-1:2001-07, Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000
- [3] DIN 1045-2:2001-07, Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [4] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010
- [5] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [6] DIN 1045-1:2001-07, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion.
- [7] DIN-Fachbericht 100:2001, Beton – Zusammenstellung von DIN EN 206-1 Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität und DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 (1. Auflage 2001).
- [8] DIN-Fachbericht 100:2005, Beton – Zusammenstellung von DIN EN 206-1 Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität und DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1 (2. Auflage 2005).
- [9] DIN 1045-3:2001-07, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung.
- [10] DAfStb Richtlinie Belastungsversuche an Betonbauwerken, Erstausgabe 2000-09.
- [11] DAfStb Richtlinie Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie), Ausgabe 2001-05.
- [12] DAfStb Richtlinie Selbstverdichtender Beton, Erstausgabe 2001-06.
- [13] DAfStb Richtlinie Instandsetzung von Betonbauteilen, Ausgabe 2001-10.
- [14] DAfStb Richtlinie Wasserundurchlässige Bauteile aus Beton, Erstausgabe 2003-11.
- [15] DAfStb Richtlinie Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen, Ausgabe 2004-12.
- [16] DAfStb Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Ausgabe 2004-10.

-
- [17] DAfStb Richtlinie Massige Bauteile aus Beton, Erstausgabe 2005-03.
 - [18] DAfStb Richtlinie Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel, Erstausgabe 2005-06.
 - [19] DAfStb Richtlinie Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel, Erstausgabe 2006-05.
 - [20] DAfStb Richtlinie Stahlfaserbeton, Erstausgabe 2010-03.
 - [21] DAfStb Richtlinie Qualität der Bewehrung – Ergänzende Festlegungen zur Weiterverarbeitung von Betonstahl und zum Einbau der Bewehrung, Ausgabe 2010-10.
 - [22] DAfStb Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung, Ausgabe 2012-03
 - [23] DAfStb Richtlinie Wärmebehandlung von Beton, Ausgabe 2012-11.
 - [24] DAfStb Richtlinie Anforderungen an Ausgangsstoffe zur Herstellung von Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2, Ausgabe 2019-08 (vollständig aufgenommen in DIN 1045-2:2023-08).
 - [25] DAfStb Richtlinie Bestimmung der Freisetzung umweltrelevanter Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen in der dynamischen Oberflächenauslaugprüfung, Erstausgabe 2005-05.
 - [26] DAfStb Richtlinie Verwendung von siliziumreicher Flugasche und Kesselsand in Betonbauteilen in Kontakt mit Boden, Grundwasser oder Niederschlag, Erstausgabe 2020-06.
 - [27] DAfStb Richtlinie Betondecken und -dächer aus Fertigteilhohlplatten, Ausgabe 2023-01
 - [28] DAfStb Richtlinie Bestimmung des Kegelsetzfließmaßes und der Kegelauslaufzeit von selbstverdichtendem Beton mittels Auslaufkegel (Auslaufkegelprüfung), Ausgabe 2023-01.
 - [29] DAfStb Richtlinie Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton, Entwurf Ausgabe 2023-08.
 - [30] DAfStb Richtlinie Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung, Ausgabe 2024-01
 - [31] DAfStb Richtlinie Prüfverfahren im Betonbau – Prüfungen für die Instandhaltung – Verfahren zur Prüfung von Produkten und Systemen für den Oberflächenschutz – Teil 1: Bestimmung des Verschleißwiderstandes von Oberflächenschutzsystemen mit dem Parking Abrasion Test (PAT), Entwurf Ausgabe 2024-01.
 - [32] Ozawa, K.; Kunishima, M.; Maekawa, K.: Development of High Performance Concrete Based on the Durability Design of Concrete Structures, Proceedings of the Second East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-2), Vol. 1, pp. 445-450, January 1989.
 - [33] State-of-the-Art Report „Self Compacting Concrete“: In: RILEM Publications (Report No. 23, France), 1 Vol., 2001, 166 pages, edited by Å. Skarendahl and Ö. Petersson.
 - [34] RILEM Proceedings „Self-Compacting Concrete“: In: 1st International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, edited by Å. Skarendahl and Ö. Petersson, Published by RILEM Publications S.A.R.L., 1999, 804 pages.
 - [35] Bährle, P. M.; Mayer, R.: Visionen in Beton. In: Beton-Informationen Spezial, Ausgabe (3) 2002.

-
- [36] Höppner, M.; Malcherek, J.: Entwicklung eines Selbstverdichtenden Betons für das Science Center Wolfsburg und Umsetzung in die Transportbetonpraxis. In: Beton-Informationen Spezial, Ausgabe (3) 2002.
 - [37] Berger-Böcker, T.; Blobner, A.: Selbstverdichtender Transportbeton. In: beton 51 (2001), H. 9, S. 492/494.
 - [38] Brameshuber, W.; Krüger, Th.; Uebachs, St.: Selbstverdichtender Beton im Transportbetonwerk. In: beton 51 (2001), H. 10, Seite 546-550.
 - [39] DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton, Änderungen und Ergänzungen zu DIN 1045-1:2001-07, DIN EN 206 1:2001-07 und DIN 1045-2:2001-07, DIN 1045-3:2001-07, Ausgabe 2003-11.
 - [40] DIN EN 206-9:2010-09, Beton – Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB), Deutsche Fassung EN 206-9:2010
 - [41] König, G.; Holschemacher K.; Dehn, F.: Selbstverdichtender Beton. Berlin. Bauwerk-Verlag. In: Beiträge zur 1. Leipziger Fachtagung „Innovationen im Bauwesen“ am 29./30.11.2001 in Leipzig.
 - [42] DIN 18195-2:2000-08, Bauwerksabdichtungen – Teil 2: Stoffe.
 - [43] Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft Nr. 555, 2006, Berlin Beuth.
 - [44] Alfes, C., Fingerloos, F., Flohrer, C.: Hinweise und Erläuterungen zur Neuausgabe der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“. In: Beton-Kalender 2018, Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2018, S. 174 – 226.
 - [45] Bosold, D.: Die überarbeitete DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ – die wichtigsten Änderungen – In: Newsletter Technik 2018, Engineering & Innovation der HeidelbergCement AG.
 - [46] Breit, W.; Burgmann, S.; Wiens, U.: Neuerungen bei wiedergewonnenen und rezyklierten Gesteinskörnungen in DIN 1045-2:2023-08 – Ein Beitrag zur Ressourcenschonung – In: beton 2024 (Veröffentlichung in Planung).
 - [47] Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2020 – Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020. <https://kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-13.pdf> (Zugriff 2023-04-01).
 - [48] DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, Ausgabe 2010-09.
 - [49] DIN 1045-2:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1.
 - [50] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Beton mit rezykliertem Zuschlag; Teil 1: Betontechnik; Teil 2: Betonzuschlag aus Betonsplitt und Betonbrechsand“. Ausgabe August 1998, Beuth Verlag, Berlin.
 - [51] DIN 1045-2:2023-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton.
 - [52] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100; Teil 1: Anforderungen an den Beton für die Bemessung nach DIN 1045-1“. Ausgabe Dezember 2004, Beuth Verlag, Berlin.

-
- [53] DIN EN 12620-2008-08, Gesteinskörnungen für Beton.
- [54] Schlussberichte zum BMBF-Verbundforschungsvorhaben R-Beton – Ressourcenschonender Beton – Werkstoff der nächsten Generation, Schwerpunkte 1 bis 3. Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), Hefte 639, 640 und 641, 2022, Beuth Verlag, Berlin.
- [55] DIN 4226-101:2017-08 Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 – Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen.
- [56] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“. Ausgabe Oktober 2013, Beuth Verlag, Berlin.
- [57] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierter Gesteinskörnung nach DIN EN 12620“. Berichtigung 1, Ausgabe September 2019, Beuth Verlag, Berlin.
- [58] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Baudurchführung, Ausgabe 2022/10.
- [59] Westendarp, A.; Wiens, U.: DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton – Inhalt und Hintergründe – In: beton 7-8 (2005), S. 342ff.
- [60] DIN 1045:1988-07, Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung.
- [61] DIN 1045-1000:2023-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1000: Grundlagen und Betonbauqualitätsklassen (BBQ).
- [62] Alfes, Chr.; Wiens, U.: Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie – Möglichkeiten und Herausforderungen – In: beton 4 (2010), S. 128-135.
- [63] DIN 1045-1:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion.
- [64] DIN 1045-3:2008-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung.
- [65] Alfes, C.: Qualitätssicherung von Stahlfaserbeton im Transportbetonwerk. BWI – Betonwerk International, Heft Nr. 6, Dezember 2006, S. 212-218.
- [66] Alfes, C.; Sigrist, V.: Einfluss der Betondruckfestigkeit auf die Leistungsfähigkeit von Stahlfaserbeton – In: beton 3 (2006), S. 82-87.
- [67] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein (DBV): Merkblatt „Stahlfaserbeton“, Berlin, 2001.
- [68] EN 1992-1-1:2023-06, Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures.
- [69] DIN EN 206:2014-07, Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013.
- [70] DIN EN 206:2021-06, Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A2:2021.

-
- [71] DBV/VDZ-Merkblatt „Sichtbeton“, Ausgabe Juni 2015.
- [72] DIN 1045-1:2023-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton— Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion
- [73] DIN 1045-3:2023-08, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton— Teil 3: Bauausführung
- [74] DIN 1045-4, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton— Teil 4: Betonfertigteile— Allgemeine Regeln
- [75] DIN 1045-40, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton— Teil 40: Regeln für Betonfertigteile, die keiner spezifischen Norm entsprechen.
- [76] DIN 1045-41, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton— Teil 41: Anforderungen für die Verwendung von Betonfertigteilen in baulichen Anlagen.
- [77] DIN EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.
- [78] Wiens, U.: Nachhaltig bauen mit Beton – Planungshilfe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb). Beton- und Stahlbetonbau 117 (2021), H. 1, S. 58-65.
- [79] Wiens, U.: Konzept zur Sicherstellung der Betonbauqualität – Geplante DAfStb-Richtlinie „BetonBauQualität (BBQ)“. In: beton 11/2018, S. 424ff.
- [80] Breitenbücher, R.: BBQ – Neue Richtlinie für definierte Betonbauqualitäten soll die Schwäche der bisherigen Einheitsnorm ausgleichen. In: Der Prüfenieur Mai 2018, S. 68ff.
- [81] Fingerloos, F.; Meyer, L.; Breitenbücher, R.: Die BBQ-Richtlinie des DAfStb – Best Practice für die Qualitätskette im Betonbau. Beton- und Stahlbetonbau 114 (2019), Heft 11, S. 857ff.
- [82] Verein Deutscher Zementwerke e. V. (2020). Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien [online]. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e. V.. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie_Dekarbonisierung_von_Zement_und_Beton.pdf. [Zugriff am: 16. Februar 2024].
- [83] Graubner, C.-A. et al.: Der Stadtbaustein im DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“ – Dossier zu Nachhaltigkeitsuntersuchungen [Schlussbericht zum TP A im Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“]. Berlin: Beuth Verlag, erschienen in: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Nr. 588 (2014).
- [84] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (07/2014): Grundsätze des nachhaltigen Bauens mit Beton. Gelbdruck, unveröffentlicht.
- [85] Deutsches Institut für Normung e. V. (1981) Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen GruSiBau. Berlin: Beuth Verlag.
- [86] DAfStb-Richtlinie Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken nach dem System der Expositionswiderstandsklassen (ERC-Richtlinie), in Vorbereitung.

-
- [87] Wiens, U.: Dauerhaftigkeit von Betonbauteilen nach dem Performance-Prinzip in: Gutes Klima für die Zukunft. Dekarbonisierung als wichtiger Schlüssel zum nachhaltigen Bauen mit Beton – Tagungsband des 18. Symposium „Baustoffe und Bauwerkserhaltung“ am Karlsruher Institut für Technologie, 10. März 2022, S. 23 ff. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000141938/147828456>. [Zugriff am: 16. Februar 2024].
- [88] Helm, Monika: Stahlfaserbetone in der Praxis – Herstellung, Verarbeitung, Überwachung. Verlag Bau+Technik, Erkrath 2013



Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens bei einem Vortrag auf dem KIT-Symposium 2016, einer gemeinsamen Veranstaltung von VDB, KIT und IZB.

Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens ist seit Februar 2005 Mitglied des VDB.

Er studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen mit der Vertiefungsrichtung „Konstruktiver Ingenieurbau“. Von 1991 bis 2000 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) mit den Arbeitsschwerpunkten Reaktionsmechanismen von puzzolanischen Zusatzstoffen im Beton sowie Auswirkungen der Verwendung von Puzzolanen auf die Dauerhaftigkeit von Beton. Im August 1996 übernahm er die Leitung der Arbeitsgruppe „Bindemittel und Beton“ im ibac. Von Januar 2001 bis September 2009 war Udo Wiens Leiter der Geschäftsstelle des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton im DIN e.V. Seit der Verselbständigung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zum DAfStb e.V. im Oktober 2009 hat Udo Wiens die Geschäftsführung des Vereins inne. 2005 verlieh ihm der Deutsche Beton- und Bautechnik Verein in Würdigung seiner wissenschaftlichen Leistungen für seine Dissertation „Zur Wirkung von Steinkohlenflugasche auf die chloridinduzierte Korrosion von Stahl in Beton“ den Rüsck-Forschungspreis. Seit 2011 ist Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens Lehrbeauftragter für Umweltverträglichkeit von Baustoffen an der RPTU in Kaiserslautern.

VDB

**Der Aufgabenwandel beim Betoningenieur:
Von herkömmlichen Dauerhaftigkeitsregeln zur
ingenieurmäßigen Bemessung auf Lebensdauer**



Beim Zentralgebäude des BMW-Werks in Leipzig nach einem Entwurf von Zaha Hadid kam ein selbstverdichtender Beton zum Einsatz. Der dunkelgraue Sichtbeton gibt der Bürolandschaft einen gedämpften Grundton. Foto: BetonBild / Guido Erbring

Der Aufgabenwandel beim Betoningenieur: Von herkömmlichen Dauerhaftigkeitsregeln zur ingenieurmäßigen Bemessung auf Lebensdauer

Von Harald S. Müller, Karlsruhe

1 Einführung und Überblick

Heute ist die Betrachtung des Lebenszyklus von Betonkonstruktionen ein gleichermaßen wichtiger wie selbstverständlicher Bestandteil der Planung, sowohl beim Neubau als auch beim Bauen im Bestand, insbesondere bei großen und teuren Bauvorhaben der Verkehrsinfrastruktur. Gründe sind die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit, die ohne geeignete Analysen bei Betrachtung der Nutzungs- bzw. Lebensdauer weder zutreffend erfasst noch gewährleistet werden können. Dieser heutige Stand ist das Ergebnis von etwa einem Jahrhundert Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Betontechnologie bzw. der Dauerhaftigkeit von Beton. Dabei waren der Erkenntnisgewinn und seine Anwendung in der Praxis anfänglich sehr überschaubar.

Auch wenn sich die Wissenschaft schon seit dem beginnenden 20. Jahrhundert mit der Dauerhaftigkeit von Beton beschäftigte, fand dies bis Ende der 1950er Jahre kaum Widerhall in der Betonnormung und damit in der Praxis. So ist noch in der Fassung der DIN 1045 aus dem Jahr 1959 der Begriff der Dauerhaftigkeit nicht zu finden. Die Mindestmaße der Betonüberdeckung richteten sich weniger am Korrosionsschutz der Bewehrung aus, sondern mehr an der sicheren Übertragung der Kräfte zwischen Bewehrung und Beton. Betontechnologen befassten sich fast nur damit, Betone zu entwerfen, die alle Anforderungen an die Druckfestigkeit und evtl. die Wasserundurchlässigkeit erfüllten. Zum Schutz vor chemischen oder mechanischen Angriffen dienten Verkleidungen oder Beläge. Aufgrund der bis dahin rein empirischen Ansätze entstanden Betonzusammensetzungen „auf der sicheren Seite“ mit hohen Zementgehalten und niedrigen Wasserzementwerten, die sich daher meist auch als dauerhaft erwiesen.

Die Weiterentwicklung des Wissens der Betontechnologen führte später zu wirtschaftlicheren Betonzusammensetzungen mit allerdings geringeren Reserven. Schutzverkleidungen wurden als

kostenträchtig vermieden und neue Bauverfahren forderten weichere Konsistenzen. Die Dauerhaftigkeit entwickelte sich damit zu einer Eigenschaft, die Betontechnologen getrennt zu betrachten hatten. In der 1972 erschienenen DIN 1045 wird dann auch erstmals eine ausreichende Betondeckung als Korrosionsschutz für die Bewehrung gefordert und eine Beschränkung der Rissbreite zur Sicherung der Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Stahlbetonteile. Neben konstruktiven Anforderungen an die Tragwerksplanung wird hier auch der Betontechnologe gefordert: Die Betonüberdeckung muss nicht nur ausreichend dick sein, sondern auch ausreichend dicht; sie muss zudem chemischen und mechanischen Angriffen widerstehen. Auch für die Begrenzung der Rissbreite ist die Betonzusammensetzung maßgebend.

Mit dem Aufkommen des Nachhaltigkeitsgedankens wird die Dauerhaftigkeit von Bauwerken und Bauteilen nicht nur unter ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet. Emissionen und die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen sind umso geringer, je länger die Lebensdauer eines Bauwerks ist. Die Bemessung auf Lebensdauer ist damit für Tragwerksplaner und Betontechnologen eine der zentralen Zukunftsaufgaben geworden. Bei dieser Bemessung werden analog zu einer statisch-konstruktiven Bemessung Einwirkungen und Widerstände zueinander in Beziehung gesetzt. Die Einwirkungen sind Umweltbedingungen bzw. Expositionen. Die Widerstände bilden teils konstruktive Anforderungen, insbesondere aber die Materialeigenschaften des Betons.

Bei einer solchen Vorgehensweise ist die Berücksichtigung von Versagenswahrscheinlichkeiten unverzichtbar. Nur hierdurch gelingt eine ingenieurmäßige Bemessung, wie sie von der Tragwerksplanung bereits bekannt ist. Dabei ermöglichen die angewendeten wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden in Verbindung mit der Beschreibung des Betonverhaltens mittels Degradationsmodellen die Lösung komplexer praktischer Probleme. So kann z. B. eine bestimmte Lebens-/Nutzungsdauer vorgegeben werden, woraus dann die entsprechenden Anforderungen an die Betoneigenschaften berechnet werden können. Ebenso lassen sich die Ergebnisse eines Korrosionsmonitorings quantitativ berücksichtigen oder Inspektionsintervalle berechnen.

Der dadurch gegebene, umfassende Planungsansatz hat sich erst seit Anfang der 2000er Jahre allmählich herausgebildet [1]. Dabei kamen weder die Grundgedanken noch die Initiativen zur Lebenszyklusanalyse aus Deutschland. Vielmehr waren es insbesondere skandinavische Länder, die schon früh die Bedeutung des Lebenszyklusmanagements als wesentliches Werkzeug für wirtschaftliches

und nachhaltiges Bauen erkannt haben. Bei dieser Entwicklung bot das 1953 gegründete Comité Européen du Béton (CEB) eine ideale Plattform, um jenseits der nationalen Regelungen neue Bemessungsrichtlinien im Betonbau aus der anfänglich europaweiten und später weltweiten Kooperation von Ingenieuren und Wissenschaftlern zu erarbeiten.

Die zunächst vom CEB und ab 1998 von seiner Nachfolgeorganisation fib (Fédération Internationale du Béton) herausgegebenen Model Codes waren entscheidende Meilensteine innovativer Entwicklungen bei der Planung und Bemessung von Betonkonstruktionen. Diese Model Codes repräsentieren gewissermaßen übergeordnete wissenschaftlich basierte Richtlinien, die gleichermaßen Grundlage und Richtschnur für nationale Normen in praktisch allen Ländern dieser Welt bilden. Für die EU-Staaten und einige weitere Länder werden die rechtsverbindlichen Normen vom CEN (Comité Européen de Normalisation) herausgegeben. Dabei orientieren sich die Gremien des CEN bei der Erarbeitung von Betonnormen eng an den Inhalten des Model Codes.

Es ist das Ziel dieses Beitrags, in einer kurzen Gesamtschau die Entwicklungen bei der Bemessung von Betonbauteilen im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit in den letzten Jahrzehnten aufzuzeigen. Dabei wird deutlich, dass die Entwicklung von den ursprünglich einfachen Regeln eines deskriptiven Ansatzes hin zu modernen probabilistischen Ansätzen für die heutigen Lebenszyklusbetrachtungen ausschlaggebend war.

2 Entwicklung des Kenntnisstands zur Dauerhaftigkeit von Beton

Mit der zunehmenden Verwendung von Beton und Stahlbeton in der Praxis um 1900 rückten in Bezug auf seine Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit drei Einwirkungen bzw. Prozesse in den Mittelpunkt der wissenschaftlichen Aufmerksamkeit. Dabei handelt es sich um den Einfluss der natürlichen Witterung, insbesondere den Frost und die durch ihn hervorgerufene Schädigung, den chemischen Angriff vorwiegend durch Säuren, die in der Industrie auftraten, und die durch Karbonatisierung ausgelöste Korrosion der Stahlbewehrung von Betonbauteilen.

Insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg begannen systematische Untersuchungen zur Erhöhung der Frostbeständigkeit von Betonen. Ebenfalls in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden

die Forschungsarbeiten zum chemischen Angriff auf Beton intensiviert. Dabei wurden die Auswirkungen von Industriedämpfen, saurem Regen und anderen chemischen Belastungen auf Betonstrukturen genauer untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse zum chemischen Angriff und zur Widerstandsfähigkeit von Beton gegenüber Frost fanden ihren Niederschlag in entsprechenden Richtlinien des Betonbaus.

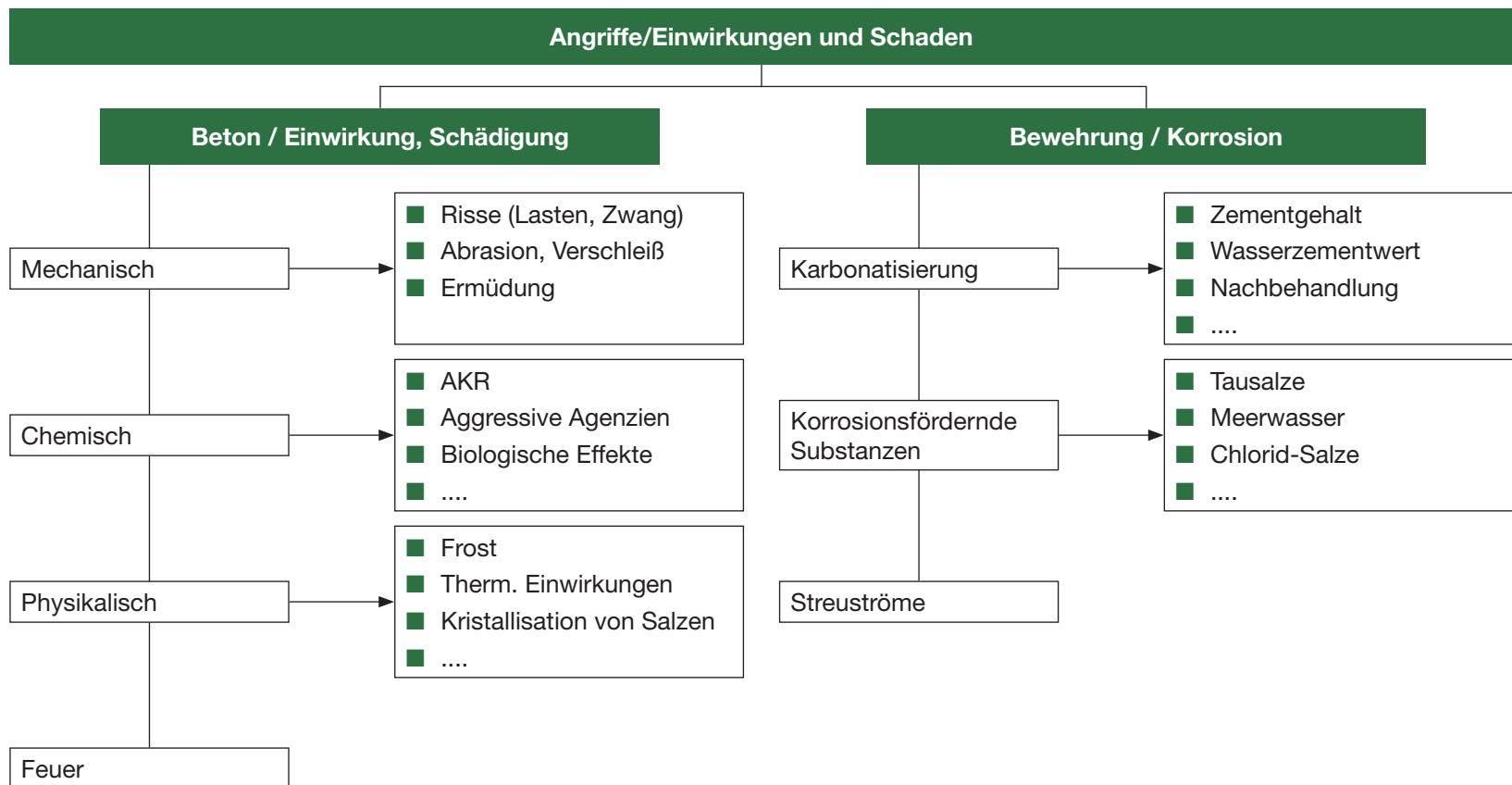


Bild 1: Strukturierung der Degradationsprozesse im Betonbau, erarbeitet in den Gremien des Comité Européen du Béton (CEB) in den 1970er bis 1980er Jahren

Ein tieferes Verständnis für die Auswirkungen der Karbonatisierung, insbesondere in Bezug auf die Korrosion der Bewehrung, wurde erst in den 1950er und 1960er Jahren entwickelt. Man erkannte, dass der durch die Karbonatisierung verursachte Abfall des pH-Werts die schützende Passivschicht des Bewehrungsstahls beeinträchtigt und die Wahrscheinlichkeit von Korrosion erhöht. Aber erst in den 1980er Jahren war der Wissensstand so weit fortgeschritten, dass durch eine signifikante Erhöhung der in der Norm vorgegebenen Mindestbetondeckung die Depassivierung der Bewehrung und damit eine Korrosion während der Nutzungsdauer eines Betonbauwerks sicher ausgeschlossen werden konnte.

Ebenfalls erst etwa in den 1970er bis 1980er Jahren tauchten in den Gremien des CEB Diagramme analog zu Bild 1 auf. Es war gelungen, die verschiedenen Degradationsprozesse klar zu strukturieren, also zwischen der Korrosion von Beton aufgrund verschiedener Angriffe und der Korrosion der Bewehrung mit der Folge von Betonschäden zu unterscheiden. Der damalige Kenntnisstand ist im 1982 erschienenen CEB Bulletin d'Information N° 148 zusammengefasst [2]. Dieser Sachstandsbericht bildete einen wesentlichen Meilenstein auf dem Weg zur ingenieurmäßigen Bemessung auf Dauerhaftigkeit.

Die weitere Entwicklung markieren das 1989 erschienene CEB-Bulletin N° 182 mit dem Titel „Design Guide for Durable Concrete Structures“ und schließlich das 1997 veröffentlichte CEB-Bulletin N° 238, welches den Titel „New Approach for Durability Design“ trägt. In dieser Veröffentlichung wird für die karbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion erstmals der Ansatz für eine vollprobabilistische Dauerhaftigkeitsbemessung aufgezeigt.

3 Degradationsmodelle für Beton

Bis gegen Ende des 20. Jahrhunderts wurden die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Dauerhaftigkeit von Beton fast ausschließlich in verbaler Form oder mithilfe von Tabellen in normative Angaben überführt. Dies änderte sich grundlegend mit der Veröffentlichung des CEB-FIP Model Code 1990 [3]. Darin wurden erstmals in einer Richtlinie physikalisch begründete Ansätze zur Beschreibung der Dauerhaftigkeit von Beton und Betonbauwerken eingeführt. Basierend auf Modellen (Formeln) für die Transportmechanismen Permeation, Diffusion und kapillares Saugen war es z. B. möglich, für

einen bestimmten Beton die Karbonatisierungstiefe in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen und Betonalter oder den Fortschritt der Chloridpenetration in einem Konstruktionsbeton quantitativ abzuschätzen.

Konzepte für eine durchgängig ingenieurmäßige Bemessung der Dauerhaftigkeit waren zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht entwickelt worden. Aber in den betreffenden Arbeitsgruppen des CEB wurde bereits diskutiert, dass auch für die Dauerhaftigkeit von Beton ein probabilistisches Bemessungskonzept entwickelt werden muss, analog zu jenem, welches der statisch-konstruktiven Bemessung zugrunde liegt. Ein solches Konzept ist in seinen wesentlichen Grundzügen erstmals im oben erwähnten CEB-Bulletin N° 238 umrissen worden.

Es war den damaligen Mitgliedern der Arbeitsgruppen klar, dass das ehrgeizige Entwicklungsziel einer probabilistischen Dauerhaftigkeitsbemessung aus verschiedenen Gründen ein sehr schwieriges Unterfangen darstellte. So sind einerseits die notwendigen mathematisch physikalischen Degradationsmodelle sehr komplex und weiterer Forschungsbedarf war angezeigt. Andererseits gehen in diese Modelle eine große Anzahl von Einflussparametern ein, die hinsichtlich ihrer statistischen Merkmale zu quantifizieren waren. Dies konnte nur mit einem sehr aufwändigen experimentellen Untersuchungsprogramm bewerkstelligt werden. Vor diesem Hintergrund bildeten sich Forschungsverbünde aus Wissenschaftlern verschiedener Nationen, die im Rahmen der Forschungsprogramme der Europäischen Union (EU) eine finanzielle Förderung für die entwickelte Verbundforschung erhalten haben, siehe z. B. [4]. Damit wurde der Grundstein für die Herleitung geeigneter Degradationsmodelle und die Entwicklung probabilistischer Konzepte für eine Bemessung auf Lebensdauer gelegt.

Die Ergebnisse dieser koordinierten Forschungsarbeiten, die durch verschiedene weitere wissenschaftliche Untersuchungen ergänzt wurden, führten schließlich zur Veröffentlichung des fib Model Code for Service Life Design [5]. Die darin vorgestellten Ansätze wurden anschließend für den fib Model Code 2010 übernommen [6]. Diesen Model Code zeichnet auch aus, dass die Nachhaltigkeit und die Robustheit bei der statisch-konstruktiven Bemessung eine wichtige Rolle spielen. Allerdings fand dies keinen angemessenen Niederschlag in Bezug auf die Betrachtung des Werkstoffs Beton, da in diesem Code der Anhang D „Concrete Technology“ des Model Codes von 1990 nicht fortgeschrieben wurde.

Zusammenfassend kann für die vorangehend beschriebene Entwicklung festgestellt werden, dass der CEB-FIP Model Code 1990 [3] gleichermaßen den Anstoß wie die ausschlaggebende Grundlage bildete.

4 Prinzip und Methodik der Bemessung auf Lebensdauer

Bei der Bemessung auf Lebensdauer werden analog zu einer statisch-konstruktiven Bemessung Einwirkungen (E) und Widerstände (R) zueinander in Beziehung gesetzt. Die Einwirkungen sind Umweltbedingungen bzw. Expositionen, die in Klassen eingeteilt sind. Die Widerstände bilden teils konstruktive Anforderungen, insbesondere aber die Materialeigenschaften. Sie werden entweder durch betontechnologische Parameter (z. B. Wasserzementwert, Zementgehalt) und konstruktive Mindestanforderungen oder entsprechende Materialkennwerte (z. B. Diffusionskoeffizient) beschrieben.

Die beiden unterschiedlichen Grundkonzepte für die Bemessung auf Lebensdauer sind in Bild 2 am Beispiel der karbonatisierungsinduzierten Korrosion der Stahlbewehrung veranschaulicht. Das konventionelle bzw. deskriptive Konzept, wie es zumeist in Richtlinien verwendet wird (z. B. DIN 1045-2), unterstellt, dass bei Einhaltung von Mindest- bzw. Höchstwerten für den Wasserzementwert, die Betonfestigkeit, den Zementgehalt und die Betondeckung eine ausreichende Dauerhaftigkeit des Bauwerks über 50 Jahre gewährleistet ist (Bild 2, links). Die Wahl der Grenzwerte der Betonzusammensetzung beruht auf den Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen in Verbindung mit langjähriger Erfahrung zum Verhalten von Betonkonstruktionen in der Praxis. Im Englischen wird dieses Konzept wegen der bestehenden Unsicherheit zutreffend als „deemed to satisfy“ (= als erfüllt erachtet) charakterisiert.

Einwirkung und Widerstand werden bei der Anwendung des deskriptiven Konzepts im Falle eines allgemeinen Angriffes nur qualitativ angegeben. Daher ist dem entwerfenden Ingenieur nicht bekannt, wie groß der Sicherheitsabstand, also die Differenz ($R - E$) tatsächlich ist. Auch ist es ihm nicht möglich quantitativ abzuschätzen, wie die eingehenden Parameter zu ändern sind, wenn ein Bauwerk z. B. nur 20 Jahre oder aber 150 Jahre genutzt werden soll.

Im Gegensatz dazu ermöglicht das Performance-Konzept, oft auch probabilistischer Ansatz genannt (Bild 2, rechts), eine quantitative Vorhersage der sich mit der Zeit ändernden Dauerhaftigkeit. Ver-

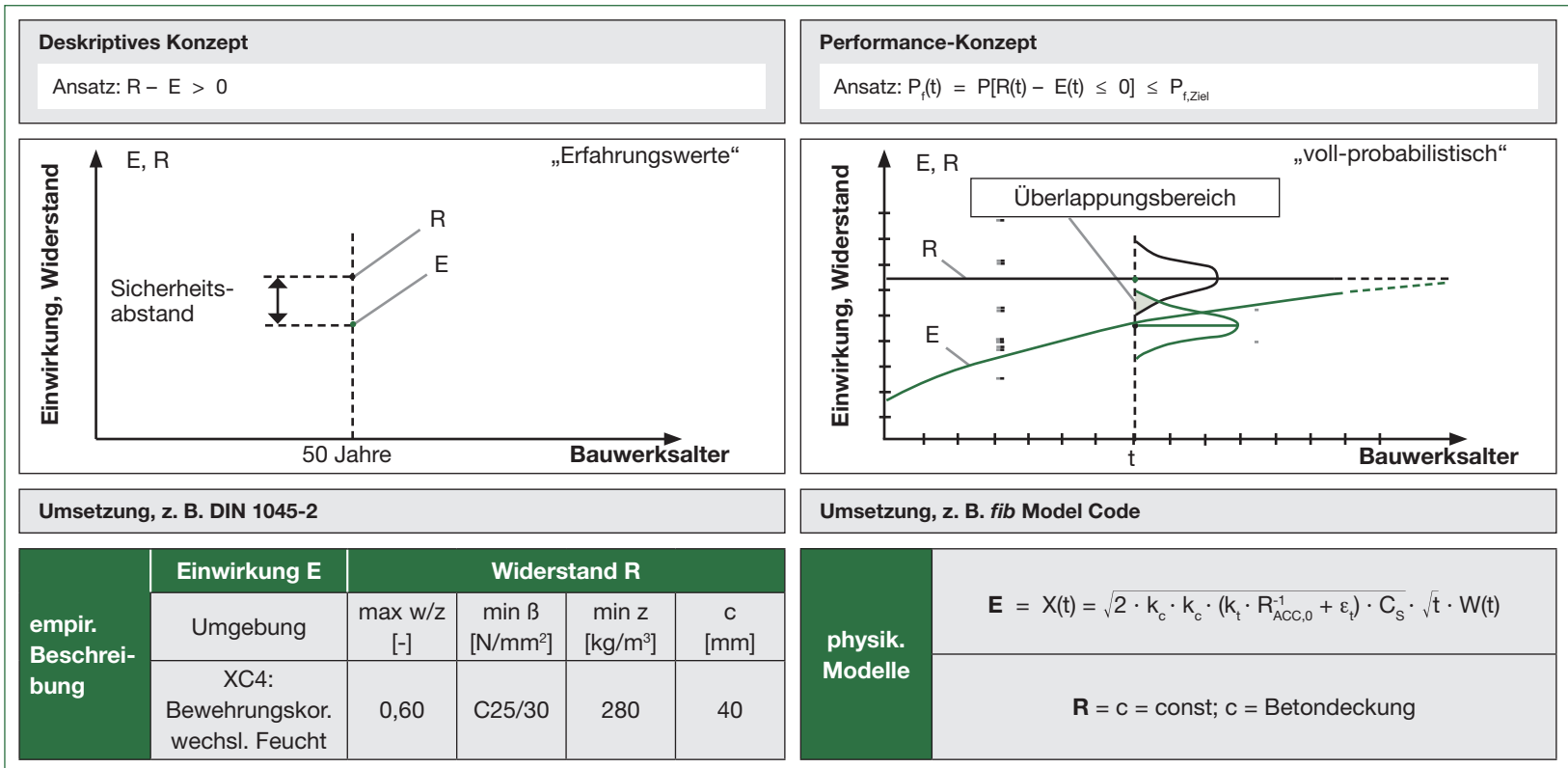


Bild 2: Gegenüberstellung der deskriptiven und der voll-probabilistischen Bemessung auf Dauerhaftigkeit für die karbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion

deutlicht wird dies auch dadurch, dass im Diagramm die Achsen Einwirkung/Widerstand und Bauwerksalter skalierbar sind. Einwirkungen und Widerstände werden im Allgemeinen durch Zeitfunktionen beschrieben. Für das gewählte Beispiel der karbonatisierungsinduzierten Bewehrungskorrosion beschreibt die Einwirkungsfunktion den Fortschritt der Karbonatisierung mit der Zeit. Die Widerstandsfunktion ist hier zeitkonstant, weil sie die Betondeckung wiedergibt.

Ein ganz wesentliches Merkmal des Performance-Konzepts besteht darin, dass für die Einwirkungs- und die Widerstandsfunktion die jeweiligen Streuungen (siehe die eingezeichneten Verteilungsfunktionen in Bild 2, rechts) berücksichtigt werden müssen. Mit zunehmender Zeit kommt es zu einer

wachsenden Überlappung der Streukurven und damit zu einer zunehmenden Versagens- bzw. Korrosionswahrscheinlichkeit P_f .

Bei einer Bemessung werden die angestrebte Lebensdauer (t_L -Wert) und die zu diesem Zeitpunkt zulässige Versagenswahrscheinlichkeit aus Richtlinien entnommen oder vom Eigentümer des Bauwerks festgelegt. Die Kurven für die Einwirkung und den Widerstand können entsprechend verschoben bzw. so bemessen werden, dass der gewünschte Grenzzustand, d. h. die gewünschte Kombination aus Lebensdauer und Versagenswahrscheinlichkeit, exakt erfüllt wird.

Im Entwurfsprozess in der Praxis werden die Werte der Versagenswahrscheinlichkeit $P_f(t)$ in Zuverlässigkeitsindizes $\beta(t)$ umgerechnet, was lediglich eine mathematische Operation darstellt. Je größer die Versagenswahrscheinlichkeit bzw. der Überlappungsbereich (= Ausmaß der Korrosion) nach Bild 2 ist, desto kleiner ist die Zuverlässigkeit, d. h. die $\beta(t)$ -Funktion nimmt mit der Zeit monoton ab. In [1] sind zwei Beispiele für solche Kurvenverläufe dargestellt.

Eine voll-probabilistische Lebensdauerbemessung erfordert sowohl eine vollständige funktionale Beschreibung der Einwirkung und des Widerstands für einen betrachteten dauerhaftigkeitsrelevanten Prozess als auch eine spezielle statistische Software. Dabei müssen detaillierte Daten über den verwendeten Beton und die Streumaße für die eingehenden Parameter (siehe E-Funktion in Bild 2, rechts unten), d. h. die Art der Verteilungsfunktion, Mittelwert und Standardabweichung, bekannt bzw. hinterlegt sein. Eine solche Bemessung muss von sachkundigen Planern durchgeführt werden und wird heute vor allem bei herausragenden Bauwerken von volkswirtschaftlicher Dimension, z. B. großen Brücken, Tunneln oder Dämmen, angewendet.

Unter dem Blickwinkel der Methodik und der erforderlichen Eingangsparameter repräsentieren die beiden in Bild 2 einander gegenübergestellten Konzepte zwei Extremfälle der Bemessung auf Dauerhaftigkeit. Die für eine voll-probabilistische Lebensdauerbemessung notwendigen Informationen stehen bis heute lediglich für die karbonatisierungs- und chloridinduzierte Bewehrungskorrosion zur Verfügung [6, 7]. Für alle anderen in Bild 1 aufgeführten Prozesse existieren im Wesentlichen nur deskriptive Bemessungskonzepte, die auf Erkenntnissen aus wissenschaftlichen Untersuchungen und Erfahrungen basieren. Zwischen diesen beiden Konzepten können verschiedene Zwischenstufen angesiedelt werden, an deren Entwicklung zurzeit intensiv gearbeitet wird (siehe nachfolgendes Kapitel).

5 Weitere Entwicklungen und Ausblick

Bereits heute zeichnet sich ab, dass das deskriptive Konzept in nationalen und internationalen Richtlinien (Bild 1, links) durch erweiterte Konzepte, basierend auf Teilsicherheitsbeiwerten, ggf. ergänzt durch Performance-Tests, abgelöst wird. Dem entwerfenden Ingenieur werden Bemessungstabellen oder -diagramme zur Verfügung stehen, die auf einfache Weise eine ingenieurmäßige Bemessung auf Dauerhaftigkeit ermöglichen.

Im fib Model Code 2020 [7], der derzeit als finaler Entwurf vorliegt, wird die gesamte Bemessung auf Dauerhaftigkeit durch die Einführung von sogenannten Dauerhaftigkeitsspezifikationen strukturiert und in vier Näherungsstufen (Levels of Approximation, LoA) angegeben. Dabei entspricht die Stufe LoA 1 dem bekannten deskriptiven Konzept und die Stufe LoA 4 dem Performance-Konzept gemäß Bild 2.

Bei der Dauerhaftigkeitsspezifikation gemäß Stufe LoA 2 wird der Beton anhand sogenannter Leistungsanforderungen (Materialkennwerte) spezifiziert, z. B. durch den Karbonatisierungs- oder den Chlorideindringwiderstand, die an Probekörpern und teils auch direkt auf der Baustelle gemessen werden. Die dabei einzuhaltenden Grenzwerte hängen von der jeweiligen Exposition bzw. der maßgebenden Expositionsklasse ab. Bei der Stufe LoA 3 werden semiprobabilistische Modelle angewandt, die auf charakteristischen Werten der Betoneigenschaften und partiellen Sicherheitsfaktoren basieren. Die Grenzwerte werden nicht aus Tabellen in Abhängigkeit von den Expositionsklassen ermittelt, sondern durch Berechnung mit Hilfe von Vorhersagemodellen, bei denen die Zeit ein expliziter Parameter ist [8].

Die Dauerhaftigkeitsspezifikation LoA 4 konnte, wie oben erwähnt, bisher nur für die karbonatisierungs- und chloridinduzierte Bewehrungskorrosion vollständig entwickelt und bereitgestellt werden [6, 7]. Für die anderen dauerhaftigkeitsrelevanten Prozesse (siehe Bild 1) existieren lediglich Spezifikationen entsprechend den Niveaus LoA 1 oder LoA 2 [8]. Der Entwurf des fib Model Code 2020 enthält zusätzlich eine Tabelle, in der die verschiedenen LoAs mit Informationen über die zugehörigen Modelle, Tests, eingehende Parameter und die Qualitätskontrolle verknüpft sind. Angesichts der Komplexität der verschiedenen Degradationsprozesse wird es wohl noch Jahrzehnte dauern, bis für alle dauerhaftigkeitsrelevanten Betoneigenschaften voll-probabilistische Vorhersagemodelle entwickelt worden sind.

Abschließend sei im Rückblick noch einmal festgestellt, dass bei der Entwicklung der Dauerhaftigkeitsbemessung die International Federation for Structural Concrete (fib) eine herausragende Vorreiterrolle eingenommen hat. Vergleichbares ist auch weltweit gesehen in keiner anderen technisch-wissenschaftlichen Organisation im Bereich des Betonbaus erarbeitet worden. Aktuell vollzieht sich im fib bezüglich der Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens in die Bemessungspraxis eine ähnliche Entwicklung. So ist im fib Model Code 2020 erstmalig in einer Richtlinie ein Ansatz zu finden, mit dessen Hilfe eine ingenieurmäßige Bemessung auf Nachhaltigkeit möglich ist. Auch dies wird eine neue Aufgabe des Betoningenieurs werden.

Literatur

- [1] Müller, H. S., Vogel, M.: Lebenszyklusmanagement im Betonbau. beton (2008), H. 5
- [2] CEB Bulletin d'Information N° 148: Durability of Concrete Structures, State-of-the-Art-Report. Comité Euro-International du Béton, Lausanne, 1982
- [3] CEB-FIP Model Code 1990 – Design Code. Committee Euro-International du Béton, Thomas Telford Services Ltd., London, 1993
- [4] The European Union - Brite EuRam III: Modelling of Degradation. DuraCrete: Probabilistic Performance based Durability Design of Concrete Structures, Contract BRPR-CT95-0132, Project BE95-1347, Document BE95-1347/R4-5, December 1998
- [5] Model Code for Service Life Design. fib Bulletin 34, Fédération International du Béton (fib), Lausanne, 2006
- [6] fib Model Code for Concrete Structures 2010. International Federation for Structural Concrete (fib), Wiley c/o Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2013
- [7] fib Model Code for Concrete Structures 2020, 2nd Draft. International Federation for Structural Concrete (fib), Lausanne, 2022
- [8] Müller, H. S., Boumaaza, M.: Modeling concrete properties: New approaches in MC2020. Structural Concrete (24), 2023, H. 4



Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller
umrahmt (re) von Eckhard Bohlmann,
Leiter der Regionalgruppe Baden-
Württemberg, und (li) von Ronald
Wittmer-Braun, Leiter der Regional-
gruppe Rheinland-Pfalz/Saarland
bei einer gemeinsamen Veranstaltung
des KIT und des VDB im Jahr 2017.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller ist seit Januar 1993 Mitglied des VDB.

Nach dem Studium der Physik und des Bauingenieurwesens an der Universität Karlsruhe war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter, später Lehrstuhlassistent und nach der Promotion ab 1986 als Oberingenieur am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie der Universität Karlsruhe tätig. Von 1989 bis 1995 arbeitete er an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin, zuletzt als Direktor und Professor. 1995 wurde Harald Müller zum Ordinarius für Baustoffe und Betonbau an die Universität Karlsruhe (das spätere Karlsruher Institut für Technologie (KIT)) berufen. Dort leitete er bis zum Eintritt in den Ruhestand 2017 auch das Institut für Massivbau und Baustofftechnologie und als Direktor die angeschlossene Amtliche Materialprüfungsanstalt. Harald Müller ist Ehrenmitglied des American Concrete Institutes (ACI) sowie Ehrenpräsident der International Federation for Structural Concrete (fib). Darüber hinaus war er Gründungspartner und Mitinhaber eines Ingenieurbüros mit Hauptsitz in Karlsruhe, wo er bis heute als Senior Expert und vereidigter Sachverständiger tätig ist.

Der VDB der Zukunft



Der 3D-Druck mit Beton ist eines der großen Zukunftsthemen im Betonbau. 2023 baute die Krausgruppe im Baufeld 5 der Konversionsfläche Campbell Heidelberg das mit einer Länge von 54 m und einer Höhe von 9 m derzeit größte 3D-gedruckte Gebäude Europas. Der Entwurf für dieses IT-Serverhotel entstand bei Mense-Korte ingenieure+architekten und SSV Architekten. Foto: Heidelberg Materials AG/Christian Buck

Der VDB der Zukunft

Von Matthias M. Middel, Hagen, und Stefan Kordts, Münster

Die Baubranche steht vor einem Wandel mit großen Herausforderungen. Dies betrifft nicht nur die Bau- und Baustoffindustrie in Deutschland, sondern auch die in Europa und der Welt. Die vielgenannten Randbedingungen, die ein Neudenken erfordern, sind in den aktuellen Schlagworten unserer Zeit zusammengefasst: „Dekarbonisierung“, „Ressourcenschonung“ und „Energieverwendung“. Zum gesellschaftlichen Konsens gehört jedoch auch, dass weiterhin ein lebensnotwendiger Bedarf an „Wohnraum“, „Mobilität“ und „Infrastruktur“ besteht. Der Einsatz von Beton ist hier unter technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten unentbehrlich.

Bewährte Techniken in der Betonbauweise sowie stetige Weiterentwicklungen unseres „6-Stoff-Systems Beton“ haben es uns ermöglicht, weit spannende Brücken, höchste Türme und massive Bauwerke in einem großen Bereich von Druckfestigkeiten, Erhärtungsgeschwindigkeiten und Konsistenzen zu errichten. Grundlage hierfür sind vielfältige Ausgangsstoffe mit unterschiedlichsten Leistungsmerkmalen, die zum einen direkt produziert, abgebaut oder aus anderen Industrien und Stoffkreisläufen gewonnen und aufbereitet werden. Insbesondere sind für den letzten Punkt die Hüttensande aus der Stahlindustrie und die Flugaschen aus der Steinkohlenverstromung zu nennen, die aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung bei eigener Leistungsfähigkeit idealer Partner des Portlandzementklinkers in der Zement- und Betontechnologie sind.

Durch die gesellschaftspolitischen Vorgaben und die industriepolitischen Notwendigkeiten zur Reduzierung der Erderwärmung sind große Transformationen notwendig. So werden neue Technologien erforscht und bereits erprobt, wie z. B. Stahl mit Wasserstoff herzustellen oder alternativ Energien zu gewinnen und einzusetzen. In dieser Folge stehen die bisher genutzten Hüttensande und Steinkohlenflugaschen in Zukunft nicht mehr in den erforderlichen Mengen zur Verfügung. Bei der Zementklinkerproduktion ist die Besonderheit zu beachten, dass durch die notwendige Entsäuerung des Kalksteins beim Brennprozess ein Großteil der CO₂-Emission entsteht, der nicht verringert werden kann. Daher ist es hier die Aufgabe, weiterhin den thermischen Prozess zu optimieren, neue Abscheide- und Lagerformen für das CO₂ zu entwickeln und als schnellste umsetzbare Maßnahme

den Klinkerfaktor im Zement zu reduzieren. Da jedoch die reaktiven Zementhauptbestandteile und Betonzusatzstoffe zusehends fehlen, ist zum einen auf weitere vorhandene inerte Hauptbestandteile wie z. B. Kalksteinmehl zurückzugreifen und sind zum anderen neuartige puzzolanische oder latent-hydraulische Bindemittel zu entwickeln. Weiterhin sind aus Gründen der Ressourcenschonung alternative und hier so bewusst genannte „Zuschlagsstoffe“ für die Betonherstellung verfügbar zu machen. Dies können wiedergewonnene oder rezyklierte Gesteinskörnungen oder Stoffe sein, die momentan noch nicht in der Diskussion oder Vorstellung der Technologinnen und Technologen sind. Der wesentliche Baustein, diese neuen Ausgangsstoffe in Betonsystemen unter allen klimatischen Randbedingungen beherrschbar zu machen, wird die Technologie der Zusatzmittel sein.

Die in Zukunft so nicht mehr erreichbaren Eigenschaften der Ausgangsstoffe und Betone wie z. B. langsame Erhärtungsgeschwindigkeit oder niedrige Hydratationswärmeentwicklung müssen durch zusätzliche Maßnahmen in der Ausführung und neue Bauverfahren kompensiert werden. Auch führt der Fachkräftemangel besonders im Bereich der Ausführung zur Notwendigkeit, die Automatisierung der Betonverwendung weiter voranzutreiben. Das Drucken von Bauteilen und Bauwerken mit Beton ist ein gutes Beispiel hierfür. Dies wird jedoch erst durch neue Techniken und darauf abgestimmte Baustoffsysteme möglich.

Nicht zu vergessen ist, dass ein wesentlicher Schlüssel zum Erreichen der Klimavorgaben in der Planung und Bemessung der Bauwerke liegt. Hier gilt es ein Optimum von Ressourcenverbrauch und Leistungsfähigkeit der Baustoffe für den jeweiligen Anwendungsfall zu finden. Vereinfacht geht es um die Frage, ob vor dem Hintergrund der Funktion des Bauteils und der Verfügbarkeit von Baustoffen reduzierte Bauteilgeometrien mit sehr leistungsfähigen Baustoffen oder größere Bauteilquerschnitte mit Baustoffen geringerer Leistungsfähigkeit zum besten Ergebnis in der Gesamtbetrachtung führen. Dies erfordert eine enge Abstimmung zwischen den Planerinnen und Planern auf der einen Seite und den Baustofftechnologinnen und Baustofftechnologen auf der anderen Seite.

Abschließend sind die neuen Ausgangsstoffe, Betone, Bemessungsansätze und Produktionsverfahren durch moderne, verständliche und funktionale Regelwerke und Normen abzusichern, um leistungsfähige Bauprodukte zur Verfügung zu stellen und sichere Bauwerke zu errichten. So sind die Eigenschaften der neuen Baustoffe und Baustoffsysteme durch die bewährten Prüfverfahren zu erfassen und ggf. diese weiterzuentwickeln oder sogar neue Wege der Übergabe- und Annahme-

prüfungen zu finden, um sowohl technologische als auch vertragsrechtliche Aspekte bei der Anwendung zu regeln.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass die Bauaufgaben komplexer, individueller und technologischer werden. Dies gilt insbesondere für die Betontechnologie. Provokant gesagt: „Mit den besten Ausgangsstoffen nur einfache Betone herzustellen“, wird nicht mehr funktionieren. Jedoch stecken gerade in diesen Transformationsprozessen große Chancen für die Betontechnologinnen und Betontechnologen. Es werden immer stärker vertieftes Wissen, neuartige Prüfverfahren ggf. in Verbindung mit Softwarelösungen, die Anwendung künstlicher Intelligenz und moderne Produktionseinrichtungen gefordert. Die vorstehenden Herausforderungen und Aufgaben verlangen gut ausgebildete Betontechnologinnen und Betontechnologen, die sich an den unterschiedlichsten Stellen der Verwendungskette Beton von den Ausgangsstoffen bis zum fertigen Bauteil mit den aufgeworfenen Fragestellungen befassen und Lösungen erarbeiten, um den Bedarf an Wohnraum, Infrastruktur und Produktion vor dem Hintergrund der Klimaneutralität und der Ressourcenschonung nachhaltig zu decken.

Der Verband Deutscher Betoningenieure VDB hat sich seit der Gründung im Jahr 1974 in den letzten 50 Jahren mit seinen satzungsgemäßen Aufgaben als Plattform des Wissenstransfers und des persönlichen Austauschs zwischen den Betontechnologinnen und Betontechnologen in unterschiedlichen Funktionen etabliert. Es wurden professionelle Strukturen geschaffen, um den Vereinszweck zu erfüllen sowie das Vereinsleben zu organisieren und zu verwalten. Regelmäßige Regionalfachtagungen und Bundesveranstaltungen bieten umfangreiche Möglichkeiten für die Weiterbildung und das persönliche Gespräch. Generationen von Normen zur Betonherstellung einschließlich der notwendigen Ausgangsstoffe, zur Betonanwendung und zur Betonprüfung wurden im VDB diskutiert, gespiegelt, weiterentwickelt, verbessert und kommuniziert.

Mit den regelmäßig erscheinenden VDB-Informationen und VDB-Reports sowie mit nützlichen Arbeitsvorlagen und Vordrucken werden den Mitgliedern umfassende Informationen zu Veranstaltungen, neuen Entwicklungen und Tendenzen in der Betontechnologie und in der Normung bereitgestellt. Damit erreichen wir zudem eine hohe Sichtbarkeit und Anerkennung sowohl im Inland als auch Ausland.

Besonders zu erwähnen ist die Tatsache, dass die dazu notwendigen Arbeiten wie z. B. die Organisation der Fach- und Regionalfachtagungen, Erkenntnisse als Referentin oder Referent zu teilen und

das Verfassen von Schriften fast ausschließlich durch die Mitglieder unentgeltlich und im Ehrenamt erfolgt. Dies spricht für die große Identifikation mit dem Verband und dem gemeinsamen Ziel, die Betontechnologie zu fördern.

Der VDB ist gut aufgestellt, um vor dem Hintergrund der großen Herausforderungen und Umbrüche in der Betontechnologie Teil der Transformation und der Lösung zu sein. Trotzdem werden wir uns als Verband weiterhin dem Wandel stellen und uns weiterentwickeln, um den neuen Bedürfnisse und Anforderungen der Mitglieder gerecht zu werden und um neue Kolleginnen und Kollegen für den Verband zu gewinnen. Durch unsere Verzahnung in den Regionen und die Arbeit des erweiterten Vorstands als überregionale Klammer in der Organisation fühlen wir den Puls der Zeit und erkennen frühzeitig Entwicklungen und Tendenzen, die dann in die Vereinsarbeit einfließen. Alle sind herzlich eingeladen, diesen Weg gemeinsam weiter zu beschreiten.

Gehen wir es an! Auf die nächsten mindestens 50 Jahre...



Dr.-Ing. Stefan Kordts im Ausstellungsbereich der VDB-Fachtagung 2016 am Bodensee

Dr.-Ing. Stefan Kordts ist seit August 2005 Mitglied des VDB und seit Mai 2023 stellvertretender Vorsitzender des VDB. Von Mai 2010 bis November 2023 leitete er die Regionalgruppe Westfalen.

Dr. Kordts studierte von 1993 bis 1999 Bauingenieurwesen mit den Vertiefungsrichtungen Massivbau und Baustoffkunde an der TU Berlin. Zwischen 1999 und 2004 war er Stipendiat der Gerd-Wischers-Stiftung im Verein Deutscher Zementwerke in Düsseldorf und fertigte eine Dissertation über die Verarbeitbarkeitseigenschaften selbstverdichtender Betone an. Seit 2004 ist er als Ingenieur in der Baustoffprüfstelle der Roxeler Ingenieurgesellschaft mbH in Münster tätig, seit 2008 als geschäftsführender Gesellschafter.



Prof. Dr.-Ing. Matthias M. Middel
bei der VDB-Fachtagung 2016
in Friedrichshafen am Bodensee.

Prof. Dr.-Ing. Matthias M. Middel ist seit März 1995 Mitglied des VDB. Im Mai 2007 wählten ihn die Mitglieder des VDB zum Schriftführer und im Mai 2009 zum stellvertretenden Vorsitzenden. Im April 2010 trat er dann die Nachfolge von Dr.-Ing. Karsten Rendchen als 1. Vorsitzender an.

Professor Middel schloss 1989 sein Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum mit dem Diplom ab. Von 1990 bis 1995 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau der Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsgruppe für Materialtechnologie und Konstruktionen des Massivbaus. Nach seiner Promotion 1995 zum Dr.-Ing. übernahm er die Leitung der Abteilung Baustoffe bei der Bau- und Wasserchemie Dr. Rose GmbH in Bochum. 1997 wechselte er als Referent in die Leitung der Bauberatung des Bundesverbands der Deutschen Zementindustrie e. V. (BDZ) in Köln, um 1999 die Leitung der Bauberatung Zement Beckum des BDZ zu übernehmen. Im Januar 2000 wurde Professor Middel zum Geschäftsführer der BetonMarketing West GmbH, Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung in Beckum und 2014 zum Geschäftsführer der InformationsZentrum Beton GmbH in Erkrath bestellt. 2016 trat er als geschäftsführender Gesellschafter in die B+M Ingenieur- und Consultinggesellschaft mbH in Bergisch Gladbach ein. Er arbeitet in zahlreichen Gremien der Industrie und der Normung mit. Die TU Dortmund berief ihn 2009 aufgrund herausragender wissenschaftlicher Leistungen sowie seines akademischen Einsatzes als Dozent zum Honorarprofessor.

VDB

Anhang



Der Fahrweg der Versuchsstrecke Transrapid im Emsland bewies, dass auch Betonbau in höchster Präzision mit Millimetergenauigkeit möglich ist. Im Jahr 1993 erreichte der Transrapid auf dieser Strecke eine Geschwindigkeit von 450 km /h. Foto: Verlag Bau+Technik

Geschäftsführender Vorstand und Kassenprüfer ab 1974

(Sterbedaten stehen nur bei den Personen, die im jeweiligen Amt verstorben sind. Akademische Titel im jeweiligen Zeitraum.)

Ehrenvorsitzender

13.05.2009 Prof. Dr.-Ing. Robert Weber († 9. Juni 2023)

Ehrenmitglied

24.04.1991 Gerhard Nienhaus († 11.4.2010)

14.04.2011 Dipl.-Ing. Werner Tietze († 13.2.2020)

1. Vorsitzender

16.05.1974 Prof. Dr.-Ing. Robert Weber

05.05.1999 Dr.-Ing. Karsten Rendchen

21.04.2010 Prof. Dr.-Ing. Matthias M. Middel



Mai 1992 in Neuss (v. l.): Gerhard Nienhaus (Schriftführer von 1974 bis 1991, Ehrenmitglied seit 1991), Werner Tietze (Leiter der Regionalgruppe Westfalen von 1974 bis 2010, Ehrenmitglied seit 2011) und Rainer Büchel (Schriftführer von 1991 bis 2007 und Referent für Öffentlichkeitsarbeit seit 2007)



Mitgliederversammlung 2009 in Würzburg v. l.: Dr.-Ing. Karsten Rendchen (1. Vorsitzender von 1999 bis 2010), Prof. Dr.-Ing. Matthias Middel (1. Vorsitzender seit 2010), Prof. Dr.-Ing. Robert Weber (1. Vorsitzender von 1974 bis 1999, Ehrenvorsitzender) und Franz Josef Bilo (Schatzmeister seit 1980)



Hans Puls (Kassenprüfer von 1974 bis 2000) mit Franz Josef Bilo (Schatzmeister seit 1980) bei der Veranstaltung zum 25-jährigen Jubiläum des VDB 1999 in Hannover

Stellvertretender Vorsitzender

16.05.1974	Dipl.-Ing. Ferdinand Sengen
14.05.1981	Dr.-Ing. Gerd Drinkgern
13.05.1993	Dr.-Ing. Heinz-Werner Vißmann
24.04.1997	Dr.-Ing. Karsten Rendchen
05.05.1999	Prof. Dr.-Ing. Robert Weber
13.05.2009	Prof. Dr.-Ing. Matthias M. Middel
21.04.2010	Dr.-Ing. Karsten Rendchen († 10.10.2022)
11.05.2023	Dr.-Ing. Stefan Kordts

Schriftführer

16.05.1974	Gerhard Nienhaus
24.04.1991	Dipl.-Ing. Rainer Büchel
03.05.2007	Dr.-Ing. Matthias M. Middel
13.05.2009	Dr. Michael Lichtmann



Bericht der Kassenprüfer im Mai 2015 in Erfurt v. l.: Prof. Dr.-Ing. Rolf Dillmann (Kassenprüfer von 2000 bis 2015) und Hannes Fiala (Kassenprüfer von 2003 bis 2015)



Bericht der Kassenprüfer im Mai 2016 in Friedrichshafen v. l.: Prof. Dr.-Ing. Rudolf Hoscheid (Kassenprüfer seit 2015) und Claus Golar (Kassenprüfer seit 2015)

Schatzmeister

16.05.1974 Heinz Kock
05.05.1976 Rolf Wichern
23.04.1980 Dipl.-Ing. Franz Josef Bilo

Kassenprüfer

16.05.1974	Bauing. (grad.) Hans Puls	Bauing. (grad.) Hans-Detlev Steege
05.05.1976		Bauing. (grad.) Manfred Brünjes
23.04.1980		Dipl.-Ing. Erich Lüth
29.04.1998		Dipl.-Ing. Günter Brockmann
24.05.2000	Prof. Dr.-Ing. Rolf Dillmann	
15.03.2003		Dipl.-Ing. Hannes Fiala
06.05.2015	Dipl.-Ing. Claus Golar	Prof. Dr.-Ing. Rudolf Hoscheid

Referent für Öffentlichkeitsarbeit

16.05.1974 Bauing. (grad.) Wolfgang Pax
23.04.1980 Dipl.-Ing. Bernhard Dartsch († 3.9.1993)
19.11.1993 Prof. Dr.-Ing. Rolf Dillmann
10.05.1996 Bauing. Peter Bilgeri
03.05.2007 Dipl.-Ing. Rainer Büchel



Peter Bilgeri (Referent für Öffentlichkeitsarbeit von 1996 bis 2007) bei der VDB-Mitgliederversammlung 2009 in Würzburg

Leiter und Leiterinnen der Regionalgruppen seit 1974

(Sterbedaten stehen nur bei den Personen, die im jeweiligen Amt verstorben sind. Akademische Titel im jeweiligen Zeitraum.)



Sitzung des erweiterten Vorstands
2017 in Trier (v. l.): Bernd Ising (Leiter
der Regionalgruppe Berlin/Branden-
burg von 2015 bis 2023), Dr.-Ing.
Stefan Seyffert (Leiter der Regional-
gruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt von
2015 bis 2019) und Manfred Greiff
(Leiter der Regionalgruppe
Weser-Ems von 2008 bis 2022)

Regionalgruppe Berlin/Brandenburg (RG 1)

16.05.1974 Bauing. (grad.) Jürgen Barg
14.09.1982 Bauing. (grad.) Jost Jänchen († 26.7.1993)
27.09.1993 Dipl.-Ing. Dietrich Weber
30.11.1998 Dipl.-Ing. Wolfgang Schäfer
25.11.2008 Dr.-Ing. Katrin Bollmann
20.11.2015 Dipl.-Ing. (FH) Bernd Ising
01.12.2023 Franziska Schmidt B. Sc.

Regionalgruppe Schleswig-Holstein (RG 2)

16.05.1974 Gerd Eibrecht
1976 Eingliederung in RG 3
27.03.1979 Dr.-Ing. Jürgen Dahms (mit Trennung von RG 3)
1991 Dipl.-Ing. Frank Elgeti († 15.3.2000)
20.03.2002 Dipl.-Ing. Volker Witt
26.04.2017 Dipl.-Ing. Marko Schrimpf

Regionalgruppe Hamburg (RG 3)

16.05.1974 Werner Wendt
1975 Dipl.-Ing. Ferdinand Sengen
1976 Bauing. (grad.) Dieter Schubenz
1977 Dipl.-Ing. Ferdinand Sengen
1981 Bauing. (grad.) Wolfgang Pax

30.11.1983 Dr. rer. nat. Martin Kaempffer
03.12.1985 Günter Niehuus
01.01.2009 Dr.-Ing. Frank Langer
10.11.2021 Dipl.-Ing. Gesche Mentzer

Regionalgruppe Weser-Ems (RG 4)

16.05.1974 Bauing. (grad.) Heiko Schumacher
1977 Reinhold Hollmann
03.02.2004 Dipl.-Ing. Stefan Dams
08.04.2008 Dipl.-Ing. Manfred Greiff
20.09.2022 Malte Haumann M.Sc.



Sitzung des erweiterten Vorstands 2023 in Kassel (v. l.): Gesche Mentzer (Leiterin der Regionalgruppe Hamburg seit 2021) und Stefanie Aumüller (Vertreterin der Leitung der Regionalgruppe Schleswig-Holstein) im Hintergrund (v. l.) Paul Vogel (Leiter der Regionalgruppe Hessen von 2012 bis 2024) und Dr.-Ing. Karsten Siewert (Leiter der Regionalgruppe Thüringen seit 2010)



Vier Leiter der Regionalgruppe Weser-Ems auf einem Foto aus dem Jahr 2011 (v. r.): Heiko Schumacher (1970/VNB bis 1977/VDB), Reinhold Hollmann (1977 bis 2004), Stefan Dams (2004 bis 2008), Manfred Greiff (2008 bis 2022)



Wachwechsel in der Leitung der Regionalgruppe Niedersachsen im Jahr 2011 (v. r.): Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus (Leiter der Regionalgruppe von 2002 bis 2011) an Georg Heidrich

Regionalgruppe Niedersachsen (RG 5)

19.12.1974 Dr.-Ing. Gerd Drinkgern
 1985 Dipl.-Ing. Gerd Hoffmann
 31.08.1998 Dipl.-Ing. Heiner Langkamp
 28.11.2002 Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus
 31.03.2011 Dipl.-Ing. Georg Heidrich

Regionalgruppe Westfalen (RG 6)

16.05.1974 Botho Feyerabend
 20.06.1975 Bauing. (grad.) Werner Tietze
 19.05.2010 Dr.-Ing. Stefan Kordts
 28.11.2023 Alexander Henksmeier MBA Eng.

2013 auf Exkursion im Neandertal zwischen Düsseldorf und Wuppertal (v. l.): Neandertaler und Roland Pickhardt (Leiter der Regionalgruppe Nordrhein seit 2009)



Regionalgruppe Nordrhein (RG 7)

16.05.1974 Dipl.-Ing. Erich Lüth
 08.12.1986 Dr.-Ing. Rolf Dillmann
 25.05.1994 Dr.-Ing. Karsten Rendchen
 15.06.1999 Dipl.-Ing. Klaus Falkus
 29.06.2005 Dr. Michael Lichtmann
 01.10.2009 Dipl.-Ing. Roland Pickhardt

Regionalgruppe Hessen (RG 8)

16.05.1974 Heinz Aurich
 1974 Prof. Klaus Strehlow
 1977 Bauing. (grad.) Reinhold Friz
 08.12.1982 Bauing. (grad.) Otto Müller



Alter und neuer Vorstand nach den Vorstandswahlen der Regionalgruppe Hessen am 15.5.2012 (v. l.): Prof. Dr.-Ing. Michael Schäper, Manfred Götz, Dr. Jürgen Kötz, Daniela Hock, Dr.-Ing. Diethelm Bosold, Paul Vogel

Zwei Leiter der Regionalgruppe Rheinland-Pfalz/Saarland im Jahr 2006 (v. l.): Ronald Wittmer-Braun (seit 2004) und Gerhard Wetzel (1981 bis 2004)



31.03.1992 Dipl.-Ing. Heinz Schneider
15.06.2004 Dr. Jürgen Kötz
15.05.2012 Dipl.-Ing. Paul Vogel
05.03.2024 Dipl.-Ing. Mathias Jakob

Regionalgruppe Rheinland-Pfalz/Saarland (RG 9)

16.05.1974 Dipl.-Ing. Peter Schmincke
1975 Bauing. (grad.) Fritz Wefers
1981 Gerhard Wetzel
22.11.2004 Ronald Wittmer-Braun

November 2018 in Münster (v. l.): Der ehemalige Leiter der Regionalgruppe Baden-Württemberg Eckhard Bohlmann (1999 bis 2018) und sein Nachfolger Dr.-Ing. Michael Aufrecht (seit 2018)



Regionalgruppe Baden-Württemberg (RG 10)

16.05.1974 Dipl.-Ing. Heinrich Müller
1977 Dipl.-Ing. Horst E. Otto
1989 Dipl.-Ing. Günter Schade
17.11.1999 Dipl.-Ing. Eckhard Bohlmann
11.07.2018 Dr.-Ing. Michael Aufrecht



Ehemalige Leiter der Regionalgruppe Bayern im Jahr 2006 (v. l.): Horst Zimmermann (2013 bis 2022), Dr.-Ing. Utz Barlet (1983 bis 1986), Dr. Robert Lukas (als „normales“ VDB-Mitglied), Hendrik Zaus (1986 bis 1999) und Ernst Färber (1999 bis 2013)

Mai 2015, Sitzung des erweiterten Vorstands in Erfurt (v. l.): Hans Pfennig (Leiter der Regionalgruppe Mecklenburg-Vorpommern seit 2008) und Volker Witt (Leiter der Regionalgruppe Schleswig-Holstein von 2002 bis 2017)



Regionalgruppe Bayern (RG 11)

16.05.1974	Dipl.-Geol. Jürgen Teubert
1977	Dr.-Ing. Reiner Gast
14.07.1983	Dipl.-Ing. Utz Barlet
23.09.1986	Dipl.-Ing. Hendrik Zaus
25.11.1999	Dipl.-Ing. Ernst Färber
17.10.2013	Dipl.-Phys. Horst Zimmermann
03.06.2022	Dr. Tom Altenburg

Regionalgruppe Mecklenburg-Vorpommern (RG 12)

09.10.1990	Dr.-Ing. Lothar Plath
21.02.1996	Dipl.-Geophys. Christoph von Fircks
16.01.2008	Dipl.-Ing. Hans Pfennig



Mai 2008, Sitzung des erweiterten Vorstands in Speyer (v. l.): Christoph von Fircks (Leiter der Regionalgruppe Mecklenburg-Vorpommern von 1996 bis 2008), Prof. Dr.-Ing. Detlef Schmidt (Leiter der Regionalgruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt von 2006 bis 2015), Volker Witt (Leiter der Regionalgruppe Schleswig-Holstein von 2002 bis 2017) und Wolfgang Bethge (Leiter der Regionalgruppe Thüringen von 2006 bis 2010)



Sitzung des erweiterten Vorstands im November 2021 in Wernigerode (v. l.): Dr. Tom Altenburg (Leiter der Regionalgruppe Bayern seit 2022), Marko Schrimpf (Leiter der Regionalgruppe Schleswig-Holstein seit 2017), Georg Heidrich (Leiter der Regionalgruppe Niedersachsen seit 2011), Dr.-Ing. Frank Langer (Leiter der Regionalgruppe Hamburg von 2009 bis 2021) und Birgit Bilo (Geschäftsführerin der VDB GmbH seit 2012)

Regionalgruppe Thüringen (RG 13)

20.07.1990	Prof. Dr.-Ing. Dieter Kaysser
13.12.2002	Dipl.-Ing. Jens Rathgeber
08.12.2006	Dipl.-Ing. Wolfgang Bethge
03.12.2010	Dr.-Ing. Karsten Siewert

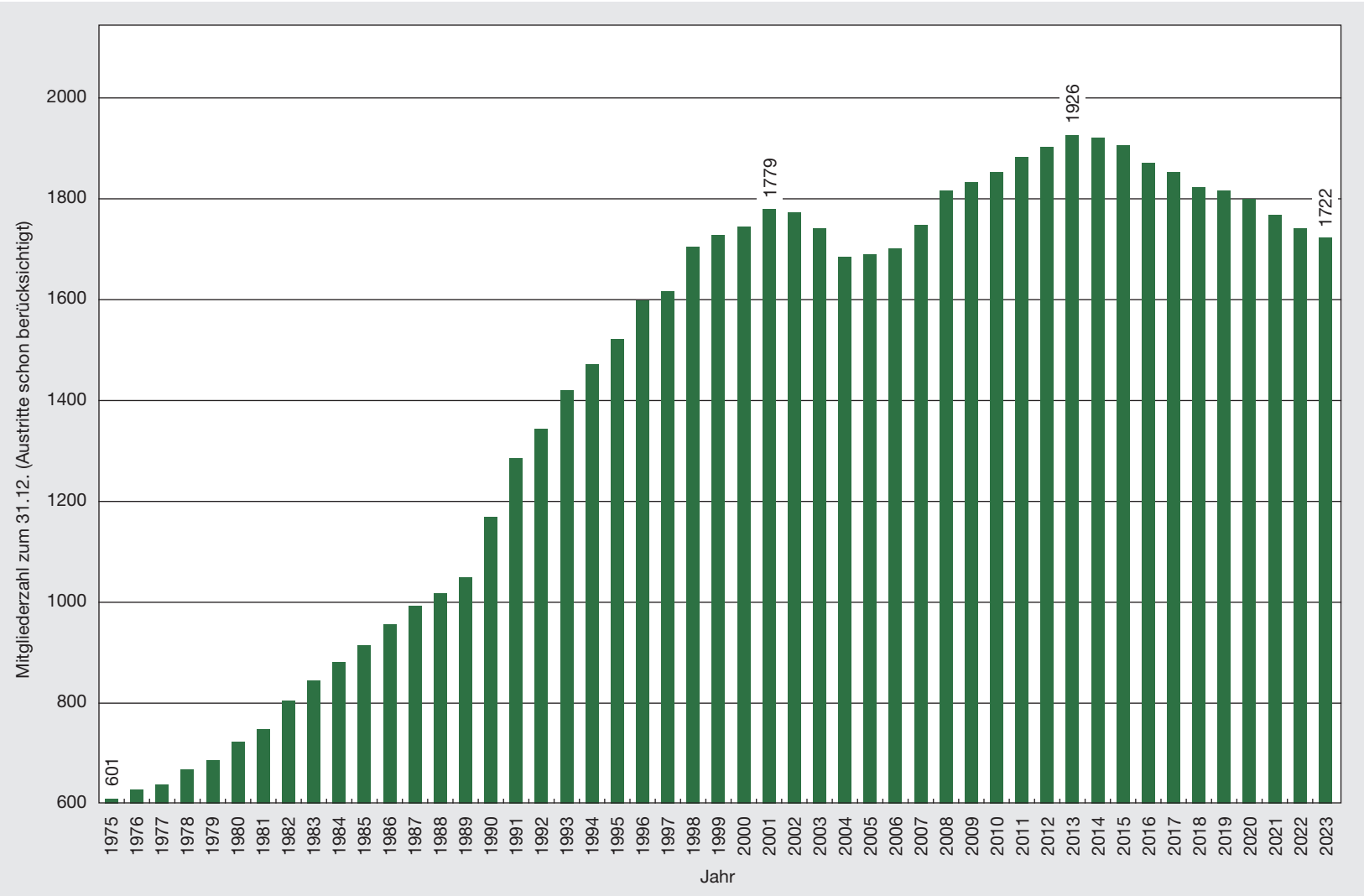
Dr.-Ing. Karsten Siewert (Leiter der Regionalgruppe Thüringen seit 2010) während einer Vortragspause der VDB-Fachtagung 2016 auf der Terrasse des Vortragssaals am Bodensee



Regionalgruppe Sachsen/Sachsen-Anhalt (RG 14)

21.07.1990	Prof. Dr.-Ing. Stefan Röhling
24.01.2006	Dr.-Ing. Detlef Schmidt
04.02.2015	Dr.-Ing. Stefan Seyffert
10.10.2019	Dipl.-Ing. André Weisner

Mitgliederentwicklung 1974 bis 2023



VDB

VDB

Verband
Deutscher
Betoningenieure e.V.